



TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APPLIED TECHNOLOGY CENTER (ATC) POLITEKNIK NEGERI BANDUNG DENGAN DAKTILITAS PENUH

Disusun Oleh :

SIGIT BUDIANTO
3101.109.602

RSS

690.73

Bud

P-1
2004



PERPUSTAKAAN
ITS

Tgl. Terima	24-6-2004
Terima Dari	H1
No. Agenda Prp.	220186

PROGRAM SARJANA (S-1) EKSTENSI LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APPLIED TECHNOLOGY CENTER (ATC) POLITEKNIK NEGERI BANDUNG DENGAN DAKTILITAS PENUH

SURABAYA, 21 JUNI 2004

MENGETAHUI/MENYETUJUI



IMAN WIMBADI, Ir. MS
NIP. 130 676 234

**PROGRAM SARJANA (S-I) EKSTENSI LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
APPLIED TECHNOLOGY CENTER (ATC)
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
DENGAN DAKTILITAS PENUH**

Disusun Oleh :
Sigit Budianto
3101.109.602

Pembimbing Pembimbing
Iman Wimbadi, Ir. M.S

ABSTRAK

Kriteria perencanaan struktur gedung tahan gempa yang daktail dengan faktor jenis struktur sesuai dengan SNI 03 – 1726 – 2002 untuk Daktalitas Penuh R adalah 8.5. Daktalitas Penuh merupakan suatu perencanaan yang bertujuan merancang suatu struktur yang dapat berperilaku daktail ketika beban lateral (gempa) terjadi dengan membiarkan terbentuknya sendi-sendi plastis pada balok.

Tugas Akhir ini merencanakan Gedung Applied Technology Center (ATC) Politeknik Negeri Bandung dengan Daktalitas Penuh. Perencanaan semua elemen struktur menggunakan beton cast in situ dengan gedung memiliki 10 lantai termasuk atap dan sebuah basement. Analisa struktur yang mendukung perhitungan digunakan analisa static ekuivalen 3 dimensi dengan program Bantu Analisa SAP 2000.v8.08.

Penentuan jumlah diameter tulangan balok dan kolom sesuai dengan Momen kapasitas balok dan kolom tersebut. Konsep yang digunakan Konsep Desain Kapasitas. Dari Desain kapasitas balok dan kolom tersebut didapatkan suatu penulangan pada pertemuan balok kolom yang akan memberikan kekuatan struktur apabila terjadi gempa kuat.

Peraturan yang digunakan dalam merencanakan struktur gedung dengan daktalitas penuh (sesuai dengan konsep desain kapasitas) salah satunya adalah Tata Cara perencanaan ketahanan gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03 – 1726-2002). Peraturan-peraturan beban-beban yang bekerja juga mendukung dalam perhitungan Struktur gedung tersebut.

Kata Kunci : Daktalitas Penuh, SNI 03 – 1726 – 2002, Analisa Statik Ekuivalen 3 Dimensi dengan Program Bantu SAP 2000. v8.08, Desain Kapasitas.

KATA PENGANTAR

Assalammu 'alaikum wr.wb

Bismillahirrahmanirrahim,

Syukur alhamdulillah saya panjatkan kepada Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nya saya dapat kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Perencanaan Struktur Gedung Applied Technology Center (ATC) Politeknik Negeri Bandung Dengan Daktilitas Penuh".

Tujuan dari penulisan dan penyusunan laporan ini agar saya dapat menerapkan dan melatih sebagian ilmu yang didapat pada saat kuliah, sehingga pada saat terjun didunia kerja pemahaman terhadap teori dan praktek dilapangan akan lebih baik.

Menyadari bahwa tersusunnya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik pada saat penyusunan, perencanaan, dan akhirnya terbentuk suatu laporan Tugas Akhir. Maka pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ir. Iman Wimbadi, MS, selaku dosen pembimbing dalam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir
2. Ir. Abdullah Hidayat SA, selaku dosen wali
3. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, Msc,PhD, selaku ketua jurusan Teknik Sipil FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ir. Fifi Sofia, Ketua Program Studi S-1 Ekstensi Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Dosen – dosen Pengajar Dan Team Krue Tata Usaha/Pengajaran Terima kasih banyak atas ilmunya.
6. THANKS ALL TO ITS SURABAYA...

saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna, sehingga saran maupun kritik yang sifatnya menyempurnakan saya harapkan. Dan akhirnya saya berharap, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya serta pembaca umumnya.

Wassalammu 'alaikum wr.wb

Surabaya, Juni 2004

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK

KATA PENGANTAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR ISI

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	1
1.3 Maksud Dan Tujuan.....	2
1.4 Lingkup Pembahasan.....	2
1.5 Konsep Desain.....	3
1.5.1 Aspek Teknis.....	3
1.5.2 Aspek Ekonomis.....	4

BAB II DASAR PERENCANAAN

2.1 Data – Data Perencanaan Bangunan.....	5
2.1.1 Data Umum Bangunan.....	5
2.2 Peraturan Dan Standart Bangunan.....	6
2.3 Pembebanan.....	7
2.3.1 Beban Vertikal.....	7
2.3.1.1 Beban Mati.....	7
2.3.1.2 Beban Hidup.....	7
2.3.2 Beban Horisontal.....	7
2.3.2.1 Beban Angin.....	7
2.3.2.2 Beban Gempa.....	8
2.3.3 Kombinasi Pembebanan.....	8
2.4 Metoda Analisa Dan Perhitungan.....	8

2.5 Perencanaan Terhadap Gempa.....	9
2.5.1 Pengertian Daktilitas.....	9
2.5.2 Tingkat Daktilitas.....	10
2.6 Langkah-Langkah Perencanaan Daktilitas Penuh.....	11
2.6.1 Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Lentur.....	11
2.6.2 Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Geser.....	12
2.6.3 Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Lentur Dan Aksial.....	13
2.6.4 Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Geser.....	15
2.6.5 Perencanaan Panel Pertemuan Balok Kolom.....	17
2.7 Persyaratan Perencanaan Seismik Untuk Komponen Struktur Dengan Daktilitas Penuh.....	20
2.7.1 Komponen Struktur Rangka Yang Menahan Beban Lentur (Balok).....	20
2.7.2 Komponen Struktur Rangka Yang Menahan Beban lentur dan aksial (kolom).....	23

BAB III METODOLOGI

3.1 Metodologi Perencanaan Struktur Gedung ATC.....	25
3.2 Diagram Alir Langkah-langkah Perencanaan Struktur Rangka Dengan Daktilitas Penuh.....	27

BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 Preliminary Disain.....	28
4.1.1 Dimensi Balok.....	28
4.1.2 Dimensi Kolom.....	29
4.1.2.1 Dimensi Kolom Basement.....	29
4.1.2.2 Dimensi Kolom Lantai 1.....	29
4.1.2.3 Dimensi Kolom Lantai 2 S/D 9.....	30
4.1.3 Dimensi Pelat.....	32
4.1.3.1 Dasar Perhitungan Dimensi Pelat.....	32

4.1.3.2 Perhitungan Tebal Pelat Lantai.....	35
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder Pelat Lantai.....	40
4.2.1 Permodelan Dan Analisa Momen Pelat.....	40
4.2.1.1 Perencanaan Penulangan Pelat.....	40
4.2.2 Perhitungan Penulangan Pelat.....	43
4.2.2.1 Data Pembebanan.....	43
4.2.2.2 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai.....	44
4.2.2.3 Perhitungan Penulangan Pelat Atap.....	49
4.3 Perencanaan Struktur Tangga.....	55
4.3.1 Preliminary Desain.....	55
4.3.2 Perencanaan Tangga Type A.....	56
4.3.2.1 Pembebanan	57
4.3.2.1.1 Pembebanan Tangga.....	57
4.3.2.1.2 Pembebanan Bordes.....	57
4.3.2.2 Perhitungan Bidang M, N dan D.....	58
4.3.2.3 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga.....	59
4.3.2.4 Perhitungan Penulangan Pelat Boordes.....	61
4.4 Perencanaan Balok Anak.....	68
4.4.1 Pembebanan Pada Balok Anak.....	68
4.4.1.1 Tipe-Tipe Pembebanan Balok Anak.....	69
4.4.1.2 Pembebanan Pada Balok Anak.....	71
4.4.2 Perhitungan Penulangan Balok Anak.....	71
4.4.2.1 Penulangan Lentur Balok Anak.....	71
4.4.2.2 Desain Penulangan Geser Dan Torsi.....	84
4.4.2.3 Panjang Penyaluran Balok Anak.....	88
4.4.2.4 Kontrol Lendutan Dan Retak Balok Anak.....	91
4.4.2.5 Contoh Perhitungan.....	92
4.5 Perencanaan Balok Pendukung Lift	112
4.5.1 Pembebanan Yang Bekerja Pada Balok Lift.....	112
4.5.2 Dimensi Balok Lift.....	112
4.5.3 Penulangan Lentur.....	113
4.5.4 Penulangan Geser.....	115

BAB V ANALISA STRUKTUR UTAMA

5.1 Kriteria Desain.....	127
5.2 Analisa Struktur Utama.....	127
5.3 Metode Analisa.....	128
5.4 Data Satuan Dan Data Material.....	128
5.5 Pembebanan Struktur Utama.....	129
5.5.1 Beban Mati.....	129
5.5.2 Beban Hidup.....	129
5.5.3 Beban Gempa.....	129
5.5.4 Kombinasi Pembebanan.....	129
5.6 Analisa Gempa Nominal Statik Ekuivalen.....	130
5.7 Analisa Struktur Menggunakan Program SAP 2000.....	131
5.7.1 Data SAP 2000.....	131
5.7.2 Data-data Input SAP 2000.....	134
5.8 Permodelan Pembebanan Balok Induk.....	135
5.9 Simpangan Antar Tingkat.....	136

BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

6.1 Umum.....	204
6.2 Perhitungan Penulangan Balok Induk.....	205
6.2.1 Perhitungan Lentur Balok Induk.....	205
6.2.2 Perhitungan Momen Kapasitas.....	211
6.2.3 Perhitungan Penulangan Geser Balok.....	218
6.2.4 Perhitungan Panjang Penyaluran Balok.....	224
6.3 Komponen Struktur Kolom.....	226
6.3.1 Perencanaan Kolom Terhadap Beban Lentur Dan Gaya Aksial.....	226
6.3.2 Contoh Perhitungan Kolom.....	235
6.3.2.1 Perhitungan Kolom Interior Portal E Frame 1558	235
6.3.3 Perencanaan Kolom Terhadap Geser.....	239
6.4 Perencanaan Pertemuan Balok Kolom.....	242

BAB VII PERENCANAAN PONDASI

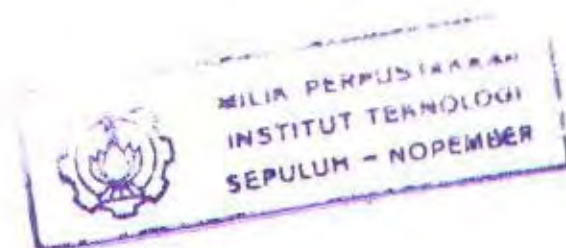
7.1 Daya Dukung Tiang Tunggal.....	260
7.2 Daya Dukung Kelompok Tiang.....	264
7.3 Daya Dukung Lateral.....	266
7.4 Perencanaan Poer Pondasi.....	268
7.5 Perencanaan Sloof Pondasi.....	272
7.6 Perencanaan Pelat Lantai Dan Dinding Basement.....	275
7.6.1 Denah Rencana Dinding Dan Denah Pelat Lantai	275
7.6.2 Dimensi Pelat Lantai.....	276
7.6.3 Perhitungan Gaya Uplief Pada Pelat Lantai Basement Serta Tekanan Tanah Aktif Dan Pasif Pada Dinding Basement	277
7.6.3.1 Perhitungan Beban q_u Akibat Uplief Dari Tanah Pada saat Lantai tidak Terbebani Atau Kosong	277
7.6.3.2 Perencanaan Dinding Basement.....	281
7.6.3.2.1 Kuat Beban Aksial Rancang.....	281
7.6.3.2.2 Perencanaan Kuat Lentur Dinding.....	281
7.6.3.2.3 Perencanaan Kuat Geser.....	282
7.6.3.2.4 Contoh Perhitungan Penulangan Dinding Basement	285

BAB VIII KESIMPULAN

8.1 Kesimpulan.....	289
---------------------	-----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel Out Put (Element Force-frame) Tangga	64
Tabel Gaya Momen Balok Anak	92
Tabel Gaya Geser Balok Anak.....	92
Tabel Out Put SAP 2000 Balok Anak(Tabel Element force-frame).....	102
Tabel Design Penulangan Pelat Lantai	116
Tabel Design Penulangan Pelat Atap.....	117
Tabel Distribusi Beban pada Pelat Balok Anak Memanjang Lantai 1-2	118
Tabel Distribusi Beban pada Pelat Balok Anak Memanjang Lantai 2-9	118
Tabel Distribusi Beban pada Pelat Balok Anak Memanjang Atap.....	118
Tabel Distribusi Beban pada Pelat Balok Induk Memanjang Lantai 1-2	119
Tabel Distribusi Beban pada Pelat Balok Induk Memanjang Lantai 2-9	119
Tabel Distribusi Beban pada Pelat Balok Induk Memanjang Atap	119
Tabel Distribusi Beban pada Pelat Balok Induk Melintang Lantai 1-2	122
Tabel Distribusi Beban pada Pelat Balok Induk Melintang Lantai 2-9	122
Tabel Distribusi Beban pada Pelat Balok Induk Melintang Atap.....	123
Tabel Pembebanan Memanjang	124
Tabel Pembebanan Melintang.....	125
Tabel Pembagian Gaya Geser Dasar per Portal ke tiap Lantai	142
Tabel Kekakuan Relatif Balok (Kb) untuk Portal Arah x.....	143
Tabel Kekakuan Relatif Balok (Kb) untuk Portal Arah y.....	143
Tabel Kekakuan Relatif Balok (Kb)	143
Tabel Kekakuan Relatif Kolom	144
Tabel Rasio Kekakuan Rata-Rata, kr, Nilai a dan Rasio Tinggi, Inflection Point, y, untuk Portal Arah X	145
Tabel Rasio Kekakuan Rata-Rata, kr, Nilai a dan Rasio Tinggi, Inflection Point, y, untuk Portal Arah Y	145
Tabel Nilai D – Kolom (cm^3) untuk Portal Arah X.....	146
Tabel Nilai D – Kolom (cm^3) untuk Portal Arah Y	146

Tabel Kontrol Drift Antar Tingkat Arah x.....	147
Tabel Kontrol Drift Antar Tingkat Arah y.....	147
Tabel Kontrol Pengaruh P-5 untuk Portal Arah x.....	147
Tabel Kontrol Pengaruh P-5 untuk Portal Arah y.....	147
Tabel Element Force Frame.....	172
Tabel Perhitungan Penulangan Lentur Kolom.....	256
Tabel Perhitungan Penulangan Geser Kolom.....	257
Tabel Perhitungan Momen Kapasitas Balok Induk Melintang Lantai 1-10.....	258
Tabel Momen Kapasitas Positif.....	258
Tabel Pertemuan Balok Kolom.....	259
Tabel Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang Pancang.....	260
Tabel Perhitungan Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang Pancang.....	262

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme yang terjadi pada portal rangka terbuka.....	11
Gambar 2.2	Balok Portal Dengan Sendi Plastis Pada kedua Ujungnya	13
Gambar 2.3	Pertemuan Balok Kolom Dengan Sendi Plastis Pada Ujung Balok disebelah Kanan dan Kiri.....	14
Gambar 2.4	Kolom Lantai Dasar Dengan Kolom Lantai Atas.....	16
Gambar 2.5	Pertemuan Balok dan Kolom (<i>join</i>).....	17
Gambar 4.1	Dimensi Kolom.....	31
Gambar 4.2	Penampang Balok T (interior dan exterior) dalam Perencanaan Pelat.....	34
Gambar 4.3	Penampang Pelat Lantai Panel B.....	35
Gambar 4.4	Distribusi Pembebanan Pelat Lantai.....	44
Gambar 4.5	Denah Perencanaan Tangga.....	56
Gambar	Bidang Momen 3-3 Tangga.....	65
Gambar	Bidang Geser/ Shear Force 2-2 Tangga.....	66
Gambar	Bidang Normal/ Axial Force Tangga.....	67
Gambar 4.6	Distribusi Beban Ekuivalen Pelat.....	69
Gambar 4.7	Beban Ekuivalen Segitiga.....	69
Gambar 4.8	Beban Ekuivalen Trapesium.....	70
Gambar 4.9	Tegangan Penampang Balok Persegi Tulangan Tunggal.....	75
Gambar 4.10	Tegangan Penampang Balok Persegi Tulangan Ganda.....	76
Gambar 4.11	Tegangan Penampang Balok T Palsu.....	79
Gambar 4.12	Tegangan Penampang Balok T Murni.....	80
Gambar	Bidang Momen 3-3 Balok Anak.....	110
Gambar	Bidang Geser 2 – 2 Balok Anak.....	111
Gambar	3 D View	149
Gambar 6.1	Distribusi Momen Balok	206
Gambar 6.2	Geser Balok.....	219

Gambar 6.3	Gaya Geser pada Balok Melintang Portal E	220
Gambar 6.4	Pertemuan Balok Kolom	242
Gambar 7.1	Diagram Mencari fb	261
Gambar 7.2	Diagram untuk Mencari L.....	262
Gambar 7.3	Perletakan Tiang Pancang.....	264
Gambar 7.4	Reaksi Pembebanan Poer yang Diasumsikan Balok Kantilever	269
Gambar 7.5	Geser Pons Akibat Tiang Pancang.....	271
Gambar 7.6	Denah Basement	275
Gambar 7.7	Denah Pelat Lantai Basement	275
Gambar 7.8	Panel B Pelat Lantai Basement	276
Gambar 7.9	Gaya Uplief dan Tekanan Tanah pada Lantai Basement	277
Gambar 7.10	Faktor Daya Dukung N_c	278
Gambar 7.11	Sket Rencana Penulangan Dinding Basement	288



TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEDUNG ATC
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
PROGRAM S-I JURUSAN TEKNIK SIPIL/FTSP/ITS SURABAYA
2004

BAB I
PENDAHULUAN



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Politeknik, khususnya Politeknik Negeri Bandung merupakan lembaga pendidikan yang bertujuan untuk menghasilkan manusia yang terampil dan mampu terjun dalam bidang keilmuannya. Oleh sebab itu, agar tujuan tersebut dapat tercapai, perlu disediakan sarana maupun prasarana yang menunjang dan memadai.

Adapun sarana penunjang yang coba dipenuhi oleh Politeknik Negeri Bandung, berupa Gedung "Applied Technology Center (ATC)". Menurut Rencana Gedung ATC ini akan digunakan sebagai pusat penerapan teknologi dan riset bagi mahasiswa Politeknik Negeri Bandung, khususnya untuk para mahasiswa Teknik Sipil, selain itu Gedung ATC juga berfungsi sebagai tempat perkuliahan mahasiswa program D-IV Politeknik Negeri Bandung.

Masing-masing gedung tersebut memiliki :

1. 10 (sepuluh) lantai termasuk Atap
2. Sebuah basement.
3. Transportasi Vertikal (lift)

Masing-masing gedung juga memiliki fungsi lantai yang berbeda, ada yang berfungsi sebagai laboratorium, kelas, ruang audio visual, tempat parker dan lain sebagainya.

1.2 Permasalahan

Sesuai dengan fungsi Gedung ATC itu sendiri, sebagai pusat penerapan teknologi dan riset, sudah barang tentu banyak peralatan yang berukuran dan berbobot besar ditempatkan disetiap lantainya. Kesemuaya itu akan menyebabkan gedung tersebut membutuhkan perencanaan dan perhitungan struktur yang memadai.



Beberapa hal permasalahan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan perhitungan struktur Gedung ATC, adalah sebagai berikut;

- a. Perencanaan struktur dengan tingkat daktilitas penuh akan membawa konsekuensi pendetailan yang khusus dan perencanaan gaya-gaya dengan konsep desain kapasitas yang lebih teliti daripada dengan konsep kekuatan batas. Dalam hal ini sendi-sendi plastis harus terjadi pada balok, sehingga struktur direncanakan dengan prinsip kolom kuat balok lemah (strong coloum-weak beam).
- b. Konsep desain kapasitas menggunakan daerah gempa wilayah 3 untuk wilayah Bandung.
- c. Permasalahan lainnya adalah dalam hal pendetailan khusus untuk komponen-komponen struktur dan join-joinnya (balok-kolom) untuk menjamin agar perilaku stuktur memuaskan pada saat terjadi gempa yang kuat.

1.3 Maksud dan Tujuan

Tujuan utama penulisan Tugas Akhir ini adalah melakukan perencanaan struktur Gedung ATC Politeknik Negeri Bandung dengan Konsep Desain Kapasitas. Dari perencanaan ini akan didapatkan suatu perencanaan struktur yang rasional dengan memenuhi syarat-syarat keamanan struktur berdasarkan peraturan yang berlaku, sehingga didapatkan struktur gedung yang efektif sesuai dengan fungsi Gedung ATC itu sendiri, dan mampu memikul beban-beban yang ada, baik beban gravitasi maupun beban angin ataupun gempa.

1.4. Lingkup Pembahasan

Ruang lingkup tugas akhir ini dibatasi pada perencanaan struktur dari gedung *Applied Technology Center* (ATC) dengan rincian perencanaan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur sekunder yang meliputi pendimensian dan penulangan plat, balok anak, dan tangga.



2. Perencanaan struktur utama dimodelkan sebagai struktur *open frame* tiga dimensi (*Space Frame*) yang meliputi pendimensian dan penulangan kolom, balok induk, dan penulangan pertemuan balok kolom.
3. Untuk menjamin agar sendi-sendi plastis terjadi pada balok maka *Strong Coloum-Weak Beam* menjadi dasar perencanaan.
4. Balok anak hanya bersifat membebani struktur utama yang berupa beban terpusat, tetapi tidak mempengaruhi perilaku struktur.
5. Pelat dianggap sebagai diafragma yang kaku untuk mendistribusikan beban lateral kepada kolom portal.
6. Perencanaan struktur bawah yang meliputi perencanaan pondasi dalam, sloof dan poer.

Hasil perhitungan dituangkan dalam bentuk gambar-gambar struktur berupa penulangan plat, balok, kolom, dan pondasi yang dibuat dengan memperhatikan pendetailan yang diisyaratkan dalam peraturan di Indonesia.

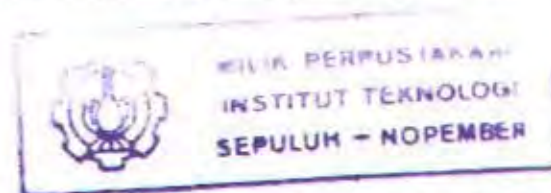
1.5. Konsep Desain

Ada dua aspek yang penting yang menjadi landasan desain, yaitu aspek teknis dan aspek ekonomis.

1.5.1. Aspek Teknis

Falsafah dasar dalam merencanakan bangunan dengan struktur tahan gempa, adalah :

- Bangunan tidak boleh rusak oleh gempa kecil.
- Akibat gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan hanya pada elemen-elemen sekunder.
- Akibat gempa besar, bangunan boleh rusak asal tidak mengalami keruntuhan mendadak (*britle*) untuk dapat memenuhi falsafah tersebut, maka suatu struktur harus direncanakan dengan desain tertentu.
- Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang.





- Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki.

Type struktur suatu bangunan biasanya selalu dihubungkan dengan tingkat daktilitas struktur. Semakin tinggi tingkat daktilitas, maka akan semakin rendah type struktur .

Faktor type stuktur ini seperti halnya faktor-faktor daktilitas, akan mempengaruhi respon struktur tahan gempa. Faktor type struktur gedung yang direncanakan dengan tingkat daktilitas penuh mempunyai nilai faktor daktalitas sebesar 5,3.

1.5.2. Aspek Ekonomis

Pada tugas akhir ini, kami selaku penulis tidak membahas mengenai hal-hal yang berkaitan dengan masalah biaya.



TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEDUNG ATC
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL/ FTSP/ ITS SURABAYA
2004

BAB II

DASAR PERENCANAAN



BAB II

DASAR PERENCANAAN

2.1 Data-data Perencanaan

2.1.1 Data Umum Bangunan

Gedung *Applied Technology Center* (ATC) Politeknik Negeri Bandung yang akan digunakan sebagai Pusat penerapan teknologi dan riset ini memiliki beberapa memiliki beberapa laboratorium, *class room*, dan ruang lainnya yang mendukung yang ditempatkan pada masing-masing lantai. Dengan denah dan ketinggian yang sama maka akan lebih efisien untuk penerapannya menggunakan metode daktilitas penuh. Adapun data-data Gedung ATC, sebagai berikut :

Data asli bangunan :

Nama gedung	: Gedung Applied Technology Center (ATC) Politeknik Negeri Bandung.
Lokasi	: Jln. Gegerkalong hilir, Desa Ciawaruga Bandung.
Fungsi gedung	: Ruang Laboratorium, Ruang Teknologi dan Riset, serta Ruang Perkuliahan.
Struktur	: Beton bertulang (<i>cast in situ</i>)
Beda Lantai	: - Lantai Basement dengan Lantai I = - 3.00 m. - Lantai I dengan lantai 2 = + 5.00 m. - Lantai 2 dengan Lantai 9 = + 4.00 m.
Jumlah lantai	: 9 Lantai + Pelat Lantai Atap
Tinggi Total Gedung	: + 37.00 m.
Elevasi	: - Lantai Dasar/ Basement - 3.00 m. - Lantai 1 ± 0.00 m. - Lantai 2 + 5.00 m. - Lantai 3 + 9.00 m. - Lantai 4 + 13.00 m. - Lantai 5 + 17.00 m.



	- Lantai 6	+ 21.00 m.
	- Lantai 7	+ 25.00 m.
	- Lantai 8	+ 29.00 m.
	- Lantai 9	+ 33.00 m.
	- Lantai 10 (Atap)	+ 37.00 m.
Struktur atap	: Pelat lantai beton bertulang	
Pondasi	: Pondasi Dalam (Tiang Pancang)	
Zone gempa	: zone 4	
Mutu bahan	: - Mutu Beton untuk balok, pelat dan kolom adalah $f_c' = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$. - Mutu Baja digunakan $f_y' = 390 \text{ Mpa} = 3900 \text{ kg/cm}^2$.	

2.2 Peraturan dan Standar Bangunan

Perencanaan gedung ini sepenuhnya berpijak pada peraturan-peraturan dan standart bangunan yang berlaku di Indonesia, beberapa pedoman bangunan yang ada juga digunakan di sini sebagai segi praktisnya. Peraturan-peraturan yang dipakai adalah sebagai berikut :

- ◆ Peraturan Beton Indonesia 1989 (PBI '89)
- ◆ Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk bangunan Gedung (SK SNI T-15-1991-03)
- ◆ Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPI '83)
- ◆ Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPTGIUG '83)
- ◆ Peraturan Perencanaan untuk Struktur Beton Bertulang Biasa dan Struktur Tembok Beton untuk Gedung 1983
- ◆ Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung (SNI 03 – 1726 - 2002



2.3 Pembebanan

Jenis pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan gedung ini adalah beban vertikal dan beban horisontal. Pada tahap analisa gaya-gaya dalam pada struktur utama dilakukan pembebanan dengan beberapa kombinasi pembebanan sesuai dengan ketentuan yang terdapat dalam SKSNI 1991.6.

2.3.1 Beban Vertikal

2.3.1.1 Beban Mati (PPI '83 pasal 1.1)

Beban mati mencakup semua bagian dari struktur gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan atap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu. Beban mati ini dihitung berdasarkan tabel 2.1 PPI '83.

2.3.1.2 Beban Hidup (PPI '83 pasal 1.2)

Beban hidup mencakup semua beban yang terjadi akibat penghunian dan penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat dipindahkan, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air.

2.3.2 Beban Horisontal

2.3.2.1 Beban Angin (PPI '83 pasal 1.3)

Mencakup semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Dalam perencanaan ini beban horisontal akibat tekanan angin diabaikan, karena pengaruhnya relatif kecil dibandingkan dengan beban horisontal akibat gempa.



2.3.2.2 Beban Gempa (SNI 03 – 1726 - 2002)

Mencakup semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang meniru pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa. Dengan menganalisa gedung secara 3 dimensi menggunakan metode Analisa Statik Ekuivalen 3 Dimensi pada Analisa Struktur dengan menggunakan Analisa SAP 2000. v8.08, maka beban-beban gempa nominal statik ekuivalen yang ditampilkan diletakkan pada masing-masing pada pusat massa lantai per tingkatnya.

2.3.3 Kombinasi Pembebanan

Sesuai dengan ketentuan yang telah tercantum pada SK SNI T-15-1991-03, agar struktur dan komponen dari struktur memenuhi syarat dan ketentuan yang laik pakai terhadap bermacam-macam kombinasi pembebanan yang mungkin terjadi pada bangunan ini, maka harus dipenuhi ketentuan dari faktor pembebanan sebagai berikut :

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

$$U = 1,05 (D + L + E)$$

$$U = 0,9 (D + E)$$

2.4. Metode Analisa dan Perhitungan

Untuk analisa struktur pada gedung ini ada beberapa cara yang digunakan, antara lain :

- ◆ Pada perhitungan gaya-gaya dalam pelat lantai dan pelat atap yang berbentuk persegi digunakan koefisien momen dari PBI-71 pasal 13.3 dan tabel 13.3.2.
- ◆ Untuk mendapatkan gaya-gaya dalam dari balok anak digunakan bantuan paket program SAP 2000. v8.08, sedang penulangannya berdasarkan SK SNI T-15-1991-03.
- ◆ Untuk mendapatkan gaya-gaya dalam dari tangga digunakan bantuan paket program SAP 2000.v8.08, Struktur tangga dihitung sebagai pelat dengan perletakan sendi dan rol sehingga struktur ini tidak berpengaruh kekakuannya terhadap struktur utama, sedang penulangannya berdasarkan SK SNI T-15-1991-03.
- ◆ Struktur utama dimodelkan sebagai struktur open frame 3 dimensi, karena kekakuan dalam arah bidang dari kebanyakan lantai beton cukup tinggi, perhitungan gaya-gaya dalam digunakan program SAP 2000.v8.08 3 dimensi.



2.5. Perencanaan Terhadap Gempa

Perencanaan terhadap gempa pada perencanaan gedung menggunakan beban gempa nominal statik ekuivalen, menurut SNI 03 – 1726 - 2002. Penggunaan analisa BSE hal ini atas dasar pertimbangan bahwa cara ini :

- ♦ Sederhana dan mudah.
- ♦ Untuk gedung yang bentuknya beraturan atau simetris, sesuai dengan denah gedung yang direncanakan.
- ♦ Langsung dapat dipakai untuk menentukan pengaruh gempa terhadap struktur gedung. (PPTGIUG 2.3.1.).

Beban gempa nominal statik ekuivalen yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan :

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_t \dots\dots\dots(26)$$

dengan :

- V = gaya geser dasar horisontal total akibat gempa
- C₁ = nilai faktor respon gempa yang didapat dari spektrum respon gempa rencana.
- I = faktor keutamaan
- W_t = berat total bangunan, termasuk beban hidup yang sesuai.
- R = factor reduksi gempa untuk struktur dengan tingkat daktilitas penuh = 8.5

2.5.1 Pengertian Daktilitas

Sesuai dengan filosofi perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia, menurut PPTGIUG '83 bahwa perencanaan dari suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah menjamin struktur bangunan tersebut agar tidak rusak/runtuh oleh gempa kecil atau sedang, tetapi oleh gempa yang kuat struktur utama boleh mengalami kerusakan tetapi tidak boleh sampai terjadi suatu keruntuhan getas gedung.

Faktor daktilitas struktur gedung μ adalah perbandingan (rasio) antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan.



2.5.2 Tingkat Daktilitas

Pada SK SNI T-15-1991 pasal 3.14.1 tingkat daktilitas dklarifikasikan sebagai berikut :

a. Tingkat Daktilitas 1 (Elastis)

Struktur dengan tingkat daktilitas 1 harus direncanakan agar tetap berperilaku elastis saat terjadi gempa kuat.

b. Tingkat Daktilitas 2 (Daktilitas Terbatas)

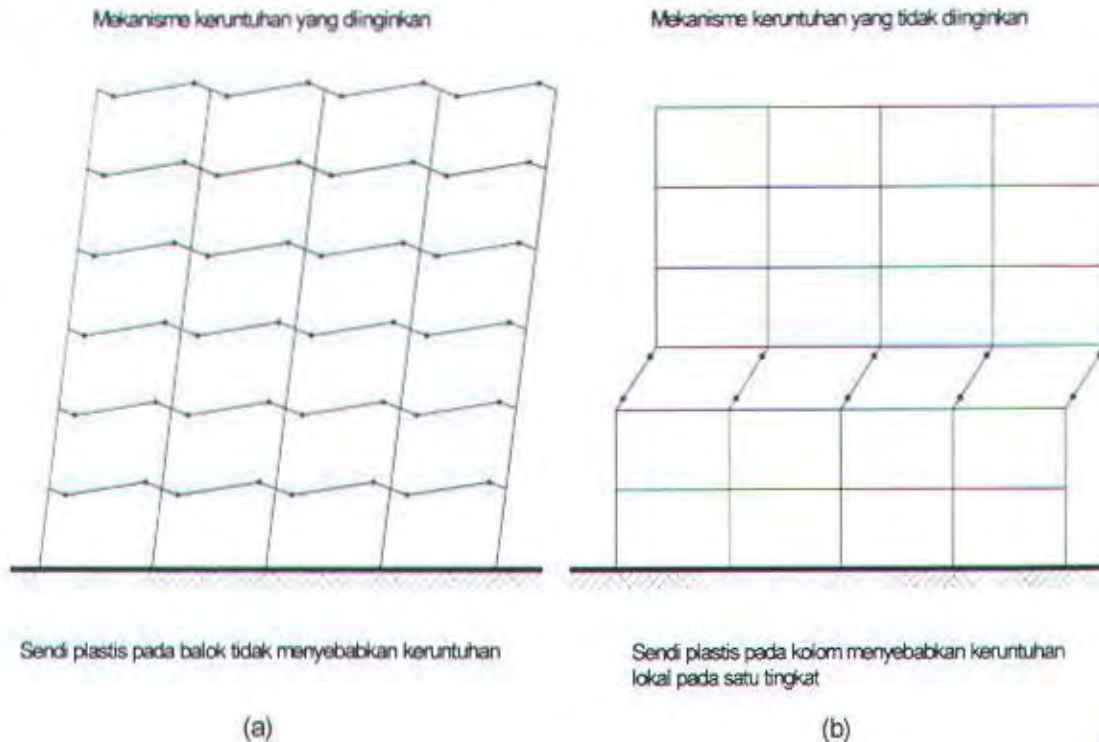
Struktur dengan tingkat daktilitas 2 atau daktilitas terbatas ($\mu=2,0$) harus direncanakan sedemikian rupa dengan pendetailan khusus sehingga mampu berperilaku inelastis terhadap beban siklis gempa tanpa mengalami keruntuhan getas. Dalam hal ini beban gempa rencana harus dihitung berdasarkan faktor jenis struktur K minimum sebesar 2,0.

c. Tingkat Daktilitas 3 (Daktilitas Penuh)

Struktur dengan tingkat daktilitas 3 atau daktilitas penuh ($\mu=4,0$) harus direncanakan terhadap beban siklis gempa kuat sedemikian rupa dengan pendetailan khusus sehingga mampu menjamin terbentuknya sendi-sendi palstis dengan kapasitas pemancaran energi yang diperlukan. Dalam hal ini beban gempa rencana harus dihitung berdasarkan faktor jenis struktur K minimum sebesar 1,0.

Metode perencanaannya disebut “Desain Kapasitas” (Capacity Design) dengan prinsip “*Strong Column Weak Beam*”, atau dikenal dengan prinsip balok lemah kolom kuat. Yaitu dengan membentuk sendi plastis pada balok, sehingga keruntuhan geser pada balok yang bersifat getas juga diusahakan agar tidak terjadi lebih dahulu dari kegagalan akibat lentur pada sendi-sendi plastis balok setelah mengalami rotasi-rotasi plastis yang cukup besar.

Pada prinsipnya, dengan Konsep Desain Kapasitas elemen-elemen utama penahan beban gempa dapat dipilih, direncanakan dan didetailkn sedemikian.



Gambar 2.1 Mekanisme yang terjadi pada portal rangka terbuka

2.6 Langkah-Langkah Perencanaan Daktilitas Penuh

2.6.1 Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Lentur

- Kuat lentur perlu balok portal dinyatakan dengan $M_{u,b}$ harus ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan tanpa atau dengan beban gempa

$$M_{u,b} = 1,2 M_{D,b} + 1,6 M_{L,b}$$

$$M_{u,b} = 1,05 (M_{D,b} + M_{L,b} \pm M_{E,b})$$

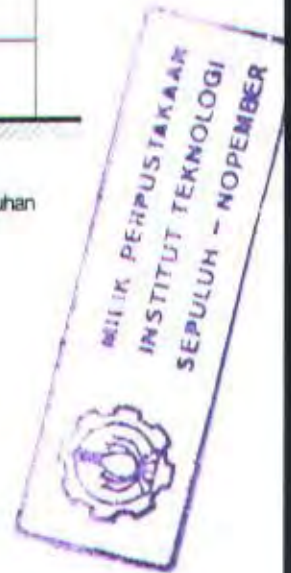
$$M_{u,b} = 0,9 M_{D,b} \pm M_{E,b}$$

dengan :

$M_{D,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban mati tak berfaktor

$M_{L,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban hidup tak berfaktor

dengan memperhitungkan reduksinya sehubungan dengan peluang terjadinya pada lantai tingkat yang ditinjau.





$M_{E,b}$ = momen lentur balok portal akibat beban gempa tak berfaktor.

- Khusus untuk portal dengan daktilitas penuh perlu dihitung kapasitas lentur sendi plastis balok yang besarnya sbb :

$$M_{kap,b} = \phi_o M_{nak,b}$$

dengan :

$M_{kap,b}$ = kapasitas lentur aktual balok pada pusat pertemuan balok kolom dengan memperhitungkan As terpasang

$M_{nak,b}$ = kuat lentur nominal balok berdasar luas tulangan yang sebenarnya terpasang.

ϕ_o = faktor penambah kekuatan sebesar 1,25 untuk $f_y < 400$ MPa, dan 1,40 untuk $f_y > 400$ Mpa.
= 1,25($f_y = 390$ MPa)

f_y = kuat leleh tulangan lentur.

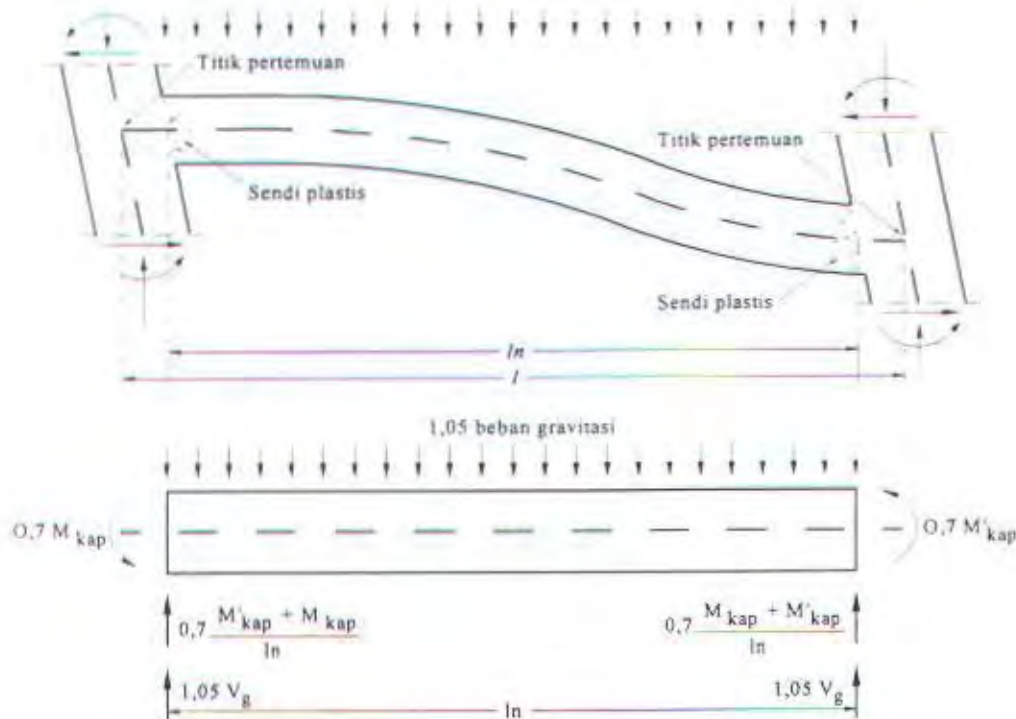
2.6.2 Perencanaan Balok Portal Terhadap Beban Geser

Kuat geser balok portal yang dibebani oleh beban gravitasi sepanjang bentangnya harus dihitung dalam kondisi terjadi sendi-sendi plastis pada kedua ujung portal tersebut, dengan tanda yang berlawanan (positif & negatif).

$$V_{u,b} = 0,7 \frac{(M_{kap} + M'_{kap})}{l_n} + 1,05V_g$$

tetapi tidak boleh lebih besar dari pada :

$$V_{u,b} = 1,07 \left(V_{D,b} + V_{L,b} + \frac{4,0}{K} V_{E,b} \right)$$



Gambar 2.2 Balok portal dengan Sendi Plastis pada kedua ujungnya

dengan :

- M_{Kap} = momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang terpasang salah satu ujung kolom.
- M'_{Kap} = momen kapasitas balok berdasarkan tulangan yang terpasang salah satu ujung kolom yang lain.
- ln = bentang bersih balok.
- $V_{D,b}$ = gaya geser balok akibat beban mati
- $V_{L,b}$ = gaya geser balok akibat beban hidup
- $V_{E,b}$ = gaya geser balok akibat beban gempa
- K = faktor jenis struktur

2.6.3 Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Lentur Dan Aksial

Kuat lentur kolom portal dengan daktalitas penuh ditentukan pada bidang muka balok $M_{u,k}$, dihitung berdasarkan terjadinya kapasitas lentur sendi plastis pada kedua ujung balok



$$\sum M_{u,k} = 0,7 \omega_d \sum M_{kap, b}$$

atau:

$$M_{u,k} = 0,7 \omega_d \alpha_k (M_{kap, ki} + M_{kap, ka})$$

tetapi tidak boleh lebih besar:

$$M_{u,k} = 1,05 (M_{D,k} + M_{L,k} \pm 4,0/K M_{E,k})$$

dengan :

ω_d = faktor pembesaran dinamis yang memperhitungkan pengaruh terjadinya sendi plastis pada struktur keseluruhan = 1,3

α_k = faktor distribusi momen kolom portal yang ditinjau sesuai dengan kekakuan relatif kolom atas dan kolom bawah.

$M_{kap, ki}$ = momen kapasitas lentur balok, kiri bidang muka kolom.

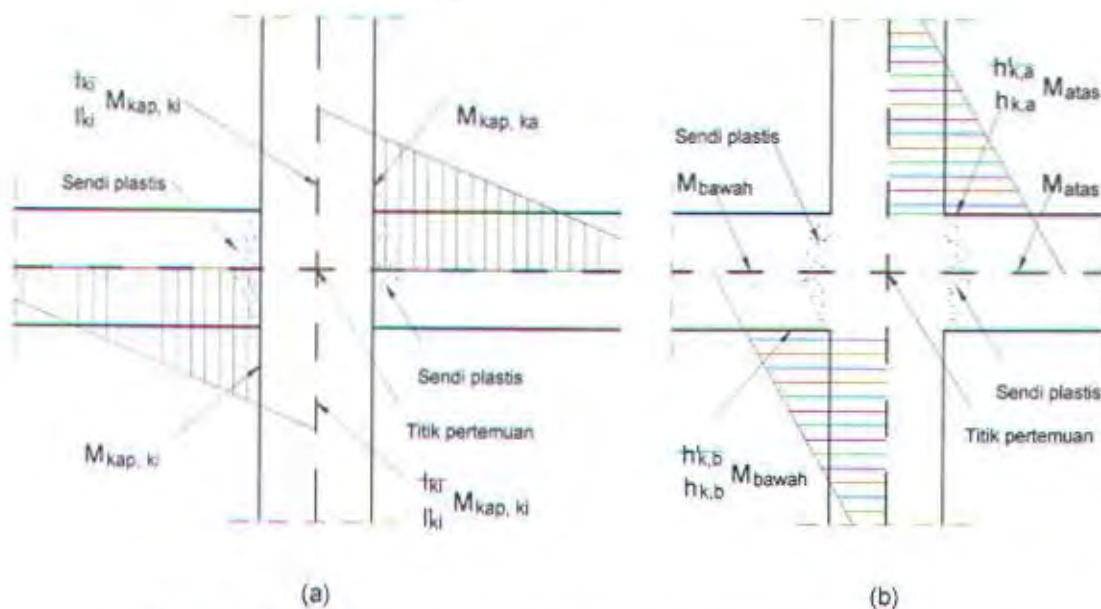
$M_{kap, ka}$ = momen kapasitas lentur balok, kanan bidang muka kolom

$M_{D,k}$ = momen kolom akibat beban mati.

$M_{L,k}$ = momen kolom akibat beban hidup.

$M_{E,k}$ = momen kolom akibat beban gempa.

K = faktor jenis struktur.



Gambar 2.3 Pertemuan balok Kolom dengan Sendi Plastis pada Ujung Balok di sebelah Kanan & Kiri.



Sedangkan beban aksial rencana $N_{u,k}$ yang bekerja pada kolom portal dengan daktalitas penuh dihitung dari :

$$N_{u,k} = \frac{0,7R_n \sum M_{kap,b}}{l_b} + 1,05N_{g,k}$$

tetapi dalam segala hal tidak boleh lebih besar dari :

$$N_{u,k} = 1,05 \left(N_{g,k} + \frac{4,0}{K} N_{E,k} \right)$$

dengan :

R_n = faktor reduksi yang ditentukan sebesar:

1,0	untuk $1 < n < 4$
1,1-0,025	untuk $4 < n < 20$
0,60	untuk $n > 20$

n = jumlah lantai diatas kolom yang ditinjau

l_b = bentang balok dari pusat ke pusat kolom

$N_{g,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gravitasi

$N_{E,k}$ = gaya aksial kolom akibat beban gempa

Dalam segala hal, kuat lentur dan aksial rancang kolom portal harus dapat memperhitungkan kombinasi pembebanan terfaktor antara beban gravitasi dan beban gempa dalam 2 arah yang saling tegak lurus (100% dalam satu arah, 30% dalam arah lain tegak lurus pada arah tersebut dan diambil paling menentukan .

2.6.4 Perencanaan Kolom Portal Terhadap Beban Geser

Kuat geser kolom portal dengan daktalitas penuh ditentukan berdasarkan terjadinya sendi plastis pada ujung balok-balok yang bertemu pada kolom tersebut.

untuk kolom lantai atas :

$$V_{u,k} = \frac{(M_{u,k \text{ atas}} + M_{u,k \text{ bawah}})}{h'_k}$$



untuk kolom lantai bawah :

$$V_{u,k} = \frac{(M_{u,k \text{ atas}} + M_{u,k \text{ bawah}})}{h'_k}$$

tetapi dalam segala hal tidak boleh lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05 (M_{D,k} + M_{L,k} \pm 4,0/K V_{E,k})$$

dengan :

$M_{u,k \text{ atas}}$ = momen rencana kolom pada ujung atas dihitung pada muka balok

$M_{u,k \text{ bawah}}$ = omen rencana kolom pada ujung bawah dihitung pada muka balok

$M_{kap \text{ k bawah}}$ = kapasitas lentur ujung dasar kolom lantai dasar

$$= \phi_o M_{nak, k}$$

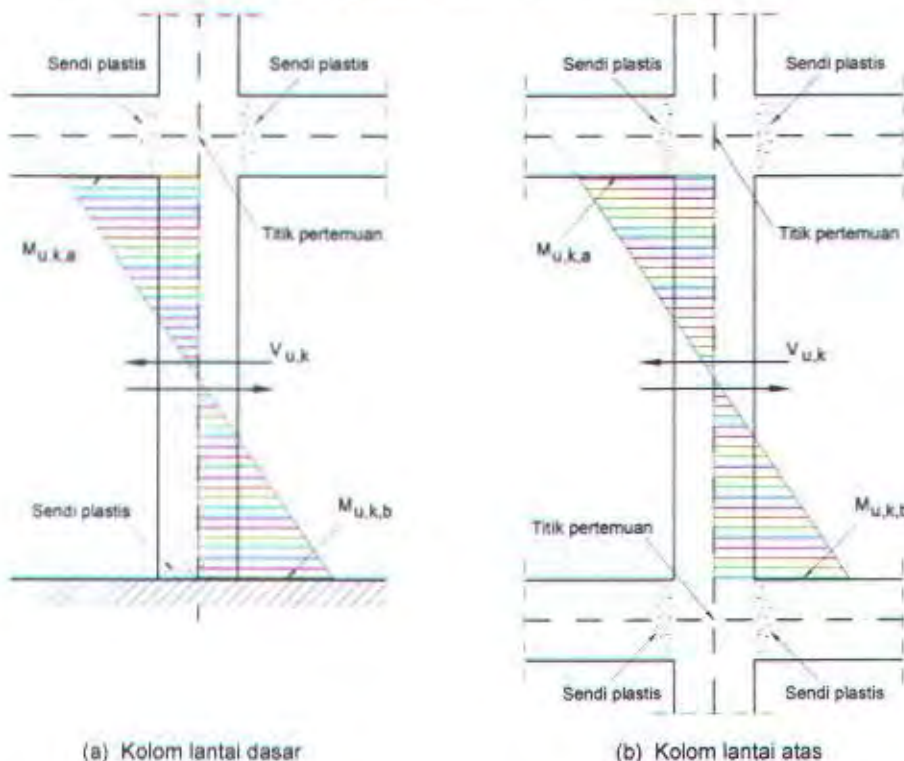
$M_{nak, k \text{ bawah}}$ = kuat lentur nominal aktual ujung dasar kolom lantai dasar

h'_k = tinggi bersih kolom

$V_{D,k}$ = gaya geser kolom akibat beban mati

$V_{L,k}$ = gaya geser kolom akibat beban hidup

$V_{E,k}$ = gaya geser kolom akibat beban gempa

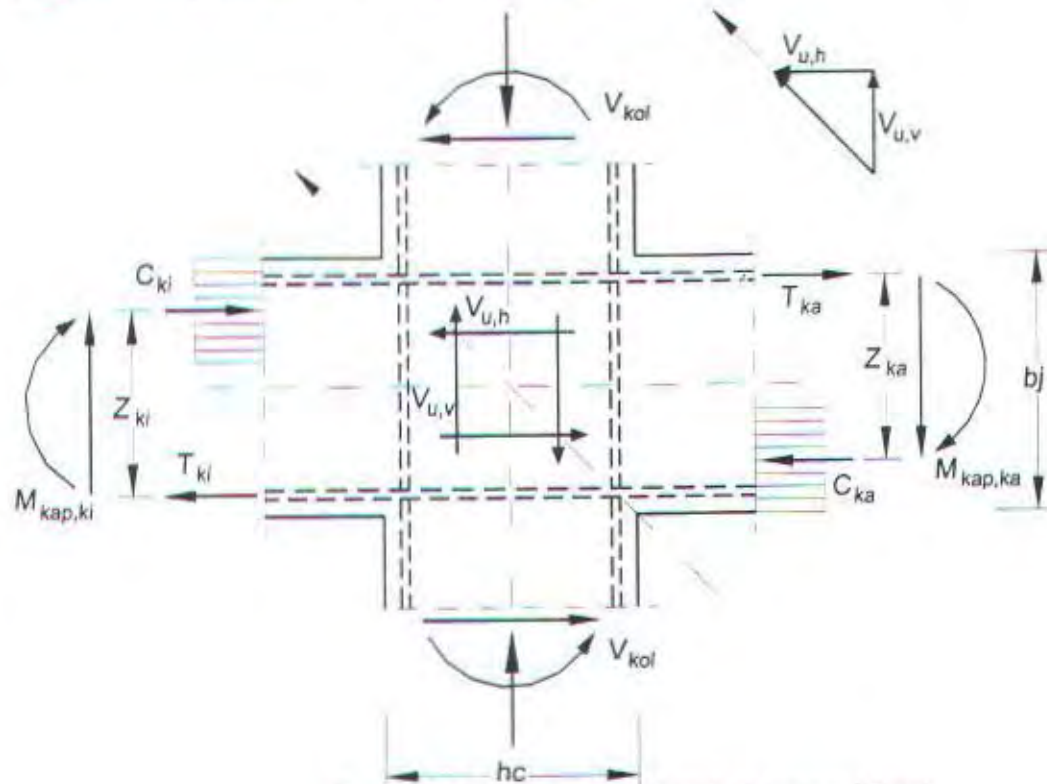


Gambar 2.4 Kolom lantai dasar dengan kolom atas



2.6.5 Perencanaan Panel Pertemuan Balok Kolom

Panel pertemuan balok kolom portal harus diproporsikan sedemikian rupa, sehingga memenuhi persyaratan kuat geser horisontal $V_{u,h}$ dan kuat geser vertikal $V_{u,v}$ yang berkaitan dengan terjadinya momen kapasitas pada sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu pada kolom itu. Seperti pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.5 Pertemuan balok & kolom (*Join*)

Gaya geser horisontal :

$$V_{jh} = C_{ki} + T_{ka} - V_{kol}$$

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,70 \cdot \frac{M_{kap,ki}}{Z_{ki}}$$

$$T_{ka} = C_{ka} = 0,70 \cdot \frac{M_{kap,ka}}{Z_{ka}}$$

$$V_{kol} = \frac{0,70 \cdot \left(\frac{I_{ki}}{I_{ki'}} \cdot M_{kap,ki} + \frac{I_{ka}}{I_{ka'}} \cdot M_{kap,ka} \right)}{0,5 \cdot (h_{k,a} + h_{k,b})}$$



Tegangan geser horisontal nominal joint (v_{jh}):

$$v_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \cdot h_c}$$

b_j = lebar efektif joint (mm),
 h_c = tinggi total penampang kolom (mm)

tetapi tidak boleh lebih besar dari:

$$v_{jh} = 1,5 \cdot \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$$

Gaya geser horisontal V_{jh} ini ditahan oleh dua mekanisme kuat geser inti joint yaitu :

- a. strart beton diagonal yang melewati daerah tekan ujung joint yang memikul gaya geser V_{ch}
- b. mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horisontal dan strart beton diagonal daerah tarik joint yang memikul gaya geser V_{sh}

Besarnya V_{ch} harus diambil sama dengan nol kecuali bila

- a. tegangan tekan rata-rata minimal pada penampang bruto kolom beton diatas joint termasuk tegangan prategang, apabila ada melebihi $0,1 f_c'$ maka :

$$v_{jh} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right) - 0,1 \cdot f_c' \cdot b_j \cdot h_c}$$

- b. balok diberi gaya prategang yang melewati joint, maka:

$$V_{ch} = 0,70 \cdot P_{cs}$$

P_{cs} adalah gaya permanen dalam baja prategang yang terletak di sepertiga bagian tengah tinggi kolom.

- c. seluruh balok pada joint dirancang sehingga penampang kritis dari sendi plastis terletak pada jarak yang lebih kecil dari tinggi penampang balok diukur dari muka kolom, maka:

$$V_{ch} = 0,5 \cdot \frac{A_s'}{A_s} \cdot V_{jh} \left(1 + \frac{N_{u,k}}{0,4 \cdot A_g \cdot f_c'} \right) \quad \text{dengan...} \frac{A_s'}{A_s} < 1$$



Dengan memindahkan lokasi sendi plastis agak jauh dari muka kolom maka kemampuan strat tekan tidak berkurang akibat beban bolak-balik dimana sebagian besar tegangan tekan dipindahkan melalui tulangan tekan. Pelehan pada tulangan juga dapat mengakibatkan penetrasi kerusakan ikatan yang masuk kedalam inti join, sehingga ikatan antara tulangan dengan strat tekan berkurang. Akibat kedua fenomena ini serta tekanan pada join, sendi plastisnya terletak bersebelahan dengan muka kolom, tidak bekerja sehingga seluruh gaya geser V_{jh} dipikul oleh V_{sh} (bila tegangan tekan rata-rata minimum pada penampang bruto kolom diatas join $< 0,1.f_c'$)

bila $\rho_c < 0,1.f_c'$ maka :

$$V_{sh} = V_{jh} - \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} \right) - (0,1.f_c')} . b_{jh}$$

pada join rangka dengan melakukan relokasi sendi plastis :

$$V_{sh} = V_{jh} - 0,5 \cdot \frac{A_s'}{A_s} \cdot V_{jh} \cdot \left(1 + \frac{N_{u,k}}{0,4.A_g.f_c'} \right)$$

Luas total efektif dari tulangan geser horisontal yang melewati bidang kritis diagonal dengan yang diletakkan di daerah tekan join efektif b_j tidak boleh kurang dari :

$$A_{jh} = \frac{V_{jh}}{f_y}$$

Kegunaan sengkang horisontal ini harus didistribusikan secara merata diantara tulangan balok longitudinal atas dan bawah.

geser join vertikal V_{jv} dapat dihitung dari:

$$V_{jv} = V_{jh} \cdot \frac{h_c}{b_j}$$

Sedangkan tulangan join geser vertikal dapat dihitung dari:

$$V_{sv} = V_{jv} - V_{cv}$$

$$V_{sv} = A_{sc}' \cdot \frac{V_{sh}}{V_{sc}} \cdot \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{A_g.f_c'} \right)$$



$$A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y}$$

dengan:

- b_j = lebar efektif join (mm)
- h_c = tinggi total penampang kolom dasar arah geser (mm)
- V_{jh} = gaya geser horisontal
- V_{jv} = gaya geser vertikal
- $A_{sc'}$ = luas tulangan longitudinal tekan (mm^2)
- A_{sc} = luas tulangan longitudinal tarik luas tulangan join vertikal
- A_{jh} = luas tulangan geser horisontal (mm^2)
- A_{jv} = luas tulangan geser vertikal (mm^2)

2.7 Persyaratan Perencanaan Seismik Untuk Komponen Struktur Dengan Daktilitas Penuh

2.7.1 Komponen Struktur Rangka Yang Menahan Beban Lentur (Balok)

1. Gaya tekan aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur tersebut tidak melebihi ($A_g f_c' / 10$).
2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya kecuali untuk balok perangkai dinding geser
3. Rasio lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3
4. Lebar tidak boleh (a) kurang dari 250 mm, dan (b) lebih dari komponen penumpu (diukur dari bidang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen lentur) ditambah jarak yang tidak melebihi $\frac{3}{4}$ tinggi komponen lentur pada tiap sisi komponen penumpu
5. Eksentrisitas antara titik berat kolom tidak melampaui $\frac{1}{4}$ tinggi komponen lentur pada tiap sisi komponen penumpu
6. Pada sebarang penampang suatu komponen struktur lentur, jumlah tulangan atas maupun bawah tidak boleh kurang dari $1,4/f_y$ dan rasio tulangan tidak boleh melampaui $7b_w d/f_y$. Paling tidak harus disediakan 2 batang tulangan menerus pada kedua tulangan atas dan bawah



7. Kuat momen positif pada sisi muka join tidak boleh kurang dari $\frac{1}{2}$ kuat momen negatif yang disediakan pada sisi muka join tersebut. Pada sebarang penampang komponen struktur tersebut, kuat momen positif maupun negatif tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kuat momen maksimum yang terdapat pada kedua ujung join
8. Sambungan lewatan tulangan lentur hanya diperbolehkan bila sepanjang daerah sambungan lewatan tadi dipasang tulangan sengkang penutup asal tulangan spiral. Jarak maksimum tulangan transversal yang melilit batang tulangan yang disambung tidak boleh melebihi $d/4$ atau 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan :
 - a) dalam daerah join
 - b) dalam jarak 2 kali tinggi komponen struktur muka
 - c) pada lokasi dimana analisis menunjukkan leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastis rangka
9. Sambungan las dan mekanikal yang memenuhi ketentuan SKSNI T-15-1991-03 (8) boleh digunakan untuk penyambungan tulangan asal pelaksanaan penyambungan pada suatu penampang pada tiap lapis tulangan tidak lebih dari pelaksanaan berselang, dan jarak sumbu dari sambungan batang yang berdekatan tidak kurang dari 600 mm, diukur sepanjang sumbu longitudinal dari komponen struktur rangka
10. Sengkang tertutup harus dipasang dalam daerah berikut dari komponen struktur rangka:
 - a) sepanjang 2 kali tinggi komponen struktur diukur dari muka komponen struktur pendukung ke arah tengah, pada kedua ujung komponen struktur lentur
 - b) sepanjang 2 kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang yang mungkin terjadi leleh lentur sehubungan dengan perpindahan lateral inelastis rangka
11. Sengkang tertutup yang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm diukur dari sisi muka suatu komponen struktur pendukung. Spasi maksimum dari sengkang tersebut tidak boleh melebihi:
 - a) $d/4$



- b) 8 kali diameter tulangan longitudinal terkecil
- c) 24 kali diameter tulangan sengkang
- d) 200 mm
- e) $1600 f_y A_{s,l} / [A_{s,a} + A_{s,b}] f_y$

dengan:

$A_{s,l}$ = luas satu kaki dari tulangan transversal, mm^2

$A_{s,a}$ = luas tulangan longitudinal atas, mm^2

$A_{s,b}$ = luas tulangan longitudinal bawah, mm^2

f_y = kuat leleh tulangan longitudinal, MPa

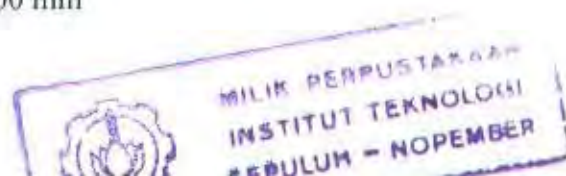
12. Di daerah yang memerlukan sengkang tertutup, batang tulangan longitudinal pada perimeter harus mempunyai penahan lateral yang memenuhi ketentuan yang berlaku
13. Di daerah yang memerlukan sengkang tertutup, batang tulangan longitudinal pada perimeter harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ pada seluruh panjang komponen struktur tersebut.
14. Sengkang tertutup pada komponen struktur lentur boleh dibentuk dari dua potong tulangan, yaitu sebuah sengkang terbuka U yang mempunyai kait 135° dengan perpanjangan sebesar 6 kali diameter (tetapi < 75 mm) yang dijangkar didalam inti yang terkekang dalam satu kait silang penutup hingga keduanya membentuk satu gabungan sengkang yang tertutup. Kait silang menutup yang berurutan yang mengait pada satu tulangan longitudinal yang sama harus dipasang sedemikian hingga kait 90° -nya terpasang berselang pada sisi yang berlawanan dari komponen struktur lentur. Bila batang tulangan longitudinal yang terikat oleh sengkang kait penutup hanya dibatasi oleh pelat pada satu sisi komponen struktur rangka lentur, maka kait 90° kait silang penutup tersebut harus dipasang di sisi itu



2.7.2 Komponen Struktur Rangka Yang Menahan Beban Lentur & Aksial

(Kolom)

1. Dimensi penampang terpendek, diukur pada satu garis lurus yang melalui titik berat penampang tidak boleh kurang dari 300 mm
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh kurang dari 0,4
3. Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi penampang kolom yang terpendek tidak boleh lebih besar dari 25. Untuk kolom yang mengalami momen yang dapat berbalik tanda, rasionya tidak boleh lebih besar dari 16. Untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh lebih besar dari 10
4. Rasio tulangan ρ tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak boleh lebih besar dari 0,06, dan pada daerah sambungan tidak boleh lebih besar dari 0,08
5. Sambungan lewatan hanya digunakan diluar daerah sendi plastis potensial dan harus diproporsikan sebagai sambungan tarik. Sambungan las dan sambungan mekanikal yang memenuhi SKSNI T-15-1991-03 [8] boleh digunakan untuk menyambung tulangan pada sembarang tempat asal pengaturan penyambungan batang longitudinal pada suatu penampang tidak lebih dari pengaturan berselang dan jarak antara sambungan adalah 600 mm atau lebih sepanjang sumbu longitudinal tulangan
6. Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transversal untuk memikul beban geser
7. Tulangan transversal boleh terdiri dari tulangan sengkang tertutup tunggal atau majemuk atau menggunakan kait silang penutup dengan diameter dan spasi yang sama dengan diameter dan spasi yang ditetapkan untuk sengkang tertutup. Setiap ujung kait silang penutup yang berurutan harus diatur sehingga kait ujungnya terpasang berselang sepanjang tulangan longitudinal yang ada. Tulangan transversal harus dipasang dengan spasi tidak melebihi dari :
 - a) $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur terkecil
 - b) lebih kecil atau sama dengan 8 kali diameter tulangan memanjang
 - c) lebih kecil atau sama dengan 100 mm





8. Kait silang atau kaki-sengking tertutup majemuk tidak boleh dipasang dengan spasi lebih dari 350 mm dari pusat ke pusat dalam arah tegak lurus terhadap sumbu longitudinal dari komponen struktur
9. Pada setiap muka join dan pada kedua sisi dari setiap penampang yang mungkin mengalami leleh lentur akibat terjadinya perpindahan lateral inelastis dari rangka harus dipasang tulangan transversal dengan jumlah yang seperti disebutkan dalam butir 6, 7 dan 8 sepanjang l_o dari muka yang ditinjau. Panjang l_o tidak boleh kurang dari:
 - a) tinggi komponen dimensi struktur untuk $N_{u,k} < 0,3 A_g \cdot f_c'$
 - b) 1,5 kali tinggi komponen dimensi struktur untuk $N_{u,k} < 0,3 A_g \cdot f_c'$
 - c) 1/6 bentang bersih komponen struktur
 - d) 450 mm
10. Bila gaya tekan aksial terfaktor yang berhubungan dengan pengaruh gempa yang bekerja pada komponen struktur nilainya melampaui $(0,10 \cdot A_g \cdot f_c')$, maka pada seluruh tinggi kolom yang berada dibawah ketinggian dimana terjadi pengakiran komponen struktur kaku dan yang memikul reaksi dari komponen struktur kaku yang terputus tadi, misalnya dinding, harus diberi tulangan transversal seperti yang ditentukan pada butir 6, 7 dan 8. Tulangan transversal tersebut harus meneruskan ke dalam komponen struktur yang terputus paling tidak sejauh panjang penyaluran batang tulangan longitudinal yang tersebar di dalam kolom. Bila ujung bawah kolom berakhir pada suatu dinding, maka tulangan transversal harus menerus kedalam dinding paling tidak sejauh panjang penyaluran tulangan longitudinal kolom yang terbesar pada titik pemutusan. Bila kolomnya berakhir pada suatu pondasi telapak atau pondasi rakit, maka tulangan transversal yang memenuhi butir 6,7 dan 8 harus menerus paling kurang 300 mm kedalam pondasi tersebut.



TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEDUNG ATC
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
PROGRAM S-I JURUSAN TEKNIK SIPIL/ FTSP/ ITS SURABAYA
2004

BAB III

METODOLOGI



BAB III METODOLOGI

3.1 Metodologi Perencanaan Struktur Gedung ATC

- ↓ **Mulai**
- ↓ **Perencanaan Struktur**
- ↓ **Perencanaan Struktur Sekunder**
 - ☞ **Preliminary Desain (Pelat, Balok & Kolom)**
 - ☞ **Perencanaan Struktur Pelat Lantai & Pelat Atap**
 - ☞ Pemodelan Dan Analisa Momen Pelat
 - ☞ Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai Dan Atap
 - ☞ Perencanaan Penulangan Pelat Lantai Dan Atap
 - ☞ **Perencanaan Struktur Tangga**
 - ☞ Preliminary Desain
 - ☞ Perhitungan Pembebanan Tangga
 - ☞ Analisa Gaya Dalam (M, D, N)
 - ☞ Perhitungan Penulangan Pelat Tangga Dan Pelat Bordes
 - ☞ **Perencanaan Balok Anak**
 - ☞ Pembebanan Balok Anak
 - ☞ Analisa Gaya Dalam (M, D, N)
 - ☞ Penulangan Lentur Balok Anak
 - ☞ Penulangan Geser Balok Anak
 - ☞ Penulangan Torsi Minimum
 - ☞ Panjang Penyaluran Balok Anak
 - ☞ Kontrol Lendutan Dan Retak
 - ☞ **Perencanaan Balok Pendukung Lift**
 - ☞ Beban Yang Bekerja
 - ☞ Dimensi Balok Lift
 - ☞ Penulangan Lentur



☞ Penulangan Geser

↓ **Perencanaan Struktur Utama**

- ☞ **Analisa Struktur Utama (Analisa Sap 2000 V.8)**
- ☞ **Analisa Struktur Balok Induk**
- ☞ **Analisa Struktur Kolom**
- ☞ **Analisa Struktur Beam Kolom Join**

↓ **Perencanaan Pondasi (Beban Struktur Dan Data Tanah)**

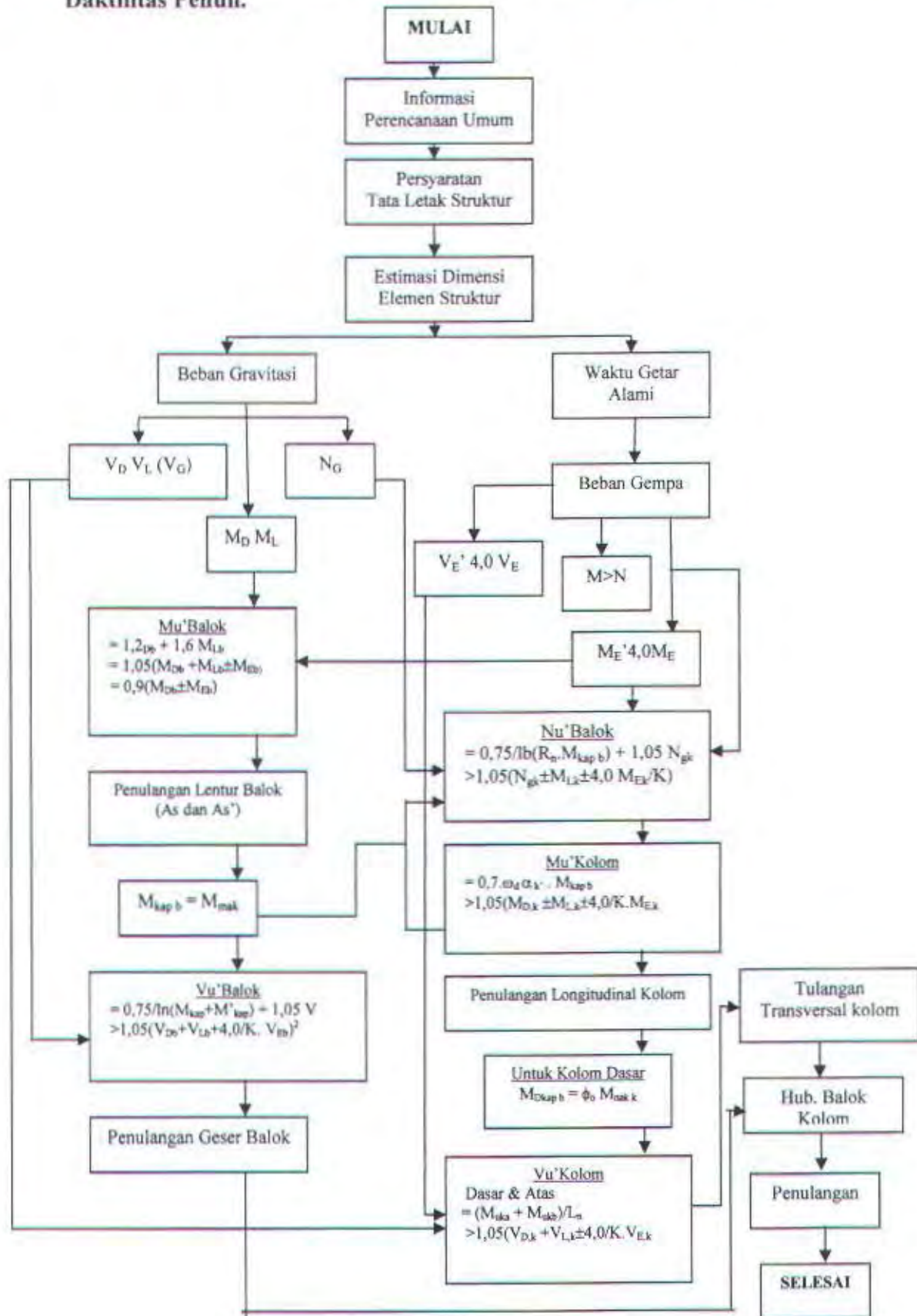
- ☞ **Pondasi Tiang Pancang**
 - ☞ Panjang Dan Dimensi Tiang Pancang
 - ☞ Daya Dukung Tiang Pancang
- ☞ **Perencanaan Poer Dan Sloof**
 - ☞ Dimensi
 - ☞ Penulangan Lentur Dan Geser
 - ☞ Kontrol Geser Pons
- ☞ **Perencanaan Pelat Lantai Dan Dinding Basement**
 - ☞ Dimensi Pelat Lantai Dan Dinding Basement
 - ☞ Gaya UpLief Dibawah Lantai dan Tekanan Tanah Pada Dinding
 - ☞ Penulangan (Analisa Tulangan Rangkap)
 - ☞ Penulangan geser

↓ **Gambar**

↓ **Selesai.....**



3.2 Diagram Alir Langkah-langkah Perencanaan Struktur rangka dengan Daktilitas Penuh.





TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEDUNG ATC
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
PROGRAM S-I JURUSAN TEKNIK SIPIL/ FTSP/ ITS SURABAYA
2004

BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER



BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 Preliminary Disain

Preliminary disain dimensi balok pengapit pelat, dapat diambil sekitar :

- Tinggi balok (h) = $(1/10 - 1/15) \times Lu$ (Balok induk)
- Lebar balok (b) = $(0,40 - 0,67 \times h)$
- Tinggi balok (h) = $(1/16 - 1/21) \times Lu$ (Balok anak)

4.1.1 Dimensi Balok

- Balok induk melintang :

$$h = 1/12 \times L$$

$$h = 1/12 \times 700 = 58.33 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

$$b = 0,55 \times h$$

$$b = 0,55 \times 60 = 33 \text{ cm} = 40 \text{ cm}$$

jadi dimensi balok induk melintang adalah 40/60

- Balok induk memanjang :

$$h = 1/12 \times L$$

$$h = 1/12 \times 600 = 50 \text{ cm}$$

$$b = 0,67 \times h$$

$$b = 0,67 \times 50 = 33.5 \text{ cm} = 35 \text{ cm}$$

jadi dimensi balok induk memanjang adalah 35/50

- Balok anak :

$$h = 1/16 \times L$$

$$h = 1/16 \times 600 = 37.5 \text{ cm} = 40 \text{ cm}$$

$$b = 0,60 \times h$$

$$b = 0,60 \times 40 = 24 \text{ cm} \approx 30$$

jadi dimensi balok anak memanjang adalah 30/40



4.1.2 Dimensi kolom

4.1.2.1 Dimensi kolom Basement (Lantai Dasar)

Direncanakan kolom: $b = h$

- Balok induk memanjang dengan $b = 35$ cm $h = 50$ cm, $L = 600$ cm

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$
$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{300} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 35 \times 50^3}{600}$$

$$b^4 \geq 3828125$$

$$b \geq 44.23 \text{ cm}$$

Dimensi kolom diambil = 80×80 cm.

- Balok induk melintang dengan $b = 40$ cm $h = 60$ cm, $L = 700$ cm

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$
$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{300} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 40 \times 60^3}{700}$$

$$b^4 \geq 3702857$$

$$b \geq 43.87 \text{ cm}$$

Dimensi kolom diambil = 80 cm \times 80 cm.

Jadi dimensi untuk kolom lantai dasar diambil 80 cm \times 80 cm.

4.1.2.2 Dimensi untuk kolom Lantai 1

Direncanakan kolom: $b = h$

- Balok induk memanjang dengan $b = 35$ cm $h = 50$ cm, $L = 600$ cm

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$



$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{500} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 35 \times 50^3}{600}$$

$$b^4 \geq 3645833$$

$$b \geq 43.69 \text{ cm}$$

Dimensi kolom diambil = 80 cm x 80 cm.

- Balok induk melintang dengan $b = 40 \text{ cm}$ $h = 60 \text{ cm}$, $L = 700 \text{ cm}$

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{500} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 40 \times 60^3}{700}$$

$$b^4 \geq 6171429$$

$$b \geq 49.84 \text{ cm}$$

Dimensi kolom diambil = 80 cm x 80 cm.

Jadi dimensi untuk kolom lantai 1 diambil 80 cm x 80 cm.

4.1.2.3 Dimensi untuk kolom Lantai 2 s/d Lantai 9

Direncanakan kolom: $b = h$

- Balok induk memanjang dengan $b = 35 \text{ cm}$ $h = 50 \text{ cm}$, $L = 600 \text{ cm}$

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 35 \times 50^3}{600}$$

$$b^4 \geq 2916667$$

$$b \geq 41.33 \text{ cm}$$

Dimensi kolom diambil = 80 x 80 cm.



- Balok induk melintang dengan $b = 40$ cm $h = 60$ cm, $L = 700$ cm

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

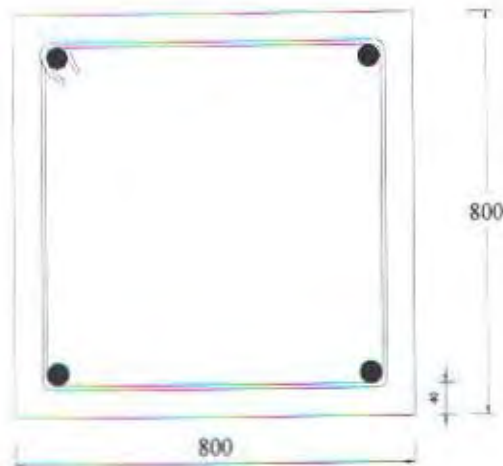
$$\frac{\frac{1}{12} \times b \times h^3}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 40 \times 60^3}{700}$$

$$b^4 \geq 4937143$$

$$b \geq 47.14 \text{ cm}$$

Dimensi kolom diambil = 80×80 cm.

Jadi dimensi untuk kolom lantai 2 s/d lantai 9 diambil $80 \text{ cm} \times 80 \text{ cm}$.



Gambar 4.1 DIMENSI KOLOM



4.1.3 Dimensi Pelat

4.1.3.1 Dasar Perhitungan Dimensi Pelat

1. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

Pelat yang membentang dalam satu arah yaitu yang ditumpu sepanjang dua tepi yang sejajar. Bila perbandingan bentang panjang (L_y) dengan bentang pendek (L_x) lebih besar dua ($L_y/L_x > 2$), maka praktis gaya aksi akan dipikul seluruhnya oleh tumpuan bentang pendek. Pemahaman akan pengertian tersebut di atas dapat dijelaskan dengan teori elastisitas linier atau dengan mekanika teknik. Pada kasus pelat, reaksi lebih besar dilimpahkan pada arah dimana pada kekakuannya lebih besar yaitu pada arah bentang pendek.

Maka SK SNI '91 mengizinkan jika $L_y/L_x > 2$, pelat dapat direncanakan sebagai pelat satu arah, dengan tulangan utama mengarah pada bentang pendek dan tulangan bagi (susut dan suhu) mengarah pada bentang panjang. Tebal minimum yang ditentukan menurut tabel 3.2.5a SK SNI '91.

2. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Pelat yang membentang dalam dua arah yaitu merupakan pelat dua arah yang didukung oleh balok pada keempat sisinya. Bila sebuah pelat lantai yang ditumpu pada keempat atau ketiga sisinya dibebani oleh beban merata, maka beban tersebut akan didistribusikan pelat lantai pada tumpuan dengan aksi dua arah. Gaya-gaya aksi yang terdapat pada pelat bujur sangkar tersebut adalah sama besar untuk masing-masing arah. Sedangkan pada pelat empat persegi panjang gaya aksi pada bentang pendek (L_x) adalah lebih besar dari aksi pada arah bentang panjang (L_y). Pelat dengan aksi dua arah $L_y/L_x < 2$.

SK SNI '91 pasal 3.2.5 butir 3 menetapkan bahwa tebal pelat dua arah dengan tumpuan balok pada keempat sisinya tidak boleh kurang dari nilai yang didapat dari :



$$h = \frac{\text{Ln} \times \left(0,8 + \left(\frac{f_y}{1500} \right) \right)}{36 + 5\beta \left(\alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right)}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\text{Ln} \times \left(0,8 + \left(\frac{f_y}{1500} \right) \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak perlu lebih dari :

$$h = \frac{\text{Ln} \times \left(0,8 + \left(\frac{f_y}{1500} \right) \right)}{36}$$

Batasan di atas dimaksudkan agar kekuatan dan kelayakan struktur pelat terhadap lendutan akibat beban kerja tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

Dalam segala hal, tebal pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :

a. untuk $\alpha_m < 2$ 120 mm

b. untuk $\alpha_m \geq 2$ 90 mm

dimana :

Ln = bentang bersih ke arah memanjang, dari muka ke muka perletakan

α_m = rasio rata-rata dari kekakuan balok terhadap pelat, dan $\alpha_m \geq 2$ untuk balok-balok yang kaku (lihat lampiran Gambar 16.5.1 dari buku Chu-Kia Wang)

β = rasio dari bentang panjang bersih pelat terhadap bentang pendek bersih pelat atau (l_y/l_x)

Sebelum mendapatkan harga α_m , terlebih dahulu menghitung harga α , dimana harga α ini didapatkan dari perumusan :

menurut ACI :

$$\alpha_m = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{slab}}}$$



$$I_{\text{balok}} = K \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_{\text{slab}} = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \times \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \times \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

dimana :

h = tinggi total balok

t = tebal total pelat

b_e = lebar efektif flens

b_w = lebar badan balok

Perumusan mencari nilai b_e pada balok T :

a. Balok Tengah

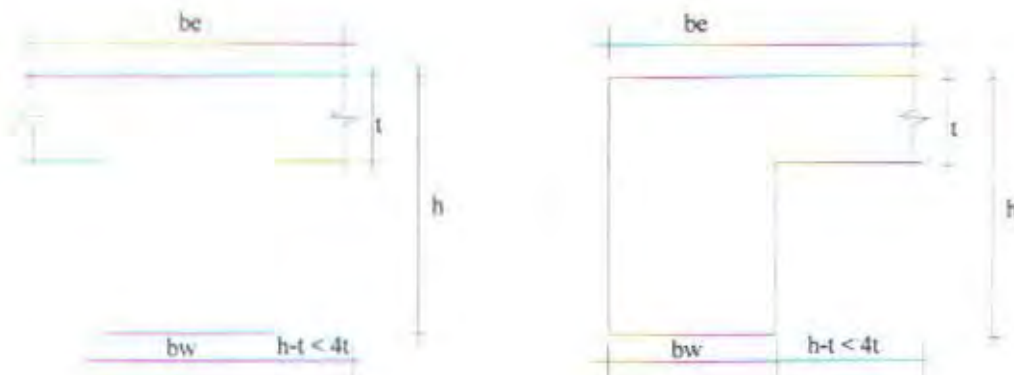
$$b_e = b_w + 2 \times (h - t)$$

$$b_e = b_w + 2 \times (4t)$$

b. Balok Tepi

$$b_e = b_w + (h - t)$$

$$b_e = b_w + (4t)$$



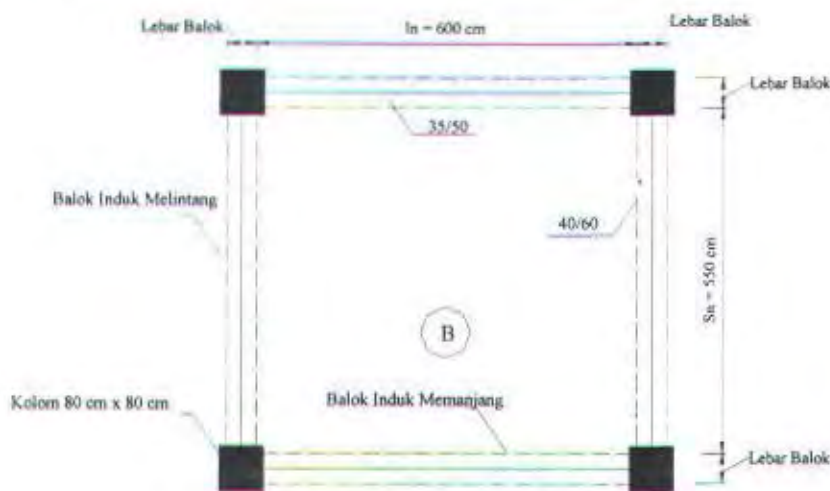
Gambar 4.2 Penampang balok T (interior dan eksterior) dalam perencanaan pelat



4.1.3.2 Perhitungan Tebal Pelat Lantai

Perhitungan pada bagian ini bertujuan untuk mencari ketebalan pelat yang dibutuhkan sesuai dengan kondisi fisik dari pelat tersebut. Dengan data-data perencanaan yang telah dibahas sebelumnya. Asumsi dari tebal pelat yang direncanakan adalah $t = 12$ cm.

Pelat tipe B



Gambar 4.3 Penampang Pelat Lantai Panel B

bentang bersih :

$$L_x = 550 - \frac{1}{2} (35 + 35) = 515 \text{ cm}$$

$$L_y = 600 - \frac{1}{2} (40 + 40) = 560 \text{ cm}$$

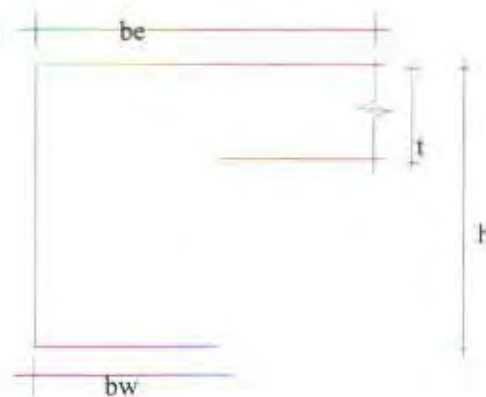
$$\beta = \frac{560}{515} = 1,09 < 2 \text{ (termasuk analisa pelat dua arah)}$$

- Balok Induk Tepi Arah Melintang (40

Penentuan lebar efektif (b_e) :

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + (h - t) \\ &= 40 + (60 - 12) \\ &= 88 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + (4t) \\ &= 40 + (4 \times 12) \\ &= 88 \text{ cm (menentukan)} \end{aligned}$$





$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right) \times \left[4 - 6 \times \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \times \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \times \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left[\left(\frac{88}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right) \times \left[4 - 6 \times \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \times \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{88}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)^3 \right] \right]}{1 + \left(\frac{88}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)} = 1.38$$

$$I_{\text{balok}} = K \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_{\text{balok}} = 1,38 \times 40 \times \frac{60^3}{12} = 993600 \text{ cm}^3$$

$$I_{\text{slab}} = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_{\text{slab}} = 550 \times \frac{12^3}{12} = 79200 \text{ cm}^4$$

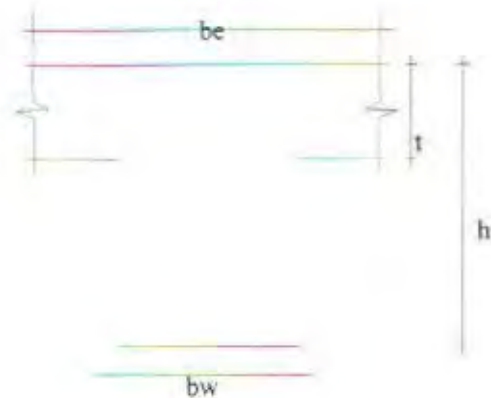
$$\alpha_1 = \frac{993600}{79200} = 12.55$$

- Balok Induk Tengah Arah melintang (40/60)

Penentuan lebar efektif (b_e) :

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + 2 \times (h - t) \\ &= 40 + 2 \times (60 - 12) \\ &= 136 \text{ cm (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + 2 \times (4t) \\ &= 40 + 2 \times (4 \times 12) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$





$$K = \frac{1 + \left[\left(\frac{136}{40} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{60} \right) \times \left[4 - 6 \times \left(\frac{12}{60} \right) + 4 \times \left(\frac{12}{60} \right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{60} \right)^3 \right] \right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{60} \right)} = 1,64$$

$$I_{\text{balok}} = 1,64 \times 40 \times \frac{60^3}{12} = 1180800 \text{ cm}^4$$

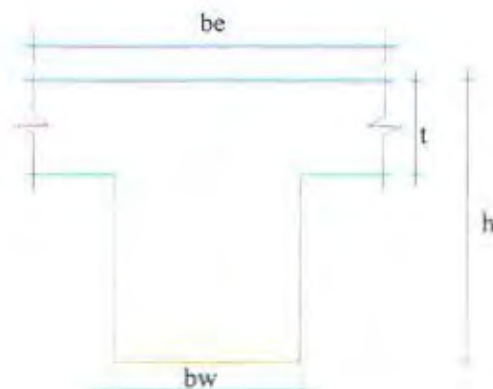
$$I_{\text{slab}} = 550 \times \frac{12^3}{12} = 79200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_2 = \frac{1180800}{79200} = 14,90$$

- Balok Anak Tengah Arah Memanjang (30/40)

Penentuan lebar efektif (be) :

$$\begin{aligned} be &= bw + 2 \times (h - t) \\ &= 30 + 2 \times (40 - 12) \\ &= 86 \text{ cm (menentukan)} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} be &= bw + 2 \times (4t) \\ &= 30 + 2 \times (4 \times 12) \\ &= 126 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$K = \frac{1 + \left[\left(\frac{86}{30} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{40} \right) \times \left[4 - 6 \times \left(\frac{12}{40} \right) + 4 \times \left(\frac{12}{40} \right)^2 + \left(\frac{86}{30} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{40} \right)^3 \right] \right]}{1 + \left(\frac{86}{30} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{40} \right)} = 1,57$$

$$I_{\text{balok}} = 1,57 \times 30 \times \frac{40^3}{12} = 251200 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{slab}} = 350 \times \frac{12^3}{12} = 50400 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_3 = \frac{251200}{50400} = 4,98$$



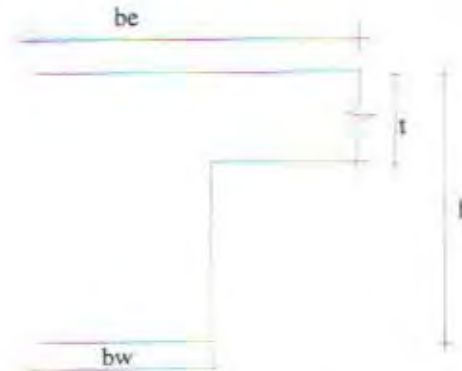


- Balok Induk Tepi Arah Memanjang (35/50)

Penentuan lebar efektif (b_e) :

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + (h - t) \\ &= 35 + (50 - 12) \\ &= 73 \text{ cm (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + (4t) \\ &= 35 + (4 \times 12) \\ &= 83 \text{ cm} \end{aligned}$$



$$K = \frac{1 + \left[\left(\frac{73}{35} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{50} \right) \times \left[4 - 6 \times \left(\frac{12}{50} \right) + 4 \times \left(\frac{12}{50} \right)^2 + \left(\frac{73}{35} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{50} \right)^3 \right] \right]}{1 + \left(\frac{73}{50} - 1 \right) \times \left(\frac{12}{50} \right)} = 1,37 \text{ cm}^4$$

$$I_{balok} = 1,37 \times 35 \times \frac{50^3}{12} = 499479,167 \text{ cm}^4$$

$$I_{slab} = 350/2 \times \frac{12^3}{12} = 25200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_4 = \frac{499479,167}{25200} = 19,82$$

Dari perhitungan di atas, untuk pelat B didapatkan :

$$\begin{aligned} \alpha_m &= (1/4) (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4) \\ &= (1/4) (12,55 + 14,90 + 4,98 + 19,82) = 13,06 \end{aligned}$$

$$S_n = 550 - 0,5 \times (35 + 35) = 515 \text{ cm}$$

$$L_n = 600 - 0,5 \times (40 + 40) = 560 \text{ cm}$$

dengan demikian dapat diperoleh tebal minimum dari tebal pelat lantai :

$$h_1 = \frac{560 \times \left(0,8 + \left(\frac{390}{1500} \right) \right)}{36 + 5 \times 1,09 \left(13,06 - 0,12 \left(1 + \frac{1}{1,09} \right) \right)} = 5,60 \text{ cm}$$



$$h_2 = \frac{560 \times \left(0,8 + \left(\frac{390}{1500} \right) \right)}{36 + 9 \times 1,09} = 11.90 \text{ cm}$$

$$h_3 = \frac{560 \times \left(0,8 + \left(\frac{390}{1500} \right) \right)}{36} = 16.50 \text{ cm}$$

- t rencana = 12 cm $\geq h_1 = 5.60 \text{ cm}$
 $\geq h_2 = 11.90 \text{ cm}$
 $\geq 90\text{mm} = 9 \text{ cm} \dots\dots\dots\text{ok}$

Adapun agar diperoleh ketebalan pelat yang seragam untuk setiap lantainya, maka pelat lantai ruang perkantoran ini akan di coba untuk menggunakan ketebalan pelat sebesar 12 cm. Sedangkan untuk pelat atap akan dicoba untuk menggunakan ketebalan 12 cm.



4.2. Perencanaan Struktur Sekunder Pelat Lantai

4.2.1 Pemodelan dan Analisa Momen Pelat

Pada pemodelan, pelat dianggap terjepit penuh pada keempat sisinya. Hal ini disebabkan karena α_m rata-rata lebih besar dari 2 (dari grafik 16.5.1 yang terlampir).

Momen-momen yang terjadi pada pelat dapat dihitung dengan menggunakan Tabel 13.3.2. Peraturan Beton Indonesia 1971.

4.2.1.1 Perencanaan Penulangan Pelat

Langkah-langkah perhitungan penulangan pelat adalah sebagai berikut:

1. Rencanakan pelat yang meliputi : mutu beton dan baja, tebal pelat dan decking (selimut beton) dan diameter tulangan yang akan dipakai.
2. Hitung momen yang bekerja pada pelat dengan menggunakan Tabel 13.3.2. Peraturan Beton Indonesia 1971.
3. Hitung rasio tulangan berimbang (ρ_b), rasio tulangan maksimum (ρ_{mak}) dan rasio tulangan minimum (ρ_{min}).

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

dimana :

untuk $f_c' < 30$ Mpa ; $\beta_1 = 0,85$ SK SNI '91 pasal 3.3.2 butir 7

untuk $f_c' > 30$ Mpa ; $\beta_2 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30)$

$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_{balance}$ SK SNI '91 pasal 3.3.3 butir 3

ρ_{min} untuk plat :

- f_y 240 Mpa = 0.0030 atau $4/3 \rho_{analisa}$

- f_y 390 Mpa = 0.00185 atau $4/3 \rho_{analisa}$

- Hitung Tulangan Yang Diperlukan (Asperlu).

Tulangan harus dihitung pada kedua arah (arah x dan arah y)

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right) \rightarrow m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$



$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

5. Kontrol Spasi Maksimum

$$S_{\text{max}} = 2 \times \text{tebal pelat} > S_{\text{terpasang}} \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI pasal 3.6.4 butir 2}$$

6. Tulangan Susut Dan Suhu

Tulangan susut dan suhu hanya disediakan untuk pelat-pelat dimana tulangan lenturnya memanjang hanya dalam satu arah saja (pelat satu arah) dan pelat-pelat yang berhubungan langsung dengan sinar matahari (pelat atap). Tulangan susut dan suhu dipasang tegak lurus dengan arah tulangan memanjang dengan spasi tidak boleh lebih dari lima kali tebal pelat atau 500 mm (SK SNI '91 pasal 3.16.12 butir 2)

Rasio tulangan susut dan suhu harus diambil sebesar 0,002 untuk tulangan deform mutu 300 atau 0,0018 untuk tulangan deform mutu 400.

Karena ρ_{perlu} tulangan arah y (0,0018) = ρ_{min} untuk tulangan susut dan suhu seperti yang telah ditetapkan di atas, maka diambil $\rho_{\text{pakai}} = 0,0018$ untuk pelat satu arah type B ini, sehingga $A_s \text{ perlu} = 0,0018 \times 1000 \times 95 = 171 \text{ mm}^2$ dipakai tulangan $\phi 10 - 250$ ($A_s = 314,2 \text{ mm}^2$).

7. Kontrol Retak

Untuk sistim pelat dua arah yang menggunakan tulangan dengan $f_y < 413,7 \text{ Mpa}$ kontrol retak tidak perlu diperhitungkan. Mutu tulangan yang di pakai di dalam perencanaan pelat ini adalah tulangan dengan $f_y = 390 \text{ Mpa} < 413,5 \text{ Mpa}$, sehingga retak tidak perlu di periksa. (*Reinforced Concrete Design oleh Chu Kia Wang dan Charles G. Salmon*). Tetapi untuk pelat satu arah pengendalian retak khususnya menjadi penting bila dipakai tulangan yang tegangan lelehnya lebih dari 280 Mpa, atau apabila persentase tulangan melebihi dari yang lazimnya dipakai di dalam metoda tegangan kerja. Adapun secara keseluruhan SK SNI 91' pasal 3.3.6 butir 4 mengatur apabila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 Mpa, penampang dengan momen negatif dan positif maksimum harus di proporsikan sedemikian sehingga nilai z yang diberikan oleh : $Z = f_s \sqrt{d_c} \times A$ tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar. Bila analisa elastis tidak dilakukan, f_s dapat diambil sebesar $0,60 \times f_y$.

Keterangan : d_c = jarak pusat tulangan tarik ke tepi luar dari suatu komponen



struktur beton

$A =$ Luas efektif beton tulangan tarik dibagi dengan jumlah
Tulangan

Contoh perhitungan :

$$A = 2 \times d_c \times s$$

$$= 2 \times 25 \times 250 = 12500$$

$$f_s = 60 \% \times f_y = 60 \% \times 240 = 144 \text{ Mpa}$$

$$Z = 144 \sqrt[3]{(25 \times 12500)} = 9771.903 \text{ N/mm}$$

$$= 9.772 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots \dots \text{jadi retak tidak perlu diperiksa}$$

8. Kontrol Lendutan

Menurut PBI '71 pasal 10.5.2, untuk pelat dengan bentang terpendek kurang dari 4,5 meter, lendutan tidak perlu diperiksa, asalkan tebal pelat lebih besar dari 1/35 kali panjang bentang terkecil dari pelat tersebut. Untuk pelat-pelat dengan panjang bentang terkecilnya kurang dari 450 cm lendutannya tidak perlu di hitung. Di dalam SK SNI '91 juga menyebutkan bahwa jika tebal pelat minimum yang dihitung dengan ke dua rumus SK SNI '91 pasal 3.2.5 butir 3 persamaan 3.2-12 dan 3.2-13 untuk pelat dua arah, batas lendutan yang diijinkan dapat di lihat pada table 3.2.5b SK SNI '91. Walaupun dengan memperhatikan alasan-alasan diatas bahwa kontrol lendutan tidak perlu dikontrol, penulis tetap mengontrol lendutan-lendutan tersebut.



4.2.2 Perhitungan Penulangan Pelat

4.2.2.1 Data Pembebanan

Perhitungan pembebanan untuk pelat lantai berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung 1983 :

a. Beban-beban pelat lantai 1-9 meliputi :

1. Beban mati (D_L)

- berat sendiri pelat	=	$0,12 \times 2400$	=	288	kg/m^2
- Plafon dan penggantung	=	$11 + 7$	=	18	kg/m^2
- spesi	=	3×21	=	63	kg/m^2
- tegel	=	$2,0 \times 24$	=	48	kg/m^2
- ducting AC dan pipa-pipa	=		=	<u>40</u>	kg/m^2
				457	kg/m^2

2. Beban hidup (L_L)

- lantai untuk perkuliahan	=		=	250	kg/m^2
----------------------------	---	--	---	-----	-----------------

3. Beban ultimate (Q_U)

$$\begin{aligned} Q_U &= 1,2 D_L + 1,6 L_L \\ &= (1,2 \times 457) + (1,6 \times 250) \\ &= 948,4 \text{ kg/m}^2 = 9484 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

b. Beban-beban pelat lantai atap meliputi :

1. Beban mati (D_L)

- berat sendiri pelat	=	$0,12 \times 2400$	=	288	kg/m^2
- Plafon dan penggantung	=	$11 + 7$	=	18	kg/m^2
- finishing	=	$2,0 \times 14$	=	28	kg/m^2
- ducting AC dan pipa-pipa	=		=	<u>40</u>	kg/m^2
				374	kg/m^2

2. Beban hidup (L_L)

- beban hidup atap	=		=	100	kg/m^2
- beban air hujan ($\alpha = 0^\circ$)	=		=	<u>20</u>	kg/m^2
				120	kg/m^2

3. Beban ultimate (Q_U)

$$\begin{aligned} Q_U &= 1,2 D_L + 1,6 L_L \\ &= 1,2 \times 374 + 1,6 \times 120 = 640,8 \text{ kg/m}^2 = 6408 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$



4.2.2.2 Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

- Perhitungan penulangan pelat dipakai "Metode Kekuatan Batas", sesuai dengan SK SNI '91 pasal 3.3.2. butir 7 adalah $f_c' = 30$ Mpa
- Diasumsikan bahwa semua perletakan pelat adalah jepit elastis keempat sisinya.
- Tebal rencana pelat = 12 cm
- Selimut beton decking = 20 mm
- Tulangan yang digunakan = D10
- Mutu tulangan baja (f_y) = 390 Mpa

Pelat Lantai Type B (Lantai 1 – Lantai 9)

$$L_x = 550 - 0,5 \times (35 + 35) = 515 \text{ cm}$$

$$L_y = 600 - 0,5 \times (40 + 40) = 560 \text{ cm}$$

$$L_y/L_x = 1,09 < 2 \text{ Pelat dua arah}$$



Gambar 4.4 Distribusi Pebebanan Pelat Lantai

Momen pelat diambil dari PBI 1971 tabel 13.3.2 :

1. Momen Arah Sumbu X

- Momen lapangan maksimum per meter lebar arah sumbu X

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times Q_U \times L_x^2 \times X \\ &= 0,001 \times 9484 \times 5,15^2 \times 45,2 = 11369,80 \text{ N-m} \end{aligned}$$

- Momen tumpuan maksimum per meter lebar arah sumbu X

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0,001 \times Q_U \times L_x^2 \times X \\ &= -0,001 \times 9484 \times 5,15^2 \times 45,2 = -11369,80 \text{ N-m} \end{aligned}$$

2. Momen Arah Sumbu Y



- Momen lapangan maksimum per meter lebar arah sumbu Y

$$M_{ly} = 0,001 \times Q_U \times Lx^2 \times X$$
$$= 0,001 \times 9484 \times 5,15^2 \times 45,7 = 11495,350 \text{ N-m}$$

- Momen tumpuan maksimum per meter lebar arah sumbu Y

$$M_{ty} = -0,001 \times Q_U \times Lx^2 \times X$$
$$= -0,001 \times 9484 \times 5,15^2 \times 45,7 = -11495,350 \text{ N-m}$$

Rasio penulangan maksimum dan minimum

$$\rho_{min} = 0,0030$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{240} \times \frac{600}{600 + 240} = 0,0645$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_{balance}$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times 0,0645$$
$$= 0,0484$$

A. Kebutuhan Tulangan Lapangan dan Tumpuan (Arah X)

- Momen Lapangan (M_{lx})

$$M_{ux} = 11369,80 \text{ N m}$$

$$d_x = 120 - 20 - 10/2 = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{11369,80 \times 1000}{0,8 \times 1000 \times 95^2} = 1,575$$

$$m = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,412$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{9,412} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,575 \times 15,29}{240}} \right) = 0,00678$$



karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$, maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0.00678$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0.00678 \times 1000 \times 95 \\ &= 644.1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dipasang tulangan, D10 – 120 ($A_{s\text{ada}} = 654.5 \text{ mm}^2$)

cek spasi maksimum

$$s < 2t$$

$$120 < 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \dots\dots \text{oke!}$$

- Momen Tumpuan (Mtx)

$$M_{u_x} = -11369.80 \text{ N m}$$

$$d_x = 120 - 20 - 10/2 = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{11369.80 \times 1000}{0.8 \times 1000 \times 95^2} = 1.575$$

$$m = \frac{240}{0.85 \times 30} = 9.412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9.412} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.575 \times 9.412}{240}} \right) = 0.00678$$

karena $\rho_{\text{perlu}} = 0.00678 > \rho_{\text{min}} = 0.0030$; maka,

$$\begin{aligned} \text{As Tulangan perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0.00678 \times 1000 \times 95 \\ &= 644.1 \text{ mm}^2 \\ (\text{As}_{\text{perlu}}) &= 644.1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As Tulangan minimum} &= \rho_{\text{min}} \times b \times d \\ &= 0.0030 \times 1000 \times 95 \\ &= 285 \text{ mm}^2 \\ (\text{As}_{\text{min}}) &= 285 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{As Tulangan maximum} &= \rho_{\max} \times b \times d \\ &= 0.0484 \times 1000 \times 95 \\ (\text{As}_{\max}) &= 4598 \text{ mm}^2. \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan D10 – 120 ($\text{As}_{\text{perlu}} = 654.5 \text{ mm}^2$)
cek spasi maksimum

$$s < 2 t$$

$$120 < 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \dots\dots \text{ oke !}$$

B. Kebutuhan Tulangan Lapangan dan Tumpuan (Arah Y)

- Momen Lapangan (Mly)

$$M_{u_y} = 11495.350 \text{ N m}$$

$$d_x = 120 - 20 - 10 - (0.5 \times 10) = 85 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{11495.350 \times 1000}{0.8 \times 1000 \times 85^2} = 1.988$$

$$m = \frac{240}{0.85 \times 30} = 9.412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9.412} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.988 \times 9.412}{240}} \right) = 0.00863$$

karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{perlu} :

$$\begin{aligned} \text{As} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0.00863 \times 1000 \times 85 \\ &= 733.55 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan D10 – 105 ($\text{As}_{\text{perlu}} = 748 \text{ mm}^2$)

cek spasi maksimum

$$s < 2 t$$

$$105 < 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \dots\dots \text{ oke !}$$



- Momen Tumpuan (Mty)

$$Mu_y = -11495.350 \text{ N m}$$

$$d_x = 120 - 20 - 10 - 10/2 = 85 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2}$$

$$Rn = \frac{11495.350 \times 1000}{0,8 \times 1000 \times 85^2} = 1.988$$

$$m = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9.412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn \times m}{fy}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9.412} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.988 \times 9.412}{240}} \right) = 0.00863$$

karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$: maka dipakai ρ_{perlu} :

$$\begin{aligned} \text{As Tulangan perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,00863 \times 1000 \times 85 \end{aligned}$$

$$(As_{\text{perlu}}) = 733.55 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{As Tulangan minimum} &= \rho_{\text{min}} \times b \times d \\ &= 0.0030 \times 1000 \times 85 \end{aligned}$$

$$(As_{\text{min}}) = 157.25 \text{ mm}^2.$$

$$\begin{aligned} \text{As Tulangan maximum} &= \rho_{\text{max}} \times b \times d \\ &= 0.0484 \times 1000 \times 85 \end{aligned}$$

$$(As_{\text{max}}) = 4114 \text{ mm}^2.$$

Jadi dipasang tulangan D10 – 105 ($As_{\text{perlu}} = 748 \text{ mm}^2$)

cek spasi maksimum

$$s < 2t$$

$$125 < 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \dots\dots \text{ oke !}$$

Perhitungan lainnya dapat dilihat dalam table 4.1



▪ Kontrol Retak Pada Pelat Lantai

$$\begin{aligned}d_c &= 20 + \frac{1}{2} \cdot \emptyset = 20 + \frac{1}{2} \cdot 10 = 25 \text{ mm} \\A &= 2 \times d_c \times s \\&= 2 \times 25 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} = 6000 \text{ mm}^2 \\f_s &= 60 \% \times f_y = 60 \% \times 240 = 144 \text{ Mpa} \\Z &= f_s \sqrt[3]{(d_c \times A)} \\&= 144 \sqrt[3]{(25 \times 6000)} = 7651.14 \text{ N/mm} \\&= 7.651 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \dots \dots \text{jadi retak tidak perlu diperiksa}\end{aligned}$$

4.2.2.3 Perhitungan Penulangan Pelat Atap

- Perhitungan penulangan pelat dipakai "Metode Kekuatan Batas", sesuai dengan SK SNI '91 pasal 3.3.2. butir 7 adalah $f_c' = 30 \text{ MPa}$
- Diasumsikan bahwa semua perletakan pelat adalah jepit elastis keempat sisinya.
- Tebal rencana pelat = 12 cm
- Selimut beton decking = 20 mm
- Tulangan yang digunakan = D10
- Mutu tulangan baja (f_y) = 390 Mpa

Pelat Atap Type B

$$L_x = 550 - 0,5 \times (35 + 35) = 515 \text{ cm}$$

$$L_y = 600 - 0,5 \times (40 + 40) = 560 \text{ cm}$$

$$L_y/L_x = 1,09 < 2 \text{ Pelat dua arah}$$





Momen pelat diambil dari PBI 1971 tabel 13.3.2 :

1. Momen Arah Sumbu X

- Momen lapangan maksimum per meter lebar arah sumbu X

$$\begin{aligned} Ml_x &= 0,001 \times Q_U \times Lx^2 \times X \\ &= 0,001 \times 6408 \times 5,15^2 \times 45,2 = 7682,020 \text{ N-m} \end{aligned}$$

- Momen tumpuan maksimum per meter lebar arah sumbu X

$$\begin{aligned} Mt_x &= -0,001 \times Q_U \times Lx^2 \times X \\ &= -0,001 \times 6408 \times 5,15^2 \times 45,2 = -7682,020 \text{ N-m} \end{aligned}$$

2. Momen Arah Sumbu Y

- Momen lapangan maksimum per meter lebar arah sumbu Y

$$\begin{aligned} Ml_y &= 0,001 \times Q_U \times Lx^2 \times X \\ &= 0,001 \times 6408 \times 5,15^2 \times 45,7 = 7766,997 \text{ N-m} \end{aligned}$$

- Momen tumpuan maksimum per meter lebar arah sumbu Y

$$\begin{aligned} Mt_y &= -0,001 \times Q_U \times Lx^2 \times X \\ &= -0,001 \times 6408 \times 5,15^2 \times 45,7 = -7766,997 \text{ N-m} \end{aligned}$$

Rasio penulangan maksimum dan minimum

$$\rho_{\min} = 0,0030$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{240} \times \frac{600}{600 + 240} = 0,0645$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \times 0,0645 \\ &= 0,0484 \end{aligned}$$

A. Kebutuhan Tulangan Lapangan dan Tumpuan (Arah X)

- Momen Lapangan (Ml_x)

$$Mu_x = 7682,020 \text{ N m}$$

$$d_x = 120 - 20 - 10/2 = 95 \text{ mm}$$



$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{7682.020 \times 1000}{0,8 \times 1000 \times 95^2} = 1,064$$

$$m = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9,412} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,064 \times 9,412}{240}} \right) = 0,00453$$

karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$, maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,00453$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,00453 \times 1000 \times 95 \\ &= 430,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dipasang tulangan, D10 – 180 → ($A_{\text{sada}} = 436,3 \text{ mm}^2$)

cek spasi maksimum

$$s < 2t$$

$$180 < 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \dots\dots \text{ oke !}$$

- Momen Tumpuan (Mtx)

$$M_{u_x} = - 7682.020 \text{ N m}$$

$$d_x = 120 - 20 - 10/2 = 95 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{7682.020 \times 1000}{0,8 \times 1000 \times 95^2} = 1,064$$

$$m = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$



$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9.412} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.064 \times 9.412}{240}} \right) = 0.00453$$

karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$; maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0.00453$

$$\begin{aligned} \text{As Tulangan perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0.00453 \times 1000 \times 95 \end{aligned}$$

$$(\text{As}_{\text{perlu}}) = 430.35 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{As Tulangan minimum} &= \rho_{\text{min}} \times b \times d \\ &= 0.0030 \times 1000 \times 95 \end{aligned}$$

$$(\text{As}_{\text{min}}) = 285 \text{ mm}^2.$$

$$\begin{aligned} \text{As Tulangan maximum} &= \rho_{\text{max}} \times b \times d \\ &= 0.0484 \times 1000 \times 95 \end{aligned}$$

$$(\text{As}_{\text{max}}) = 4598 \text{ mm}^2.$$

Jadi dipasang tulangan D10 – 180 ($\text{As}_{\text{sada}} = 436.3 \text{ mm}^2$)

cek spasi maksimum

$$s < 2t$$

$$180 < 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \dots\dots \text{ oke !}$$

B. Kebutuhan Tulangan Lapangan dan Tumpuan (Arah Y)

- Momen Lapangan (Mly)

$$\text{Mu}_y = 7766.997 \text{ N m}$$

$$d_x = 120 - 20 - 10 - 10/2 = 85 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{\text{Mu}}{\phi \times b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{7766.997 \times 1000}{0.8 \times 1000 \times 85^2} = 1.343$$

$$m = \frac{240}{0.85 \times 30} = 9.412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$



$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9.412} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.343 \times 9.412}{240}} \right) = 0.00575$$

karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$, maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0.00575$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0.00575 \times 1000 \times 85 \\ &= 488.75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dipasang tulangan, D10 – 160 \rightarrow ($A_{\text{sada}} = 490.9 \text{ mm}^2$)

cek spasi maksimum

$$s < 2t$$

$$160 < 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \dots\dots, \text{ oke !}$$

- Momen Tumpuan (Mty)

$$M_{u_y} = -7766.997 \text{ N m}$$

$$d_x = 120 - 20 - 10 - 10/2 = 85 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{7766.997 \times 1000}{0.8 \times 1000 \times 85^2} = 1.343$$

$$m = \frac{240}{0.85 \times 30} = 9.412$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{9.412} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.343 \times 9.412}{240}} \right) = 0.00575$$

karena $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$, maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0.00575$

$$\begin{aligned} A_s \text{ Tulangan perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0.00575 \times 1000 \times 85 \\ (A_{s\text{perlu}}) &= 488.75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\text{As Tulangan minimum} &= \rho_{\min} \times b \times d \\ &= 0.0030 \times 1000 \times 85 \\ (A_{s_{\min}}) &= 255 \text{ mm}^2.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As Tulangan maximum} &= \rho_{\max} \times b \times d \\ &= 0.0484 \times 1000 \times 85 \\ (A_{s_{\max}}) &= 4114 \text{ mm}^2.\end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan D10 – 160 ($A_{s_{\text{ada}}} = 490.9 \text{ mm}^2$)

cek spasi maksimum

$$s < 2t$$

$$160 < 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \dots\dots \text{oke !}$$

Perhitungan lainnya dapat dilihat dalam table 4.2

▪ Kontrol Retak Pada Pelat Atap

$$d_c = 20 + \frac{1}{2} \cdot \phi = 20 + \frac{1}{2} \cdot 10 = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}A &= 2 \times d_c \times s \\ &= 2 \times 25 \text{ mm} \times 160 \text{ mm} = 8000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$f_s = 60 \% \times f_y = 60 \% \times 240 = 144 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}Z &= f_s \sqrt[3]{(d_c \times A)} \\ &= 144 \sqrt[3]{(25 \times 8000)} = 8421.171 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

$$= 8.421 \text{ MN/m} < 25 \text{ MN/m} \dots\dots \text{jadi retak tidak perlu diperiksa}$$



4.3 Perencanaan Struktur Tangga

4.3.1 Preliminary Desain

Perencanaan tangga dapat mengambil beberapa macam alternatif, baik konstruksi maupun perletakkannya. Konstruksi tangga dapat direncanakan sebagai balok tipis, pelat (shell) maupun konstruksi balok dan pelat. Perbedaan asumsi ini akan terjadi pada konstruksi tangga tersebut.

Hal terpenting dalam perencanaan tangga adalah termasuk unsur struktur sekunder, dimana unsur struktur sekunder tidak boleh mempengaruhi kekakuan struktur utama di dalam menerima gaya-gaya utama. Dalam perencanaan ini tangga dimodelkan sebagai frame dengan dua tumpuan yaitu sendi pada ujung anak tangga atas/bawah dan rol pada ujung bordes. Pada tengah bordes diadakan siar dilatasi selebar 40 cm untuk memisahkan tangga kiri dan tangga kanan.

Syarat perencanaan injakan tangga adalah sebagai berikut :

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 62 \text{ cm}$$

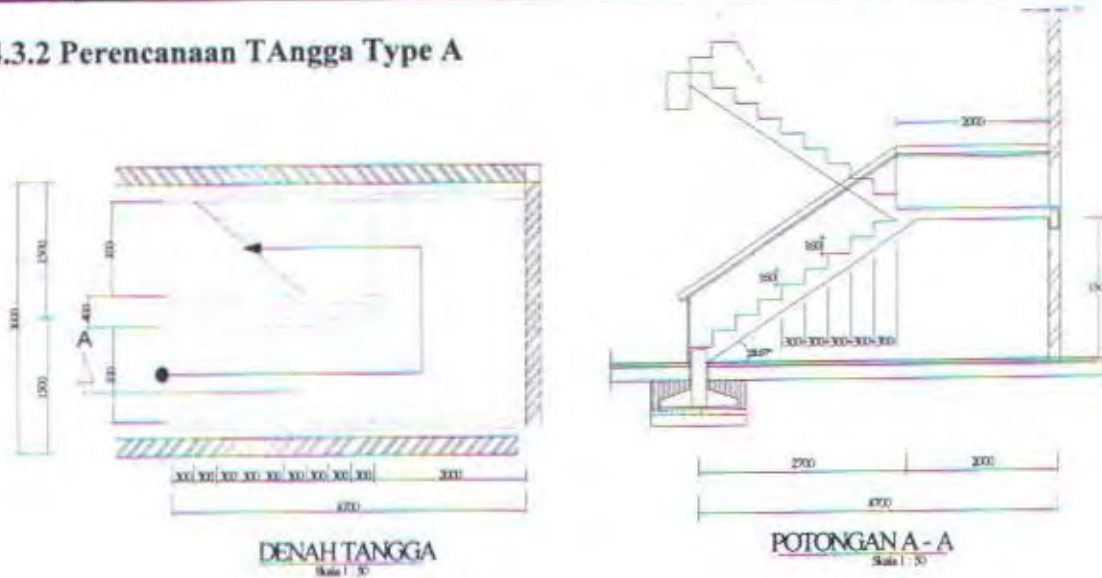
$$30^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$$

Dimana :

- t = Tinggi injakan
- α = Sudut kemiringan tangga
- i = Lebar injakan



4.3.2 Perencanaan Tangga Type A



Gambar 4.5 Denah Perencanaan Tangga

Data-data Perencanaan Tangga :

Persyaratan perencanaan tangga : $60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 62 \text{ cm}$

Direncanakan : $i = 30 \text{ cm}$

$$\Delta h = 300 \text{ cm}$$

$$\text{maka : } 2t + i = 62$$

$$2.t + 30 = 62$$

$$t = 16 \text{ cm}$$

- Beda tinggi lantai ke bordes = $300/2 = 150 \text{ cm}$
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi injakan (t) = 16 cm
- Jumlah Tanjakan = $150/16 = 9.37 \approx 9 \text{ buah}$
- Jumlah Injakan = $9-1 = 8 \text{ injakan}$
- Tebal pelat tangga = 15 cm
- Tebal pelat bordes = 15 cm
- Panjang tangga = 270 cm
- Lebar bordes = 220 cm
- Lebar tangga = 100 cm
- Kemiringan tangga (α) = $\text{arc tg} (16/30) = 28.07^\circ$
- Tebal injakan rata-rata = $(\frac{1}{2}i) \sin \alpha = \frac{1}{2} \times 30 \sin 28.07^\circ = 7.06 \text{ cm}$





4.3.2.1. Pembebanan

4.3.2.1.1 Pembebanan Tangga

☞ **Beban Mati**

$$\begin{aligned} \text{Pelat tangga} &= 0,15 \times 1 \text{ m} \times (\cos 28.07^\circ)^{-1} \times 2400 \text{ kg/m}^3 &= 408 \text{ kg/m} \\ \text{Tebal injakan} &= 0,070 \times 1 \text{ m} \times (\cos 28.07^\circ)^{-1} \times 2400 \text{ kg/m}^3 &= 190.40 \text{ kg/m} \\ \text{Spesi (t = 2 cm)} &= 2 \times 1 \text{ m} \times 21 \text{ kg/m}^2 &= 42 \text{ kg/m} \\ \text{Tegel (t = 2 cm)} &= 2 \times 1 \text{ m} \times 24 \text{ kg/m}^2 &= 48 \text{ kg/m} + \\ && \underline{\hspace{10em}} \\ q_{DT} &= 688.40 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

☞ **Beban Hidup**

$$\text{Beban Hidup} = 1 \text{ m} \times 400 \text{ kg/m}^2 \qquad q_{LT} = 400 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Ultimate} &= 1,2 q_{DT} + 1,6 q_{LT} \\ &= (1,2 \times 688.40) + (1,6 \times 400) &= 1466.08 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

4.3.2.1.2 Pembebanan Bordes

☞ **Beban Mati**

$$\begin{aligned} \text{Pelat bordes} &= 0,15 \times 1 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 &= 360 \text{ kg/m} \\ \text{Spesi (t = 2 cm)} &= 2 \times 1 \text{ m} \times 21 \text{ kg/m}^2 &= 42 \text{ kg/m} \\ \text{Tegel (t = 2 cm)} &= 2 \times 1 \text{ m} \times 24 \text{ kg/m}^2 &= 48 \text{ kg/m} + \\ && \underline{\hspace{10em}} \\ q_{DB} &= 450 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

☞ **Beban Hidup**

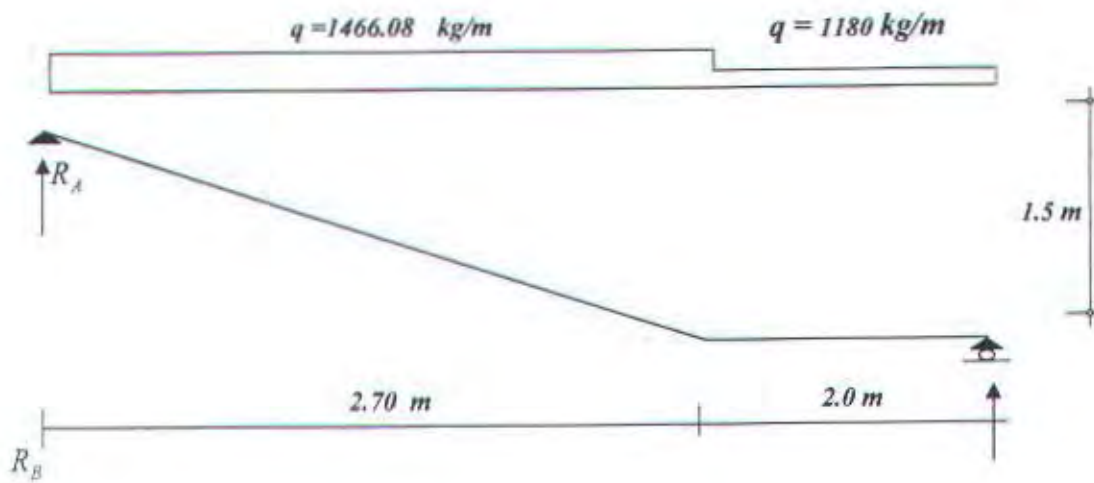
$$\text{Beban Hidup} = 1 \text{ m} \times 400 \text{ kg/m}^2 \qquad q_{LB} = 400 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Ultimate} &= 1,2 q_{DB} + 1,6 q_{LB} \\ &= (1,2 \times 450) + (1,6 \times 400) &= 1180 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

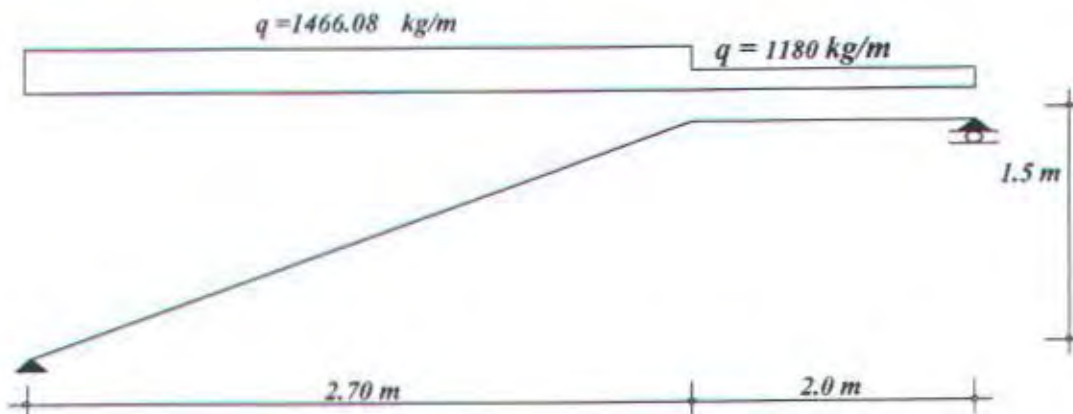


4.3.2.2 Perhitungan Bidang M, N dan D

Sketsa Pembebanan Tangga Atas



Sketsa Pembebanan Tangga Bawah





Perhitungan bidan Momen, Lintang dan Normal menggunakan SAP 2000 v.8

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 30 \text{ Mpa} & \rho_{\min} &= 1,4 / f_y & &= 0,00467 \\
 f_y &= 390 \text{ Mpa} & \rho_{\max} &= 0,75 \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot 0,85 \cdot 600 / f_y / (600 + f_y) & &= 0,036 \\
 t &= 150 \text{ mm} & m &= f_y / (0,85 \cdot f_c') & &= 15,29 \\
 d &= 124 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Mu (kgm)	Rn	m	ρ_{\min}	ρ_{\max}	ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As = $\rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$ (mm ²)	Pasang
4603.9	3.743	15.29	0.00359	0.025	0.01043	0.0090	1293.13	D12 - 85
4026.3	3.273	15.29	0.00359	0.025	0.00901	0.0090	1117.76	D12 - 100

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n m}{f_y}} \right) \qquad R_n = \frac{M_u}{0,8 b d}$$

4.3.2.3 Perhitungan penulangan pelat tangga

Dari perhitungan manual diatas diperoleh output gaya dalam dengan harga-harga maksimum sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_{\max} \text{ Pada } D = 0 \text{ adalah} \qquad M_{\max} &= 4603,91 \text{ kg-m} \\
 &= 4.60391 \times 10^7 \text{ N-mm}
 \end{aligned}$$

Data perencanaan penulangan pelat tangga :

1. tebal pelat tangga = 150 mm
2. selimut beton = 20 mm
3. diameter tulangan utama = D12
4. d = 150 - 20 - (1/2) x 12 = 124 mm

Metoda perhitungan penulangan pada elemen tangga adalah metoda kekuatan batas.

Adapun batasan-batasan yang ditetapkan adalah :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{390} = 0,00359
 \end{aligned}$$



$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{390} \times \frac{600}{600 + 390} = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_{balance}$$

$$\begin{aligned}\rho_{maks} &= 0,75 \times 0,034 \\ &= 0,0255\end{aligned}$$

- **Penulangan arah x**

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{4,60391 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 124^2} = 3,743$$

$$m = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,29$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,29} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,743 \times 15,29}{390}} \right) = 0,0104$$

karena $\rho_{perlu} > \rho_{min} = 0,0104$ maka dipakai ρ_{perlu}

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{perlu} \times b \times d \\ &= 0,0104 \times 1000 \times 124 \\ &= 1289,6 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

dipasang tulangan, D12 – 85 \rightarrow ($A_{sada} = 1330,6 \text{ mm}^2$)

- **Penulangan arah y**

Direncanakan sebagai pelat satu arah maka penulangan arah y adalah tulangan pembagi dengan jumlah tulangan :

$$\begin{aligned}\text{Tulangan pembagi} &= 0,002 \times A_{bruto} \\ &= 0,002 \times 1000 \times 150 \\ &= 300 \text{ mm}^2\end{aligned}$$



Dipasang tulangan, **D10-200 mm** ($A_{sada} = 393 \text{ mm}^2$)

- **Penulangan geser**

$$V_u = 3312.81 \text{ kg}$$

Sumbangan kekuatan geser beton menurut SKSNI '91

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 124 \\ &= 67917,597 \text{ N} = 6792 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u = 3312.81 \text{ kg} < \phi V_c = 6792 \text{ kg} \longrightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$$

Untuk seluruh elemen-elemen pada tangga didapatkan bahwa gaya geser yang terjadi adalah dibawah kekuatan geser beton sehingga tidak diperlukan tulangan geser untuk menambah kekuatan.

4.3.2.4 Perhitungan penulangan pelat bordes

Dari perhitungan manual diatas diperoleh output gaya dalam dengan harga-harga maksimum sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{max} &= 4026.31 \text{ kg-m} \\ &= 4.2631 \times 10^7 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

Data perencanaan penulangan pelat tangga :

1. tebal pelat tangga = 150 mm
2. selimut beton = 20 mm
3. diameter tulangan utama = D12
4. d = $150 - 20 - (1/2) \times 12 = 124 \text{ mm}$

Metoda perhitungan penulangan pada elemen tangga adalah metoda kekuatan batas. Adapun batasan- batasan yang ditetapkan adalah :

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390} = 0,00359$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$



$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{390} \times \frac{600}{600 + 390} = 0,034$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_{balance}$$

$$\begin{aligned}\rho_{maks} &= 0,75 \times 0,034 \\ &= 0,0255\end{aligned}$$

- **Penulangan arah x**

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2}$$

$$Rn = \frac{4.02631 \times 10^7}{0,8 \times 1000 \times 124^2} = 3.273$$

$$m = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,29$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn \times m}{fy}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,29} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3.273 \times 15,29}{390}} \right) = 0,00901$$

karena $\rho_{perlu} > \rho_{min} = 0,00901$ maka dipakai ρ_{perlu}

$$\begin{aligned}As &= \rho_{perlu} \times b \times d \\ &= 0,00901 \times 1000 \times 124 \\ &= 1117,24 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

dipasang tulangan, D12 – 100 → ($A_{sada} = 1131 \text{ mm}^2$)

- **Penulangan arah y**

Direncanakan sebagai pelat satu arah maka penulangan arah y adalah tulangan pembagi dengan jumlah tulangan :

$$\begin{aligned}\text{Tulangan pembagi} &= 0,002 \times A_{bruto} \\ &= 0,002 \times 1000 \times 150 \\ &= 300 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan, D10-200 mm → ($A_{sada} = 393 \text{ mm}^2$)



- **Penulangan geser**

$$V_u = 3215.38 \text{ kg}$$

Sumbangan kekuatan geser beton menurut SKSNI '91

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

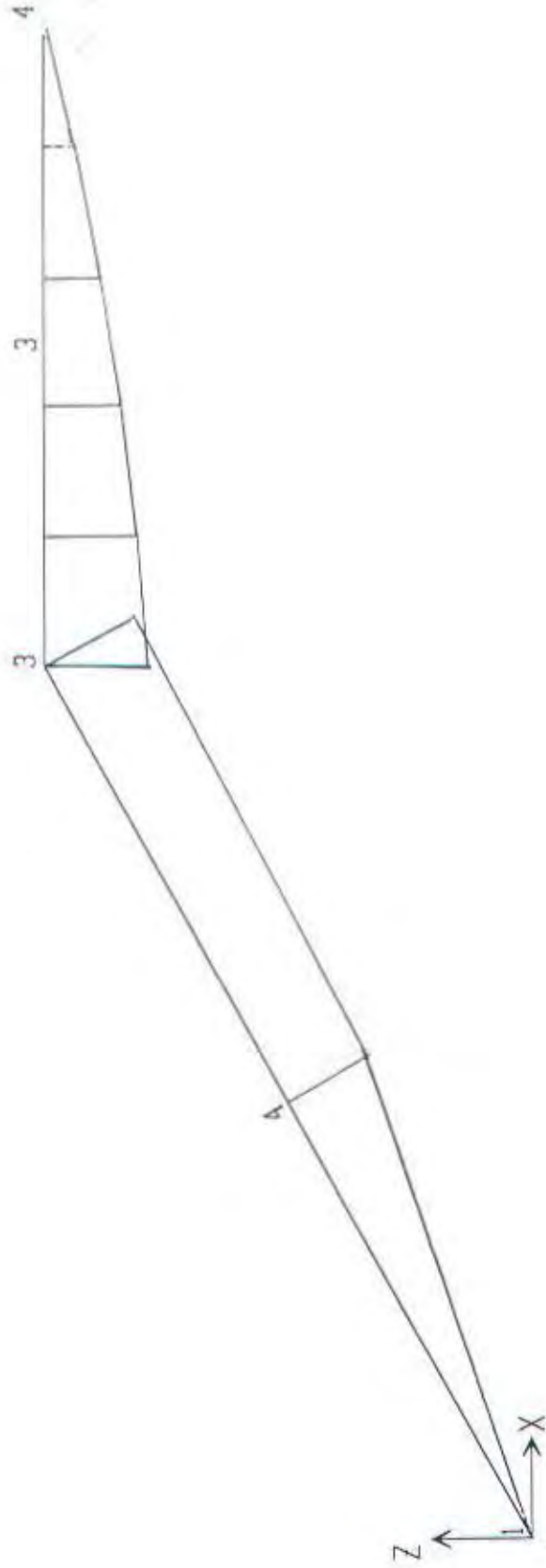
$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 1000 \times 124 \\ &= 67917,597 \text{ N} = 6792 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u = 3215.38 \text{ kg} < \phi V_c = 6792 \text{ kg} \longrightarrow \text{tidak perlu tulangan geser}$$

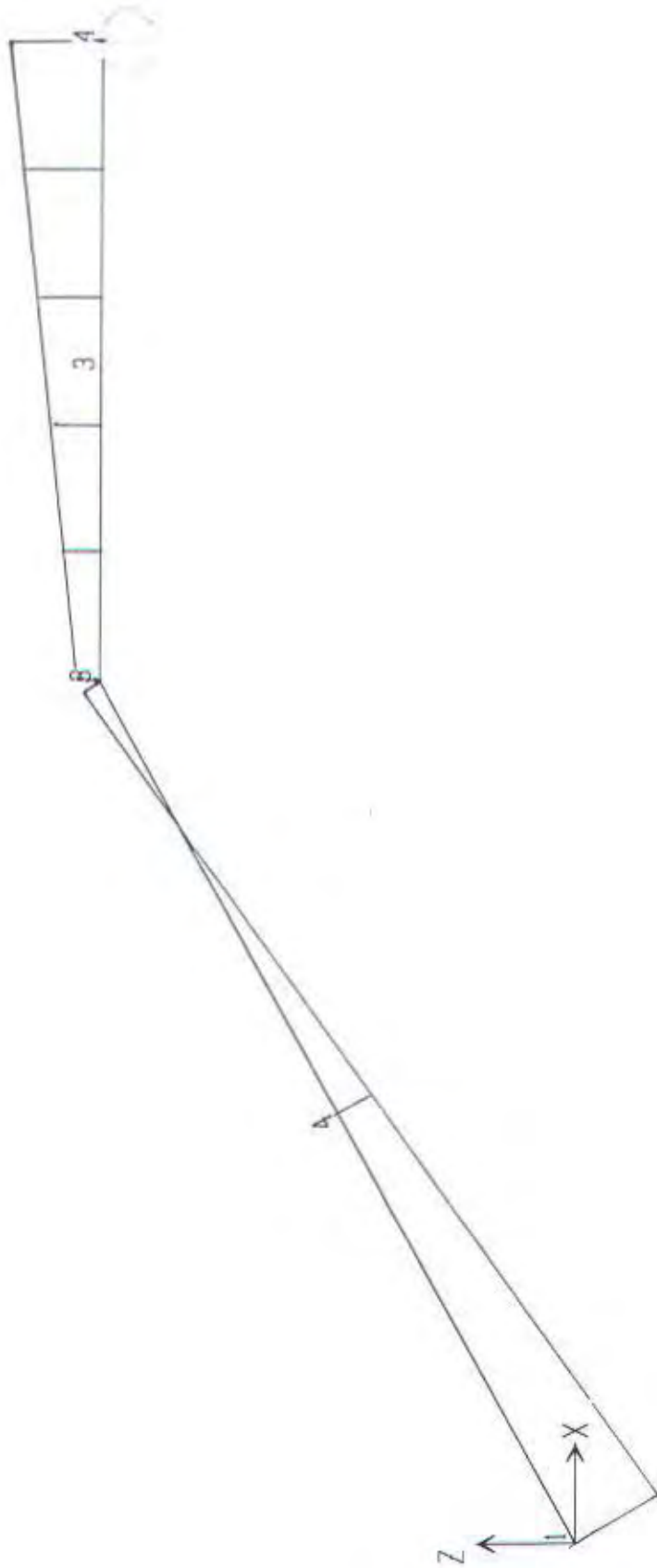
Untuk seluruh elemen-elemen pada tangga didapatkan bahwa gaya geser yang terjadi adalah dibawah kekuatan geser beton sehingga tidak diperlukan tulangan geser untuk menambah kekuatan.

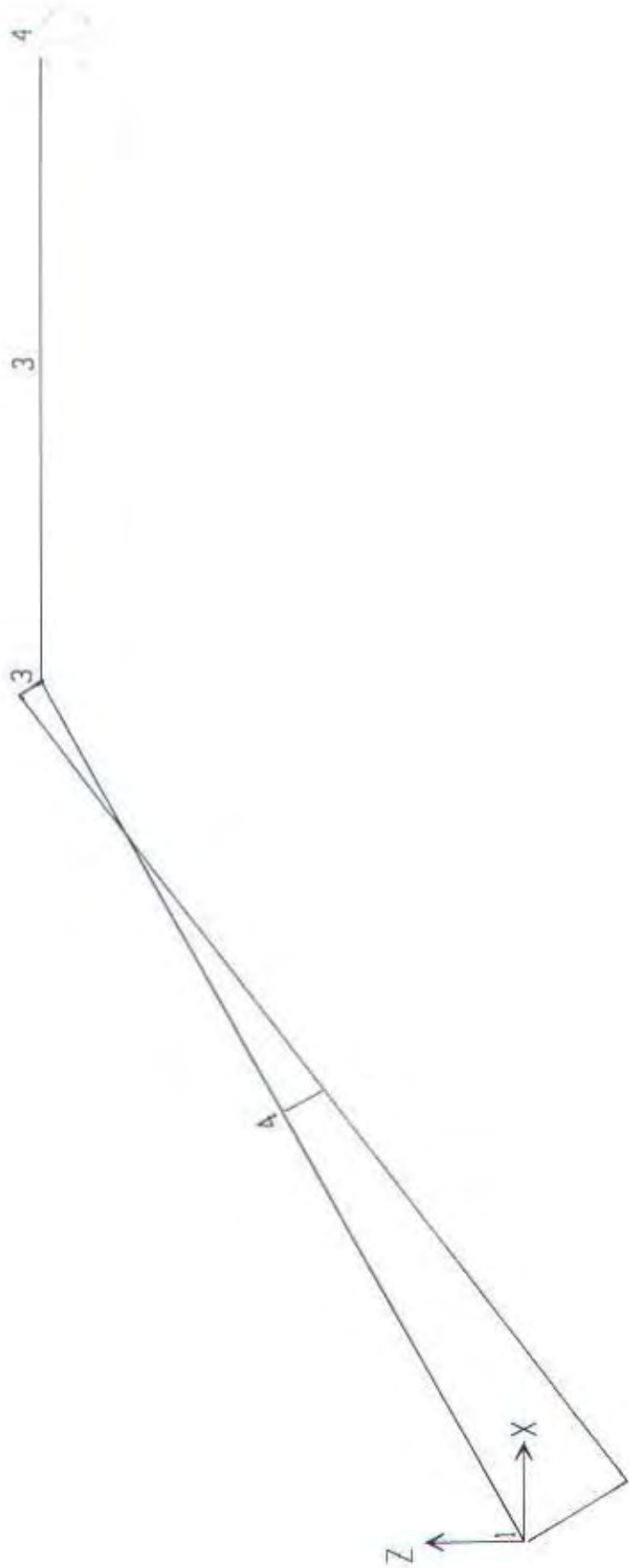


TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
3	0.000	DEAD	LinStatic	0	426.62	0	0	0	1795.56
3	0.401	DEAD	LinStatic	0	614.62	0	0	0	1587.04
3	0.801	DEAD	LinStatic	0	802.62	0	0	0	1303.23
3	1.202	DEAD	LinStatic	0	990.62	0	0	0	944.12
3	1.602	DEAD	LinStatic	0	1178.62	0	0	0	509.71
3	2.003	DEAD	LinStatic	0	1366.62	0	0	0	9.592E-13
3	0.000	COMB1	Combination	0	511.94	0	0	0	2154.67
3	0.401	COMB1	Combination	0	737.54	0	0	0	1904.45
3	0.801	COMB1	Combination	0	963.14	0	0	0	1563.87
3	1.202	COMB1	Combination	0	1188.75	0	0	0	1132.94
3	1.602	COMB1	Combination	0	1414.35	0	0	0	611.65
3	2.003	COMB1	Combination	0	1639.95	0	0	0	1.151E-12
3	0.000	COMB2	Combination	0	805.72	0	0	0	4026.31
3	0.401	COMB2	Combination	0	1287.65	0	0	0	3607.09
3	0.801	COMB2	Combination	0	1769.59	0	0	0	2994.85
3	1.202	COMB2	Combination	0	2251.52	0	0	0	2189.59
3	1.602	COMB2	Combination	0	2733.45	0	0	0	1191.31
3	2.003	COMB2	Combination	0	3215.38	0	0	0	-8.384E-13
4	0.000	DEAD	LinStatic	-855.11	-1536.17	0	0	0	-9.095E-13
4	1.543	DEAD	LinStatic	-323.81	-581.71	0	0	0	1634.32
4	3.087	DEAD	LinStatic	207.5	372.76	0	0	0	1795.56
4	0.000	COMB1	Combination	-1026.13	-1843.41	0	0	0	-1.091E-12
4	1.543	COMB1	Combination	-388.57	-698.05	0	0	0	1961.18
4	3.087	COMB1	Combination	249	447.31	0	0	0	2154.67
4	0.000	COMB2	Combination	-1844.07	-3312.81	0	0	0	-1.091E-12
4	1.543	COMB2	Combination	-726.1	-1304.4	0	0	0	3562.99
4	3.087	COMB2	Combination	391.88	704	0	0	0	4026.31



SAP2000 v8.0.8 - File:tanningga - Moment 3-3 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units







4.4 Perencanaan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder, sehingga bukan merupakan elemen yang menerima gaya lateral, tetapi lebih berfungsi sebagai struktur yang mendukung beban gravitasi unsur lain yang berhubungan dengannya, misalnya beban pelat serta menyalurkan beban-beban tersebut pada struktur utama. Selain itu balok anak juga berfungsi sebagai pengaku pelat sehingga benar-benar horisontal dan kaku pada bidangnya. Kegunaan balok anak yang lainnya adalah untuk memperkecil lendutan pada pelat sehingga dapat memperkecil ketebalan pelat sehingga dalam perencanaannya lebih ekonomis.

Dalam perencanaan balok anak akan dibahas mengenai cara mencari gaya-gaya dalam dari balok anak yang dipakai untuk perencanaan tulangan pada balok anak, baik tulangan lentur, geser dan torsi serta terhadap kontrol lendutan serta retak.

4.4.1 Pembebanan Pada Balok Anak

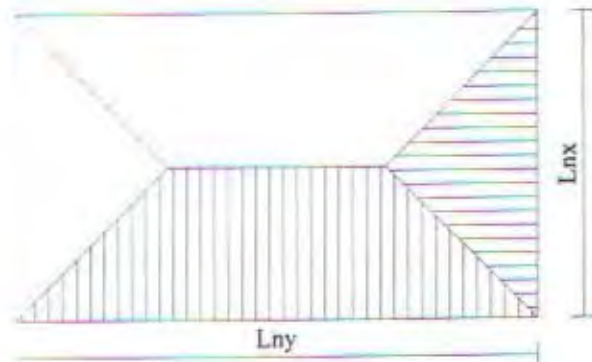
Beban-beban yang bekerja pada balok anak tersebut adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai beban segitiga pada lajur yang pendek serta beban trapesium pada lajur yang panjang. Beban-beban berbentuk trapesium maupun segitiga tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekuivalen dengan menyamakan momen maksimumnya.

Adapun beban-beban yang diperhitungkan dalam perencanaan ini adalah :

- Beban mati pelat lantai : 457 kg/m²
- Beban mati pelat atap : 374 kg/m²
- Beban hidup pelat lantai : 250 kg/m²
- Beban hidup pelat atap : 120 kg/m²



Adapun perumusan beban ekuivalen dapat diturunkan sebagai berikut :



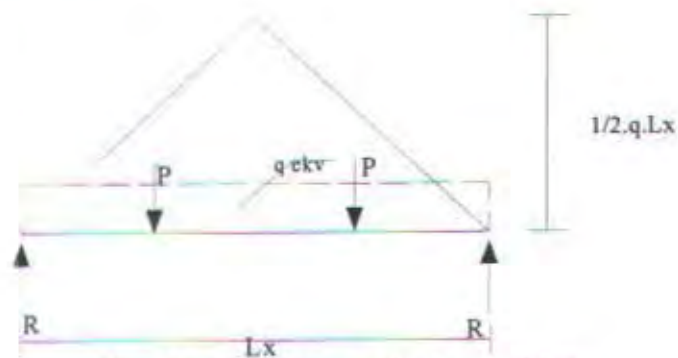
Beban pada pelat adalah = $q \text{ kg/m}^2$

Gambar 4.6 Distribusi beban ekuivalen pelat

4.4.1.1 Tipe-Tipe Pembebanan Pada Balok

Variasi pembebanan dan beban ekuivalen yang terjadi pada perhitungan balok anak ini antara lain :

1. Beban ekuivalen segitiga



Gambar 4.7 Beban ekuivalen segitiga

$$P = q \times \frac{1}{2} \times Lx$$

$$P1 = P \times \frac{1}{2} \times Lx \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \times P \times Lx$$

Berdasarkan Mmax

$$M'_{\max} = P1 \times (1/2 \times Lx) - P1 \times (1/3 \times \frac{1}{2} \times Lx)$$

$$= P1 \times (\frac{1}{2} \times Lx - \frac{1}{6} \times Lx)$$

$$= \frac{1}{3} \times (\frac{1}{4} \times P \times Lx) \times Lx$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times q_{ek} \times Lx^2$$



$$M'_{\max} = M_{\max}$$

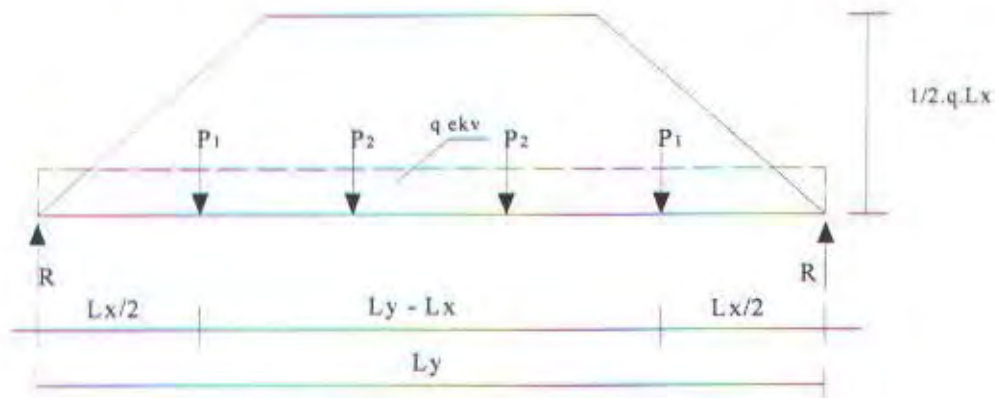
$$1/12 \times P \times L_x = 1/8 \times q_{ek} \times L_x^2$$

$$q_{ek} = 2/3 \times P$$

$$= 2/3 \times 1/2 \times q \times L_x$$

$$= 1/3 \times q \times L_x$$

2. Beban ekuivalen trapesium



Gambar 4.8 Beban ekuivalen trapesium

$$P = 1/2 \times L_x \times q$$

$$P_1 = P \times 1/2 \times L_x \times 1/2 = 1/4 \times P \times L_x$$

$$P_2 = P \times 1/2 \times (L_y - L_x)$$

$$R = P_1 + P_2$$

$$= 1/4 \times P \times L_x + 1/2 \times P \times (L_y - L_x)$$

$$= 1/4 \times P \times \{L_x + 2 \times (L_y - L_x)\}$$

berdasarkan M_{\max}

$$M'_{\max} = R \times 1/2 \times L_y - P_1 \times (1/2 \times L_y - 2/3 \times 1/2 \times L_x) - P_2 \times 1/2 \times 1/2 \times (L_y - L_x)$$

$$= 1/8 \times P \times \{L_x + 2 \times (L_y - L_x)\} \times L_y - 1/4 \times P \times L_x \times (1/2 \times L_y - 1/3 \times L_x) - P \times$$

$$1/8 \times (L_y - L_x) \times (L_y - L_x)$$

$$= (1/8 \times L_y^2 - 1/24 \times L_x^2) \times P$$

$$M_{\max} = 1/8 \times q_{ek} \times L_x^2$$



$$M'_{ek} = M_{max}$$

$$(1/8 \times L_y^2 - 1/24 \times L_x^2) \times P = 1/8 \times q_{ek} \times L_y^2$$

$$(3 \times L_y^2 - L_x^2) \times P = 3 \times q_{ek} \times L_y^2$$

$$q_{ek} = \{1 - 1/3 \times (L_x^2/L_y^2)\} \times P$$

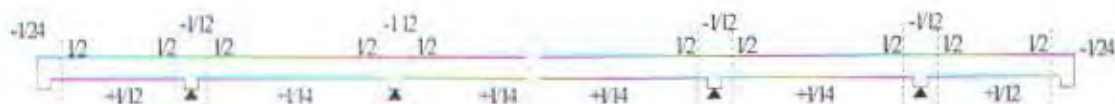
$$= 1/2 \times q \times L_x \times \{1 - 1/3 \times (L_x/L_y)^2\}$$

4.4.1.2 Pembebanan Pada Balok Anak

Dasar-dasar Perencanaan:

Dalam hal ini lajur menerus balok anak dianalisa sesuai dengan ketentuan yang ada di dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 menurut pasal 13.2. Besarnya momen-momen pada tumpuan dan lapangan dapat dilihat pada ikhtisar berikut :

Lajur menerus untuk 10 bentang:



4.4.2 Perhitungan Penulangan Balok Anak

Penulangan balok anak meliputi penulangan lentur, penulangan geser dan kontrol lendutan, sedangkan tulangan torsi hanya dipasang minimum karena pada prinsipnya untuk balok anak interior tidak pernah menerima torsi.

4.4.2.1 Penulangan Lentur Balok Anak

a. Dasar-Dasar Perencanaan

Penulangan lentur untuk momen negatif pada daerah tumpuan dihitung dengan menganggap penampang balok adalah penampang persegi, sedangkan perhitungan lentur pada daerah lapangan, apabila balok dicor monolit dengan pelat adalah memakai prosedur desain konstruksi balok T dengan penentuan lebar flens menurut SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.1.10.



Kekuatan nominal dari suatu komponen struktur untuk memikul beban lentur dan aksial didasarkan pada asumsi yang diberikan dalam SKSNI-T-15-1991-03 pasal 3.3.2. ayat 2 sampai 7 pada yaitu:

1. Regangan dalam tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding langsung dengan jarak dari sumbu netral, kecuali untuk komponen struktur lentur tinggi dengan rasio tinggi total terhadap bentang bersih yang lebih besar dari 2/5 untuk bentang terus menerus dan lebih besar dari 4/5 untuk balok dengan tumpuan sederhana, harus digunakan distribusi regangan non-linier (SKSNI-1991 pasal 3.2.2 butir 2)
2. Regangan maksimum yang dapat digunakan pada serat beton tekan terluar harus diasumsikan sama dengan 0,003 (SKSNI-1991 pasal 3.2.2 butir 3)
3. Tegangan dalam tulangan dibawah kuat leleh yang ditentukan f_y untuk mutu tulangan yang digunakan harus diambil sebesar E_s dikalikan regangan baja ($f_s = E_s \times \epsilon_s$). Untuk regangan yang lebih besar dari regangan yang memberikan f_y tegangan pada tulangan harus dianggap tidak bergantung pada regangan dan sama dengan f_y (SKSNI-1991 pasal 3.3.2 butir 4).
 - Bila ($\epsilon_s \leq \epsilon_y$) \rightarrow maka : ($f_s = E_s \times \epsilon_s$)
 - Bila ($\epsilon_s > \epsilon_y$) \rightarrow maka : $f_s = f_y$
4. Dalam perhitungan lentur beton bertulang kuat tarik beton harus diabaikan (SKSNI-1991 pasal 3.3.2 butir 5).
5. Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton boleh diasumsikan berbentuk persegi, trapesium, parabola atau bentuk lainnya yang menghasilkan perkiraan kekuatan yang cukup baik bila dibandingkan dengan hasil penyelidikan yang lebih menyeluruh (SKSNI-1991 pasal 3.3.2 butir 6).



6. Kekuatan dari point 5 diatas boleh dianggap dipenuhi oleh suatu distribusi tegangan beton persegi ekuivalen yang didefinisikan sebagai berikut :
(SKSNI—1991 pasal 3.3.2 butir 7) :

1. Tegangan beton sebesar $0,85 f_c'$ harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar dengan sumbu netral sejarak $a = \beta_1 \cdot c$ dari serat dengan regangan tekan maksimum.
 2. Jarak c dari serat dengan regangan maksimum ke sumbu netral harus diukur dalam arah tegak lurus terhadap sumbu tersebut.
- Faktor β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan beton f_c' hingga atau sama dengan 30 Mpa. Untuk kekuatan diatas 30 Mpa, β_1 harus direduksi secara menerus sebesar 0,008 untuk setiap kelebihan 1 Mpa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65.

$$\text{Untuk } f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85$$

$$\text{Untuk } f_c' \geq 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30) \geq 0,65$$

b. Kondisi regangan berimbang dan batas rasio penulangan.

Definisi regangan berimbang pada suatu penampang adalah suatu kondisi dimana tulangan tarik mencapai tegangan leleh yang disyaratkan (f_y) pada saat yang bersamaan dengan bagian beton yang tertekan mencapai regangan batas sebesar 0,003.

Jika rasio tulangan beton terpasang lebih besar dari keadaan berimbang tersebut di atas maka letak garis netral beton akan turun sehingga regangan beton di daerah tekan akan lebih besar dari regangan batas beton yang disyaratkan pada tulangan tarik mencapai lelehnya. Jadi beton di daerah tekan akan hancur lebih dahulu sebelum tulangan tarik meleleh. Pola keruntuhan semacam ini sedapat mungkin harus dihindari karena pola keruntuhannya bersifat mendadak.



Sebaliknya diusahakan pola keruntuhan beton harus secara daktail yaitu beton harus menunjukkan deformasi yang cukup besar sebelum tercapainya kekuatan runtuhnya sehingga secara dini akan tampak bahwa komponen struktur tersebut sudah membahayakan.

Berikut ini diberikan harga rasio penulangan pada keadaan berimbang (ρ_b), harga rasio penulangan maksimum (ρ_{max}), dan rasio tulangan minimum (ρ_{min}), dari balok berpenampang persegi dengan tulangan tunggal :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$
$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

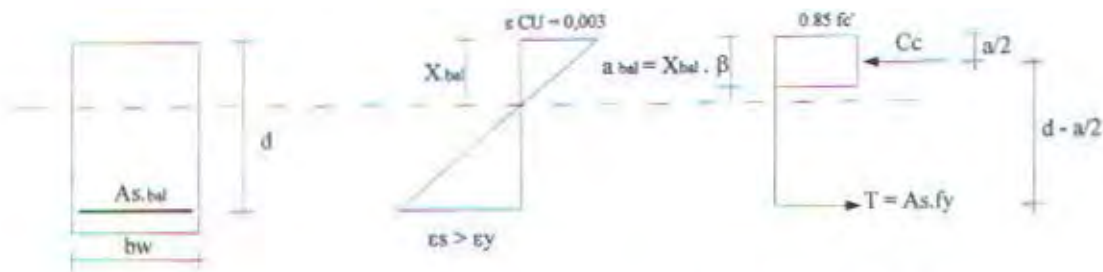
Batasan penulangan minimum di atas diberikan untuk pertimbangan ekonomis beton. Jika tulangan terpasang lebih kecil dari tulangan minimum yang disyaratkan maka pada saat tercapainya kekuatan nominal dari suatu komponen struktur beton. Otomatis tegangan tekan yang terjadi pada beton sangat kecil dibandingkan dengan kekuatan hancur beton sehingga kekuatan beton seolah-olah tidak dimanfaatkan untuk menunjang kekuatan komponen struktur tersebut.

Penampang persegi direncanakan hanya menggunakan tulangan tarik saja. Penambahan tulangan tekan baru diperhitungkan bila rasio tulangan tarik yang diperlukan melebihi rasio tulangan maksimum yang disyaratkan atau dengan kata lain bila momen yang terjadi melebihi kapasitas momen yang dapat ditahan oleh tulangan tarik saja.



Kuat Lentur Penampang Persegi Empat

a. Balok Persegi Tulangan Tunggal



Gambar 4.9 Tegangan Penampang Balok Persegi Tulangan Tunggal

Kegagalan seimbang (SK SNI '91 pasal 3.3.3 butir 2) :

Kondisi seimbang terjadi pada penampang ketika tulangan tarik tepat mencapai tegangan lelehnya (f_y) pada saat bersamaan bagian beton yang tertekan mencapai regangan batas (asumsi sebesar 0,003)

- Kegagalan tekan :

Over reinforced (bahaya) : - $A_s > A_{sbal}$

- $X > X_{bal}$

- $\epsilon_s < \epsilon_y$

Under reinforced (aman) : - $A_s < A_{sbal}$

- $X < X_{bal}$

- $\epsilon_s > \epsilon_y$

- Rasio tulangan :

Untuk menjamin terjadinya kondisi keruntuhan tarik (SK SNI '91) pasal 3.3.3 butir 3

Disyaratkan : $\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{bal}$

ρ_{bal} didapat dari penurunan rumus :

$$\frac{X_{bal}}{d} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_s} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \frac{f_y}{E_s}} = \frac{0,003}{0,003 + \frac{f_y}{2 \times 10^5}} = \frac{600}{600 + f_y}$$

kesetimbangan gaya

$$T = C_c$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f_c' \times a_{bal} \times b_w$$



$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} \quad \rho_{bal} = \frac{0,85 \times f_c' \times a_{bal}}{f_y \times d} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{a_{bal}}{d}$$

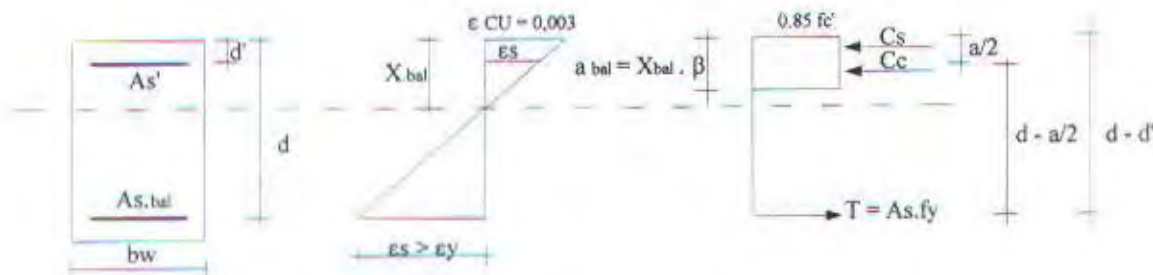
$$\rho_{bal} = \frac{\beta_1 \times 0,85 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

Sehingga dapat disimpulkan :

Keruntuhan seimbang sulit dicapai sehingga diusahakan kondisi keruntuhan tarik yang terjadi karena dapat memberikan peringatan berupa lendutan

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{mas}$$

b. Balok Persegi Tulangan Ganda



Gambar 4.10 Tegangan Penampang Balok Persegi Tulangan Ganda

$$\frac{X_{bal}}{d} = \frac{600}{600 + f_y}$$

$$X_{bal} = \frac{600}{600 + f_y} \cdot xd$$

$$X_{max} = 0,75 \times X_{bal} \rightarrow X_{max} = 0,75 \times \frac{600}{600 + f_y} \cdot xd$$

$$a_{max} = \beta_1 \times X_{max}$$

Jika dianggap tulangan tarik saja yang bekerja, dari keadaan kesetimbangan gaya-gaya horizontal di dapat :

$$\Sigma H = 0 \rightarrow T_1 = A_s l \times f_y$$

$$A_s l = \frac{C_{max}}{F_y}$$



Momen maksimum yang dapat dipikul tulangan tarik saja :

$$\begin{aligned} M_{n1} &= T1 \times \left(d - \frac{a_{\max}}{2} \right) \\ &= Cc_{\max} \times \left(d - \frac{a_{\max}}{2} \right) \end{aligned}$$

Momen sisa :

$$M_{n2} = M_n - M_{n1}$$

Gaya yang harus ditahan tulangan tekan :

$$C_{\text{perlu}} = \frac{M_{n2}}{d - d'}$$

Dalam hal ini, keadaan tulangan tekan harus diperiksa apakah dalam keadaan leleh atau belum leleh :

- Tulangan tekan leleh

Tulangan tekan dapat dikatakan leleh jika :

Regangan yang terjadi melebihi atau sama dengan regangan dalam keadaan leleh.

$$\epsilon'_s = \frac{X_{\max} - d'}{X_{\max}} \times 0,003 \geq \epsilon_y \quad \text{dimana : } \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

dalam keadaan ini luas tulangan tekan adalah

$$A_s' = \frac{C_{\text{perlu}}}{f_y - 0,85 \times f_c'}$$

Luas tulangan tarik : $A_s = A_{s1} + A_s'$

- Tulangan tekan belum leleh

jika $\epsilon'_s < \epsilon_y$

Luas tulangan yang dibutuhkan dimana tegangan dalam tulangan dalam keadaan belum leleh tersebut harus diambil sebesar E_s dikalikan regangan yang terjadi.

$$\epsilon'_s = \frac{X_{\max} - d'}{X_{\max}} \times 0,003 < \epsilon_y \quad \text{jadi : } f_s' = \epsilon'_s \times E_s$$

dalam keadaan ini luas tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = \frac{C_{\text{perlu}}}{f_y - 0,85 \times f_c'}$$



$$\text{Luas tulangan tarik : } A_s = A_{s1} + \frac{A_s' \times f_s'}{f_y}$$

c. Konstruksi Balok T

Bentuk balok T diperoleh dari pengecoran monolit antara balok dan pelat pada sisi atasnya sehingga pada daerah momen positif balok luas penampang pelat akan menambah luas daerah tekan pada balok sedangkan pada daerah momen negatif balok tetap dianggap sebagai penampang persegi.

Lebar efektif b_e untuk perhitungan kekuatan ini didasarkan pada SK SNI '91 pasal 3.1.10 butir 2 dan 3 yaitu :

1. Lebar pelat yang secara efektif bekerja sebagai suatu flens dari balok T tidak boleh melebihi seperempat bentang dari balok dan lebar efektif dari flens yang membentang dari tiap sisi badan balok tidak boleh melebihi :
 - a. Delapan kali tebal pelat.
 - b. Setengah jarak bersih dari badan balok yang bersebelahan.
2. Untuk balok yang mempunyai pelat hanya pada satu sisi, lebar efektif flens yang membentang tidak boleh lebih dari :
 - a. 1/12 dari bentang balok.
 - b. Enam kali tebal pelat.
 - c. Setengah jarak bersih dari badan balok yang bersebelahan.

Lebar efektif untuk 2 type balok yaitu balok T dan balok L (interior dan exterior), yaitu :

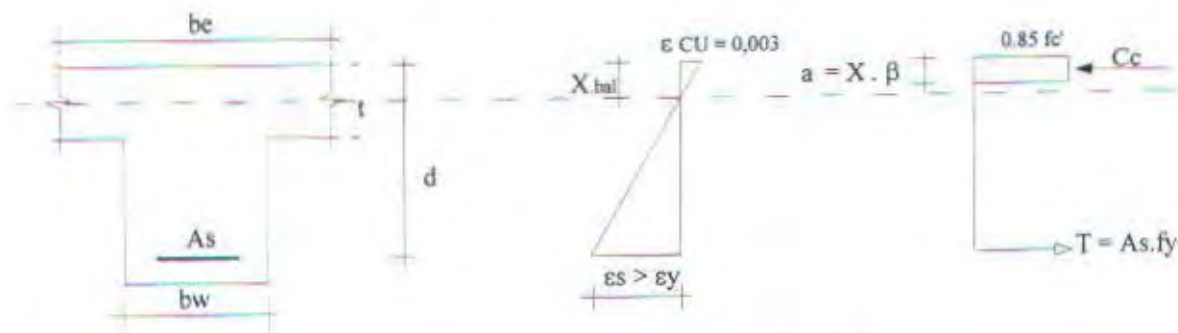
1. Balok Interior (pelat pada kedua belah sisi), dipilih nilai yang terkecil dari :
 - a. $b_e \leq 1/4 L$
 - b. $b_e \leq b_w + 16 t$
 - c. $b_e \leq L_n$
2. Balok Exterior (pelat hanya pada satu sisi), dipilih nilai yang terkecil dari :
 - a. $b_e \leq b_w + 1/12 L$
 - b. $b_e \leq b_w + 6 t$
 - c. $b_e \leq b_w + 1/2 L_n$





Untuk perhitungan kekuatan momen nominal M_n dari balok T maka harus diperiksa dahulu apakah balok T tersebut asli atau palsu. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Bila tinggi a dari blok tegangan persegi adalah sama atau lebih kecil dari t , maka balok T dihitung sama dengan balok empat persegi panjang (balok T palsu) dengan lebar b_e .



Gambar 4.11 Tegangan Penampang Balok T Palsu

$$C_c = T$$

$$0,85 \times f_c' \times b_e \times a = A_s \times f_y$$

$$M_n = C_c \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\rho = 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{b_e}{b_w} \times \frac{a}{d}$$

2. Bila tinggi a lebih besar dari t , maka dihitung secara balok T murni dengan

$$M_n = C_c \times (d - (a/2)) + C_s \times (d - (t/2))$$

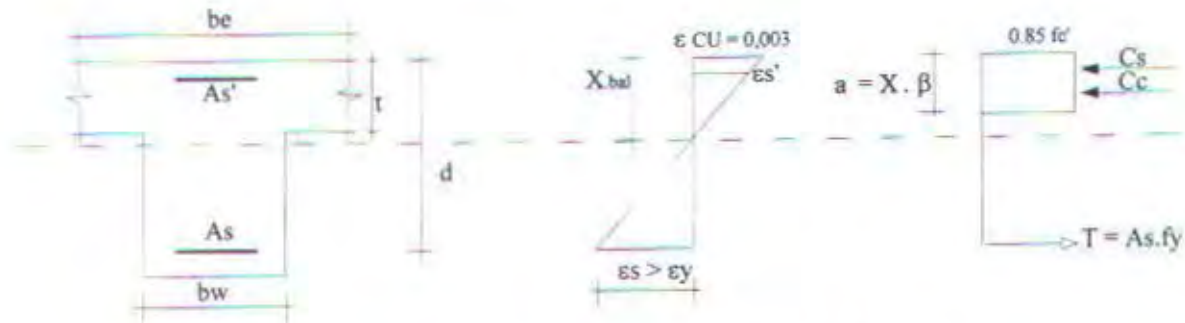
dimana : $T = C_s + C_c$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b_w \times a$$

$$C_s = 0,85 \times f_c' \times (b_e - b_w) \times t$$

$$a = \frac{T - C_2}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_w}$$

$$T = A_s \cdot f_y \quad \rho_{perlu} = 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{h_e}{d} \times \frac{(b_e \times b_w)}{d} + 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{a}{d}$$



Gambar 4.12 Tegangan Penampang Balok T Murni

d. Langkah-Langkah Perencanaan Lentur Balok Anak :

1. Tentukan dimensi balok meliputi :

- Lebar balok (b)
- Tinggi balok (h)
- Penutup beton (dc)

2. Hitung momen yang terjadi pada balok

3. Hitung R_n dengan rumus :

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

4. Hitung ρ_{perlu} yang dibutuhkan dengan rumus :

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

atau dengan cara lain :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$



$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{f_y}} \right]$$

5. Cek ρ_{perlu} yang diperoleh terhadap ρ_{maks} dan ρ_{min} :

- Apabila $\rho_{perlu} > \rho_{maks}$, maka diperlukan tulangan tekan.
- Apabila $\rho_{perlu} < \rho_{min}$ maka tulangan tekan tidak diperlukan (sehingga tulangan dihitung berdasarkan tulangan tunggal)

6. Cek nilai a terhadap tebal pelat (t) pada daerah lapangan

- Apabila nilai $a < t$ maka prosedur perhitungan diatas sudah benar yaitu sebagai balok T palsu (balok berpenampang persegi)
- Apabila nilai $a > t$, maka harus dilakukan prosedur perhitungan balok T murni seperti yang telah diuraikan sebelumnya

E. Diagram Alir Perencanaan Lentur Untuk Balok T Dan Balok Persegi.



Diagram Alir Perencanaan Lentur Untuk Balok T :

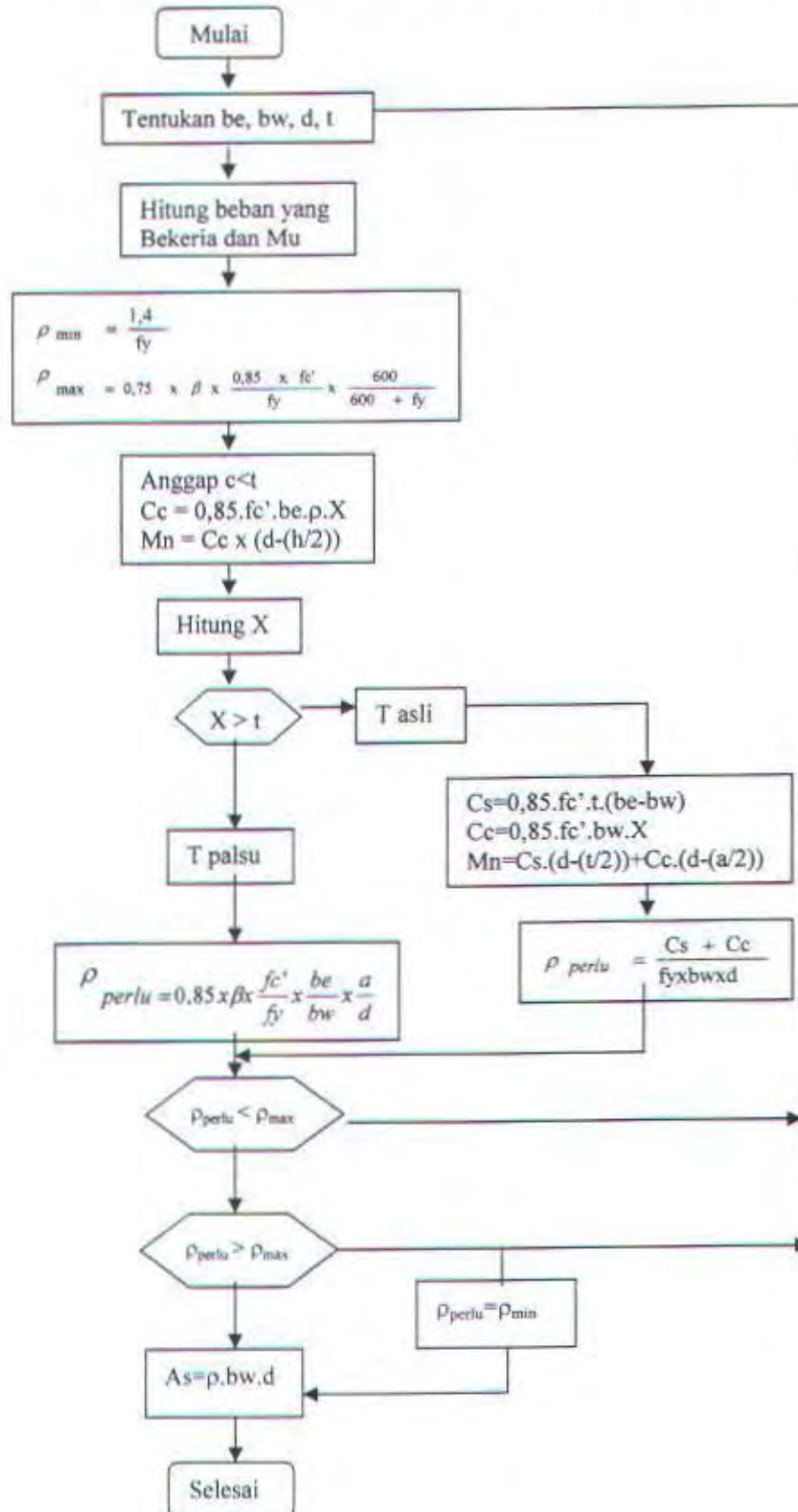
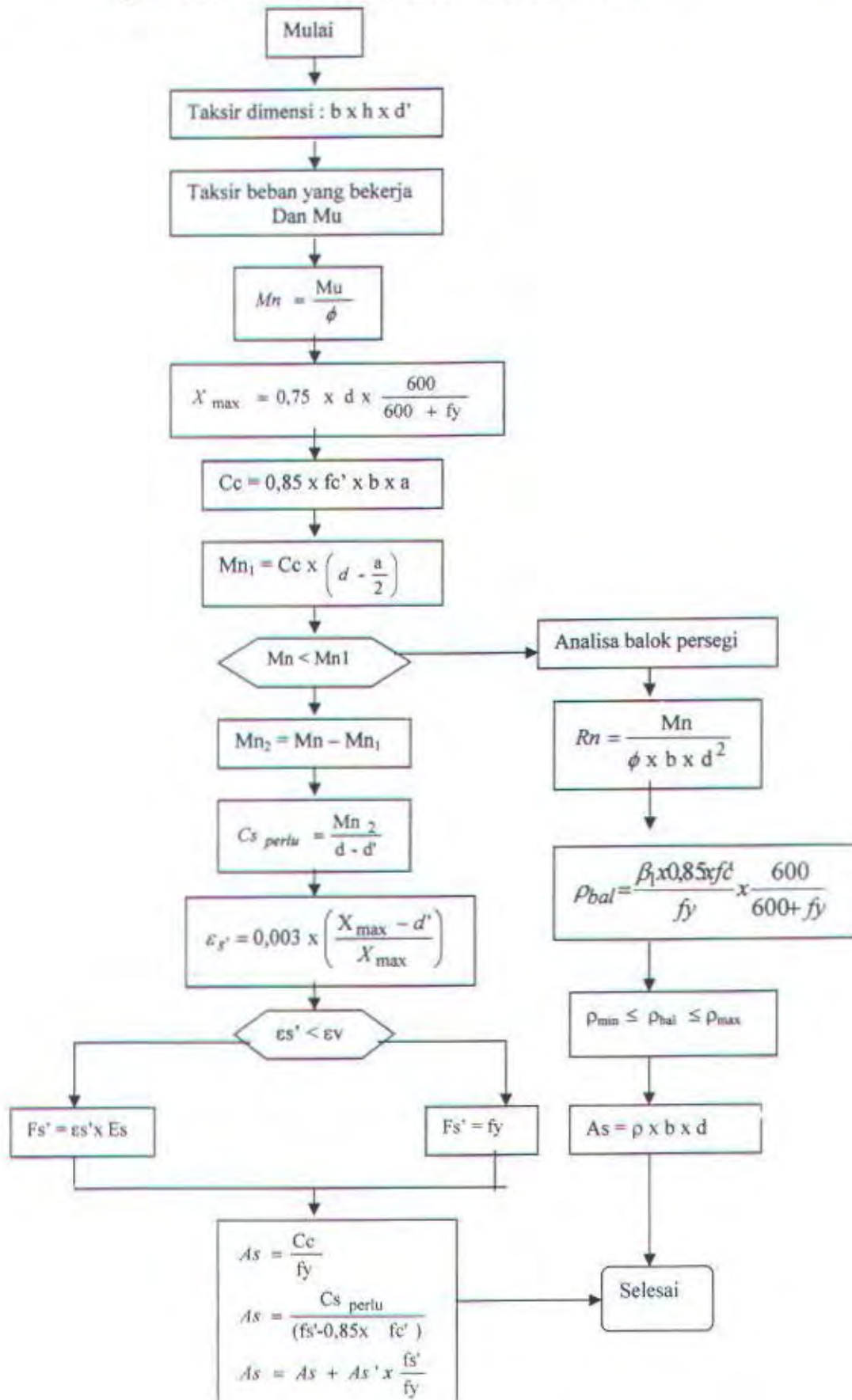




Diagram Alir Perencanaan Lentur Untuk Balok Persegi





4.4.3.2 Desain Penulangan Geser dan Torsi

A. Penulangan Geser

Perencanaan penampang akibat geser harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut: $V_u \leq \phi V_n$

Dimana:

V_u = merupakan gaya geser berfaktor akibat beban luar yang pada penampang yang ditinjau

V_n = merupakan kuat geser nominal suatu komponen struktur yang didapat dari sumbangan kekuatan beton (V_c) dan kekuatan tulangan geser (V_s) yang dihitung dari:

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana:

- V_c adalah kuat geser beton
- V_s adalah kuat geser nominal tulangan geser

Besarnya V_c bervariasi tergantung dari dimensi balok dan mutu beton yang digunakan, sedangkan besarnya V_s tergantung dari diameter tulangan geser, mutu baja dan jarak pemasangannya.

Sumbangan kekuatan geser beton (V_c):

- Untuk struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur saja, berlaku rumus:

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \quad \dots\dots \text{SK SNI '91 pasal 3.4.3 butir 1.1.}$$

- Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial:

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$



- Untuk komponen struktur yang dibebani gaya tarik aksial yang cukup besar, tulangan geser harus direncanakan untuk memikul geser total yang terjadi.
- Sedang untuk penampang dimana komponen torsi berfaktor T_u melebihi persamaan berikut ini :

$$T_u = \phi \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{20} \right) \times \Sigma x^2 \cdot y$$

maka :

$$V_c = \frac{\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d}{\sqrt{1 + (2,5) \times C_t \times \frac{T_u}{V_u}}} \quad \text{..... SK SNI '91 pasal 3.4.3 butir 1.5}$$

- Besarnya V_s bila digunakan tulangan geser yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur adalah :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \quad \text{..... SK SNI '91 pasal 3.4.5 butir 6.2}$$

dimana :

A_v = luas tulangan geser dalam jarak s .

Perencanaan untuk geser dapat dibagi dalam 5 kategori sebagai berikut :

1. Kondisi dimana $V_u < 1/2 \times \phi V_c$ maka tulangan geser tidak diperlukan dan hanya dipasang praktis (PBI '89 pasal 11.5.5.1).
2. Kondisi dimana $1/2 \phi V_u < V_u < V_c$ maka hanya dipasang tulangan geser minimum saja kecuali untuk unsur-unsur lentur tipis menyerupai slab. Tulangan minimum yang diberikan adalah : $\phi V_s = \phi 1/3$ dimana $1/3$ MPa merupakan nilai minimum V_s . Jadi A_v dan jarak maksimum sengkang (PB'89 pasal 11.5.5.3)
3. Kondisi dimana $\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_s)$. Untuk semua unsur lentur termasuk semua yang dikecualikan di dalam kategori 2 harus diberikan penguatan geser yang memenuhi persamaan seperti kategori 2.
4. Kondisi dimana untuk kategori ini persyaratan penulangan yang dihitung akan melebihi ϕV_s minimum yang disyaratkan dan penguatan harus memenuhi rumus berikut : $\phi V_s = V_u - \phi V_c$ untuk $a = 900$ dipasang tulangan dimana jarak sengkang maksimum adalah s maksimum = 600 mm.



5. Kondisi dimana perbedaan antara kategori 4 dan 5 adalah bahwa untuk semua bentang dari balok dengan tegangan nominal V_s yang harus dipikul oleh penguatan geser berada di antara V_c dan V_u . Jadi gaya geser perlu adalah sebesar : $\phi V_s = V_u + \phi V_c$. Untuk penulangan sengkang dipakai jarak s maksimum sebesar 300 mm

Pada lokasi yang berpotensi sendi plastis, spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi nilai di bawah ini (SK SNI 1991 pasal 3.14.3 butir 3.2) :

- $d / 4$
- $8 \times d$ (delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil)
- $24 \times$ diameter sengkang
- $\frac{1600x\phi x A_{s1}}{(A_{s_a} + A_{s_b})x\phi y}$

dimana :

- A_{s1} = luas satu kaki dari tulangan transversal (mm^2)
- A_{s_a} = luas tulangan longitudinal atas (mm^2)
- A_{s_b} = luas tulangan longitudinal bawah (mm^2)
- ϕy = kuat leleh tulangan longitudinal (MPa)

B. Penulangan Torsi

Untuk menjamin bahwa penampang sanggup menerima beban torsi(T_u) maka kuat nominal Penampang harus lebih besar dari torsi yang ada. Perencanaan penampang harus didasarkan pada :

$$T_u \leq \Phi \quad \dots \text{SK SNI '91 pasal 3.4.6. butir 5}$$

dimana :

$$T_n = T_c + T_s \quad \dots \text{SK SNI '91 pasal 3.4.6. butir 5}$$

$$\Phi = \text{factor reduksi kekuatan} = 0,6$$

Untuk tulangan torsi :

Diabaikan, jika $T_u < T_{u_{\min}}$,

$$\text{dimana besarnya } T_{u_{\min}} = \Phi \times \frac{1}{2} \times \sqrt{f_c'} \times \sum x^2 \cdot y$$



Untuk penampang yang memikul gaya geser dan torsi, maka kuat momen torsi yang mampu dipikul beton adalah sebesar :

$$T_c = \frac{\frac{1}{5} \times \sqrt{f_c'} \times \sum x^2 \cdot y}{\sqrt{1 + \left(0,4 \times \frac{V_u}{C_t \times T_u}\right)^2}} \quad \dots \text{SK SNI '91 pasal 3.4.6. butir 6}$$

Tulangan Transversal minimum yang disyaratkan untuk kekuatan :

$$\frac{b_w}{3 \times f_y} \leq \frac{A_v}{s} + 2 \times \frac{A_t}{s} \quad \dots \text{SK SNI '91 pasal 3.4.5. butir 5}$$

Untuk tulangan torsi yang memanjang dipilih yang terbesar antara :

$$A_1 = \frac{2 \times A_t}{s} \times (x_1 + y_1) \quad \dots \text{SK SNI '91 pasal 3.4.6. butir 9.3}$$

$$A_2 = \left[\frac{2,8 \times x \times s}{f_y} \times \left(\frac{T_u}{T_u + \left(\frac{V_u}{3 \times C_t}\right)} \right) - 2 \times A_t \right] \times \frac{x_1 + y_1}{s}$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w \times d}{\sum x^2 \cdot y}$$

x_1 = jarak pusat terpendek dari sengkang terpendek

y_1 = jarak pusat ke pusat terpanjang dari sengkang tertutup

Sesuai dengan SK SNI'91 pasal 3.14.3 butir 3 dan SK SNI'91 pasal 3.14.3 butir 4 menyebutkan :

Sambungan lewatan dari tulangan lentur hanya diperbolehkan bila sepanjang daerah sambungan lewatan tersebut dipasang tulangan sengkang penutup atau tulangan spiral. Jarak maksimum tulangan transversal yang melilit batang tulangan yang disambung tidak boleh melebihi $d/4$ atau 100 mm.



Sambungan lewatan tidak boleh digunakan :

1. Dalam daerah join.
2. Dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka join.
3. Pada lokasi dimana analisa menunjukkan terjadinya leleh lentur akibat dari perpindahan lateral inelastic dari rangka.

Susunan Penulangan Dengan Aturan Sebagai Berikut :

- Jarak spasi sengkang, $S \leq \frac{x_1 + y_1}{4}$ atau 300 mm
- Tulangan memanjang disebar merata dengan jarak maksimum 300 mm dan paling tidak satu tulangan di pojok.
- Diameter $> D12$, $f_y \leq 400$ MPa.
- Tulangan Torsi harus disediakan paling tidak $(b + d)$ dari titik torsi yang diperlukan.

4.4.3.3 Panjang Penyaluran Balok Anak

Penulangan memanjang dan penulangan geser sepanjang balok tidak akan berfungsi jika tidak terjadi kerjasama antara baja tulangan dan beton. Tulangan dapat dianggap berperan dalam suatu struktur beton bertulang jika terjadi aksi lekatan antara baja tulangan dan beton sekelilingnya.

Lekatan antara baja tulangan dan beton ini harus cukup untuk mengembangkan kapasitas tarik atau kapasitas tekan dari baja tulangan hingga mencapai tegangan lelehnya tanpa terjadinya slip. Apabila terjadi slip di bawah beban kerja maka keruntuhan struktur dapat terjadi.

Untuk menjamin bahwa tidak akan terjadi slip antara beton dan baja tulangan maka dibutuhkan suatu panjang penanaman tertentu yang dikenal dengan nama panjang penyaluran.

Syarat-syarat tentang panjang penyaluran dan penyambungan tulangan diatur dalam SK SNI '91 pasal 3.5 :



a. Panjang penyaluran tulangan tarik

Panjang penyaluran dasar tulangan tarik untuk baja tulangan ulir D36 dan yang lebih kecil adalah sebagai berikut :

$$L_{db} = 0,02 \times A_b \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI '91 pasal 3.5.2 butir 2}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$L_{db} = 0,06 \times d_b \times f_y$$

Faktor-faktor yang mengubah panjang penyaluran dari tulangan tarik adalah tulangan atas. Tulangan horisontal dengan beton yang dicor di bawahnya apabila lebih dari 30 cm maka panjang penyaluran menjadi :

Akibat top bar effect (tulangan atas) :

$$L_{db} = 1,4 \times L_{db}$$

b. Panjang penyaluran tulangan tekan

Panjang penyaluran dasar untuk semua ukuran tulangan harus diambil sebagai berikut :

$$L_{db} = \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI '91 pasal 3.5.3 butir 2}$$

tetapi tidak boleh kurang dari :

$$L_{db} = 0,04 \times d_b \times f_y$$

Faktor modifikasi yang mengubah panjang penyaluran tulangan tekan adalah kelebihan tulangan dari analisa panjang penyaluran tulangan tekan dikalikan dengan

faktor $\frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tersedia}}}$

c. Panjang penyaluran kait standar dalam tarik

Panjang penyaluran dasar kait standar (hook) dari tulangan D36 dan yang lebih kecil adalah sebagai berikut :

$$L_{hb} = 100 \times \frac{d_b}{\sqrt{f_c'}} \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI '91 pasal 3.5.5 butir 2}$$

Panjang penyaluran hook :

$$L_{dh} = L_{hb} \times \left(\frac{f_y}{400} \right) \times (0,7)$$



Tetapi tidak boleh kurang dari ;

$$L_{db} = 8 \times d_b$$

d. Panjang penyaluran dari tulangan momen positif

Paling sedikit dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang tertumpu pada dua tumpuan dan seperempat dari tulangan momen positif pada komponen struktur yang menerus harus diterima ke dalam tumpuan paling sedikit sepanjang (menurut SK SNI '91) :

- 150 mm

- sejarak d

- $12 \times d_b$

e. Panjang penyaluran dari tulangan momen negatif

Sepertiga dari tulangan tarik pada momen negatif diteruskan pada jarak terbesar antara (SK SNI '91 pasal 3.5.12) :

- sejarak d

- $12 \times d_b$

- $\frac{L_n}{16}$



4.4.3.4 Kontrol Lendutan Dan Retak Balok Anak

a. kontrol lendutan balok anak

SK SNI '91 tabel 3.2.5(a) menyajikan batasan-batasan tebal minimum dengan berbagai kondisi perletakan dimana apabila tebal balok lebih besar daripada tebal minimum seperti yang disyaratkan tersebut maka lendutan tidak perlu dihitung.

Syarat tebal minimum untuk balok atau pelat satu arah menurut SK SNI '91 tabel 3.2.5(a) adalah sebagai berikut :

- Balok di atas dua tumpuan :

$$h_{min} = \frac{Lu}{16} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right), \text{ dimana : } f_y \text{ dalam MPa}$$

- Balok dengan satu ujung menerus :

$$h_{min} = \frac{Lu}{18,5} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right), \text{ dimana : } f_y \text{ dalam MPa}$$

- Balok dengan ujung menerus di kedua tepinya :

$$h_{min} = \frac{Lu}{21} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right), \text{ dimana : } f_y \text{ dalam MPa}$$

Dari disain awal untuk balok anak, tinggi balok (h) diambil sekitar 1/16 Lu sehingga praktis lendutan tidak perlu dihitung karena tinggi balok yang ada lebih besar dari tinggi minimum balok sebagai syarat kontrol lendutan.

b. Kontrol terhadap retak

Bila tegangan leleh rancang f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen negatif dan positif maksimum harus diproporsikan sedemikian sehingga nilai z yang diberikan oleh :

$$Z = f_s \times \sqrt{d_c \times A} \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI '91 pasal 3.3 butir 4}$$

Dan tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana nilai f_s tidak boleh diambil sebesar 60 % dari kekuatan leleh yang disyaratkan ($f_s = 0,6 \times f_y$).



4.4.3.5 Contoh Perhitungan

Perhitungan Pembebanan Balok Anak

Pembebanan Balok Anak memanjang Lantai 1 s/d Lantai 9

Bentang 4CD = 4DE

$$q_u = 4107.977 \text{ kg/m}$$

Pembebanan Balok Anak memanjang Atap

Bentang 4CD = 4DE

$$q_u = 2168.549 \text{ kg/m}$$

Analisa Momen Maksimum dan Momen Tumpuan Dengan SAP 2000.v8.0

Tabel Gaya Momen Dari Analisa SAP 2000.v8.0

Bentang(As 4)	Momen Tumpuan Kiri (kg.m)	Momen Lapangan (kg.m)	Momen Tumpuan Kanan (kg.m)
BC	0	4770.58	-10747.93
CD	-10747.93	6424.33	-13375.21
DE	-13375.21	6971.20	-9654.18
EF	-9654.18	2110.10	-5184.91
FG	-5184.91	3128.80	-6337.10
GH	-6337.10	3128.80	-5184.91
HI	-5184.91	2110.10	-9654.18
IJ	-9866.08	6971.20	-13375.21
JK	-13375.21	6424.33	-10747.93
KL	-10747.93	4770.58	0

Tabel Gaya Geser Dari Analisa SAP 2000.v8.0

Bentang	Gaya Geser(Tekan) (kg)	Gaya Geser(Tarik) (kg)
BC	5964.79	10741.65
CD	11886.05	12761.81
DE	12944.10	11703.76
EF	9346.39	7360.05
FG	7687.17	8199.26
GH	8199.26	7687.17
HI	7360.05	9346.39
IJ	11703.76	12944.10
JK	12761.81	11886.05
KL	10741.65	5964.79



Sebagai contoh perhitungan tulangan balok anak memanjang diambil balok anak pada lantai 4CD dengan bentang $L = 6,0$ m.

Besarnya gaya-gaya dalam pada balok anak sebagai berikut :

$$\begin{aligned}M_{u_{\text{tumpuan kiri}}} &= -10747.93 \text{ kg-m} = -107479300 \text{ N-mm} \\M_{u_{\text{tapanan}}} &= 6424.33 \text{ kg-m} = 64243300 \text{ N-mm} \\M_{u_{\text{tumpuan kanan}}} &= -13375.21 \text{ kg-m} = -133752100 \text{ N-mm} \\V_{u_{\text{tumpuan}}} &= 12761.81 \text{ kg} = 127618.10 \text{ N}\end{aligned}$$

Data-data umum penulangan balok anak :

- tinggi balok (h) = 400 mm
- lebar balok (b) = 300 mm
- decking = 40 mm
- bentang = 6000 mm
- tulangan sengkang = D10 mm
- tulangan utama = D16 mm
- mutu beton (f_c') = 30 MPa
- mutu baja (f_y) = 390 MPa

A. Perhitungan Penulangan Pada Tumpuan Pada Sebelah Kiri (Mutumpuan Kiri)

$$M_{u_{\text{tumpuan kiri}}} = -10747.93 \text{ kg-m} = -107479300 \text{ N-mm}$$

$$d = 400 - 40 - 10 - 16/2 = 342 \text{ mm}$$

- Perhitungan penulangan lentur

$$M_n = \frac{107479300}{0.8} = 134349125 \text{ N-mm}$$

$$X_{\text{max}} = 0,75 \times 342 \times \frac{600}{600 + 390} = 155.45 \text{ mm}$$

$$a_{\text{max}} = 0,85 \times 155.45 = 132.133 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \times 30 \times 132.133 \times 300 = 1010817.45 \text{ N}$$

$$M_{n_{\text{max}}} = 134349125 \times (342 - 0,5 \times 132.133) = 3.70714 \times 10^{10} \text{ N-mm}$$

$$M_{n_{\text{max}}} > M_n \rightarrow (\text{analisa tulangan tunggal})$$



$$Rn = \frac{134349125}{300 \times 342^2} = 3.828$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,29$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,29} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 3.828}{390}} \right) = 0,0107$$

kontrol terhadap ρ_{max} dan ρ_{min}

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390} = 0,00359$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \frac{600}{600 + 390} = 0,0336$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0336 = 0,0252$$

syarat : $\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$

$$0,00359 < 0,0107 < 0,0252$$

penulangan tarik

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{perlu} \times b \times d \\ &= 0,0107 \times 300 \times 342 = 1097.82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

penulangan tekan diambil praktis atau 1/2 luas tulangan tarik :

$$\begin{aligned} A_s' &= 1/2 \times A_s \\ &= 1/2 \times 1097.82 \\ &= 548.91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dipasang tulangan ulir, atas (tarik) : 6-D16 (Asada = 1206.4 mm²)

bawah (tekan) : 3-D16 (Asada = 603.2 mm²)

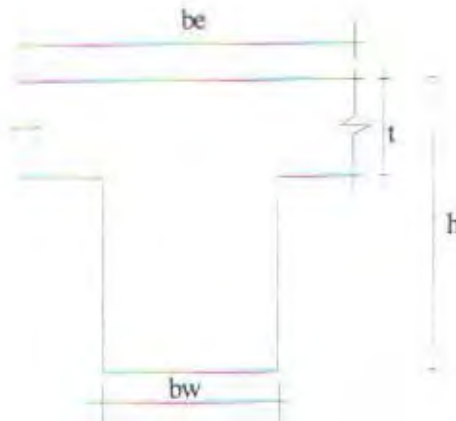


B. Perhitungan Penulangan Pada Lapangan (Mu_{lapangan})

$$Mu_{\text{lapangan}} = 6424.33 \text{ kg-m} = 64243300 \text{ N-mm}$$

$$d = 400 - 40 - 10 - 16/2 = 342 \text{ mm}$$

cek kondisi penampang



- $be \leq \frac{1}{4} \times 600 = 150 \text{ cm} \dots \dots \dots$ menentukan !

- $be \leq 30 + 16 \times 12 = 222 \text{ cm}$

- $be \leq 30 + 600 = 630 \text{ cm}$

$$Mn = \frac{64243300}{0,8} = 80304125 \text{ N - mm}$$

Periksa apakah tinggi a lebih besar dari tebal pelat dengan anggapan :

di coba, $a = t$

$$Cc = 0,85 \times fc' \times be \times \beta \times X$$

$$Cc = 0,85 \times 30 \times 1500 \times 0,85 \times 120 = 3901500 \text{ N}$$

cek, Mn

$$Mn = Cc \times (d - \frac{a}{2})$$

$$= 3901500 \times (342 - \frac{120}{2})$$

$$= 1100223000 \text{ N.mm} > 80304125 \text{ N.mm} \dots \dots \dots \text{ oke}$$

jelas di sini a harus lebih kecil dari t, analisa T palsu

$a < t$ T palsu, diperoleh :

$$Cc = 0,85 \times fc' \times be \times \beta \times X$$



$$X = \frac{313560}{32512.5} = 9.644 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,85 \times 9.644 = 8.1974 \text{ mm}$$

$$M_{n\max} = T \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 804 \times 390 \times \left(342 - \frac{8.1974}{2} \right)$$

$$= 105952331.6 \text{ N.mm} > M_n = 80304125 \text{ N.mm} \dots\dots\dots \text{ oke !}$$

C. Perhitungan Penulangan Pada Tumpuan Pada Sebelah Kanan (Mutumpuan Kanan)

$$M_{U_{\text{tumpuan kanan}}} = -13375.21 \text{ kg-m} = -133752100 \text{ N-mm}$$

$$d = 400 - 40 - 10 - 16/2 = 342 \text{ mm}$$

- Perhitungan Penulangan Lentur

$$M_n = \frac{133752100}{0,8} = 167190125 \text{ N - mm}$$

$$X_{\max} = 0,75 \times 342 \times \frac{600}{600 + 390} = 155.45 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,85 \times 155.45 = 132.133 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \times 30 \times 132.133 \times 300 = 1010817.45 \text{ N}$$

$$M_{n\max} = 167190125 \times (342 - 0,5 \times 132.133) = 4.613335636 \times 10^{10} \text{ N.mm}$$

$M_{n\max} > M_n \rightarrow$ (analisa tulangan tunggal)

$$R_n = \frac{167190125}{300 \times 342^2} = 4.765$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,29} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 4.765}{390}} \right) = 0,0136$$

kontrol terhadap ρ_{\max} dan ρ_{\min}

$$0,00359 < 0,01364 < 0,0252$$

- Penulangan Tarik

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,01364 \times 300 \times 342$$

$$= 1399.464 \text{ mm}^2$$



Penulangan tekan diambil praktis atau 1/2 luas tulangan tarik :

$$\begin{aligned}A_s' &= 1/2 \times A_s \\ &= 1/2 \times 1399.464 \\ &= 699.732 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

dipasang tulangan atas (tarik) : 7-D16 (Asada = 1407.4 mm²)
bawah (tekan) : 4-D16 (Asada = 804.2 mm²)

- Penulangan Geser

$$V_{\text{tumpuan}} = 12761.81 \text{ kg} = 127618.10 \text{ N}$$

$$\text{tulangan geser} = \text{D10 mm}$$

$$A_{V_{\text{ada}}} = 2 \times \frac{\pi}{4} \times 10^2 = 157.079 \text{ mm}^2$$

sumbangan kekuatan geser beton :

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,6 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 300 \times 342 \\ &= 56196.334 \text{ N}\end{aligned}$$

$$V_u \text{ sejarak } d = 127618.10 \times \left(\frac{600 - 34,2}{600} \right) = 120343.774 \text{ N}$$

$V_u > \phi V_c \rightarrow$ butuh tulangan geser

gaya geser yang harus diterima oleh tulangan geser

$$\begin{aligned}\phi V_s &= V_u - \phi V_c \\ &= 120343.774 - 56196.334 \\ &= 64147.44 \text{ N}\end{aligned}$$

jarak tulangan geser yang dibutuhkan :

$$S = \frac{\phi \times A_v \times f_y \times d}{\phi V_s} = \frac{0,6 \times 157.079 \times 390 \times 342}{64147.44} = 195.966 \text{ mm} > d/4 (85.5 \text{ mm})$$

dipasang tulangan geser, D10-180 mm

gaya geser yang harus diterima oleh tulangan geser terpasang :

$$\phi V_{\text{terpasang}} = \frac{\phi \times A_v \times f_y \times d}{S_{\text{terpasang}}} = \frac{0,6 \times 157.079 \times 390 \times 342}{180} = 69837.323 \text{ N}$$



Kontrol : $V_{u,b} < \phi V_c + \phi V_s$, terpasang

$$127618.10 \text{ N} < 56196.334 + 69837.323 = 126033.657 \text{ N} \quad \text{..... oke !}$$

- Penulangan Torsi Minimum

$$A_{v_{\min}} = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} = \frac{300 \times 180}{3 \times 390} = 46.154 \text{ mm}^2$$

$$A_{v_{\text{ada}}} = 157,079 \text{ mm}^2 > A_{v_{\min}} = 46.154 \text{ mm}^2$$

jadi tulangan torsi diabaikan

- Tulangan memanjang (longitudinal)

$$x_1 = 300 - 2 \times 40 - 10 = 210 \text{ mm}$$

$$y_2 = 400 - 2 \times 40 - 10 = 390 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{b_w}{3 \times f_y} \times (x_1 + y_2) \\ &= \frac{300}{3 \times 390} \times (210 + 390) \\ &= 153.846 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan memanjang ini disebarikan pada bagian penampang balok yaitu pada tulangan atas, tulangan tengah, tulangan bawah dan ditambahkan pada tulangan akibat lentur.

$$\text{tulangan atas dan bawah,} \quad 1/4 \times A_1 = 1/4 \times 153.846 = 38.46 \text{ mm}^2$$

$$\text{tulangan tengah,} \quad 1/2 \times A_1 = 1/2 \times 153.846 = 76.92 \text{ mm}^2$$

- Disain akhir penulangan

$$A_s = 1399.464 + 38.46 = 1437.924 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 699.732 + 38.46 = 738.192 \text{ mm}^2$$

dipasang tulangan ulir : atas (tarik) : 8-D16 ($A_{s_{\text{ada}}} = 1608.5 \text{ mm}^2$)

bawah (tekan) : 4-D16 ($A_{s_{\text{ada}}} = 804.2 \text{ mm}^2$)

dipasang tulangan ulir : tengah (76.92 mm^2) : 2-D12 ($A_{s_{\text{ada}}} = 226 \text{ mm}^2$)



- Panjang Penyaluran Balok Anak

panjang penyaluran untuk tulangan tarik D16 mm :

$$L_{db} = 0,02 \times 201,062 \times \frac{390}{\sqrt{30}} = 286,328 \text{ mm}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} L_{db} &= 0,06 \times 16 \times 390 \\ &= 374,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka dipakai, $L_{db} = 400 \text{ mm}$

akibat adanya tulangan atas maka L_{db} dikalikan faktor 1,4

$$L_{db} = 1,4 \times 400 = 560 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran untuk tulangan tekan D16 mm :

$$L_{db} = \frac{16 \times 390}{4 \times \sqrt{30}} = 284,81 \text{ mm} \sim 300 \text{ mm}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} L_{db} &= 0,04 \times 16 \times 390 \\ &= 249,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka dipakai $L_{db} = 300 \text{ mm}$

Panjang penyaluran kait standar dalam tarik

Panjang penyaluran dasar kait standar (hook) dari tulangan D16 mm adalah sebagai berikut :

$$L_{hd} = 100 \times \frac{16}{\sqrt{30}} = 292,12 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

panjang penyaluran hook :

$$L_{dh} = 300 \times \left(\frac{390}{400} \right) \times 0,7 = 204,75 \text{ mm} \approx 225 \text{ mm}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$L_{db} = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

maka dipakai $L_{db} = 225 \text{ mm}$

Panjang penyaluran dari tulangan momen positif

- 150 mm

- d = 342 mm menentukan !



$$- 12 \times 16 = 192 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran dari tulangan momen negatif

$$- d = 342 \text{ mm} \quad - 12 \times 16 = 192 \text{ mm}$$

$$- \frac{6000}{16} = 375 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots \text{menentukan !}$$

- Kontrol Terhadap Lendutan Balok Anak

$$h_{\min} = \frac{6000}{21} \times \left(0,4 + \frac{390}{700} \right)$$
$$= 296 \text{ mm} < h (400 \text{ mm}) \quad \dots\dots \text{ oke!}$$

- Kontrol Terhadap Retak Balok Anak

$$Z = 234 \times 3\sqrt{58 \times 4350}$$
$$= 14786.144 \text{ N/mm} = 14.786 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \quad \dots\dots\dots \text{ oke !}$$

dimana :

$$f_s = 0,6 \times 390 = 234 \text{ MPa}$$

$$d_c = 40 + 10 + 1/2 \times 16 = 58 \text{ mm}$$

$$A = \frac{1}{8} \times ((40 + 10 + (0.5 \times 16)) \times 2) \times 300 = 4350 \text{ mm}^2$$

$$m = \text{jumlah tulangan tarik di atas} = 8 \text{ batang}$$



TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
1	0	DEAD	LinStatic	0	-2800.56	0	0	0	2.56E-12
1	0.5	DEAD	LinStatic	0	-1931	0	0	0	1182.89
1	1	DEAD	LinStatic	0	-1061.44	0	0	0	1931
1	1.5	DEAD	LinStatic	0	-191.88	0	0	0	2244.33
1	2	DEAD	LinStatic	0	677.68	0	0	0	2122.88
1	2.5	DEAD	LinStatic	0	1547.24	0	0	0	1566.65
1	3	DEAD	LinStatic	0	2416.8	0	0	0	575.64
1	3.5	DEAD	LinStatic	0	3286.36	0	0	0	-850.15
1	4	DEAD	LinStatic	0	4155.92	0	0	0	-2710.72
1	4.5	DEAD	LinStatic	0	5025.48	0	0	0	-5006.07
1	0	COMB1	Combination	0	-3360.67	0	0	0	3.07E-12
1	0.5	COMB1	Combination	0	-2317.2	0	0	0	1419.47
1	1	COMB1	Combination	0	-1273.73	0	0	0	2317.2
1	1.5	COMB1	Combination	0	-230.26	0	0	0	2693.2
1	2	COMB1	Combination	0	813.21	0	0	0	2547.46
1	2.5	COMB1	Combination	0	1856.69	0	0	0	1879.98
1	3	COMB1	Combination	0	2900.16	0	0	0	690.77
1	3.5	COMB1	Combination	0	3943.63	0	0	0	-1020.18
1	4	COMB1	Combination	0	4987.1	0	0	0	-3252.86
1	4.5	COMB1	Combination	0	6030.57	0	0	0	-6007.28
1	0	COMB2	Combination	0	-5964.79	0	0	0	5.62E-12
1	0.5	COMB2	Combination	0	-4108.52	0	0	0	2518.33
1	1	COMB2	Combination	0	-2252.25	0	0	0	4108.52
1	1.5	COMB2	Combination	0	-395.98	0	0	0	4770.58
1	2	COMB2	Combination	0	1460.29	0	0	0	4504.5
1	2.5	COMB2	Combination	0	3316.56	0	0	0	3310.29
1	3	COMB2	Combination	0	5172.84	0	0	0	1187.94
1	3.5	COMB2	Combination	0	7029.11	0	0	0	-1862.55
1	4	COMB2	Combination	0	8885.38	0	0	0	-5841.17
1	4.5	COMB2	Combination	0	10741.65	0	0	0	-10747.9
2	0	DEAD	LinStatic	0	-5518.99	0	0	0	-5006.07
2	0.5	DEAD	LinStatic	0	-4565.94	0	0	0	-2484.83
2	1	DEAD	LinStatic	0	-3612.9	0	0	0	-440.12
2	1.5	DEAD	LinStatic	0	-2659.86	0	0	0	1128.07
2	2	DEAD	LinStatic	0	-1706.81	0	0	0	2219.74
2	2.5	DEAD	LinStatic	0	-753.77	0	0	0	2834.88
2	3	DEAD	LinStatic	0	199.27	0	0	0	2973.51
2	3.5	DEAD	LinStatic	0	1152.32	0	0	0	2635.61
2	4	DEAD	LinStatic	0	2105.36	0	0	0	1821.19
2	4.5	DEAD	LinStatic	0	3058.41	0	0	0	530.25
2	5	DEAD	LinStatic	0	4011.45	0	0	0	-1237.22
2	5.5	DEAD	LinStatic	0	4964.49	0	0	0	-3481.2
2	6	DEAD	LinStatic	0	5917.54	0	0	0	-6201.71
2	0	COMB1	Combination	0	-6622.79	0	0	0	-6007.28
2	0.5	COMB1	Combination	0	-5479.13	0	0	0	-2981.8
2	1	COMB1	Combination	0	-4335.48	0	0	0	-528.15
2	1.5	COMB1	Combination	0	-3191.83	0	0	0	1353.68
2	2	COMB1	Combination	0	-2048.18	0	0	0	2663.68



TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
2	2.5	COMB1	Combination	0	-904.52	0	0	0	3401.86
2	3	COMB1	Combination	0	239.13	0	0	0	3588.21
2	3.5	COMB1	Combination	0	1382.78	0	0	0	3162.73
2	4	COMB1	Combination	0	2526.43	0	0	0	2185.42
2	4.5	COMB1	Combination	0	3670.09	0	0	0	636.29
2	5	COMB1	Combination	0	4813.74	0	0	0	-1484.66
2	5.5	COMB1	Combination	0	5957.39	0	0	0	-4177.45
2	6	COMB1	Combination	0	7101.04	0	0	0	-7442.05
2	0	COMB2	Combination	0	-11886.05	0	0	0	-10747.9
2	0.5	COMB2	Combination	0	-9832.06	0	0	0	-5318.4
2	1	COMB2	Combination	0	-7778.07	0	0	0	-915.87
2	1.5	COMB2	Combination	0	-5724.08	0	0	0	2459.67
2	2	COMB2	Combination	0	-3670.1	0	0	0	4808.22
2	2.5	COMB2	Combination	0	-1616.11	0	0	0	6129.77
2	3	COMB2	Combination	0	437.88	0	0	0	6424.33
2	3.5	COMB2	Combination	0	2491.87	0	0	0	5691.89
2	4	COMB2	Combination	0	4545.86	0	0	0	3932.46
2	4.5	COMB2	Combination	0	6599.85	0	0	0	1146.03
2	5	COMB2	Combination	0	8653.84	0	0	0	-2667.39
2	5.5	COMB2	Combination	0	10707.82	0	0	0	-7507.8
2	6	COMB2	Combination	0	12761.81	0	0	0	-13375.2
3	0	DEAD	LinStatic	0	-6005.55	0	0	0	-6201.71
3	0.5	DEAD	LinStatic	0	-5052.51	0	0	0	-3437.2
3	1	DEAD	LinStatic	0	-4099.46	0	0	0	-1149.2
3	1.5	DEAD	LinStatic	0	-3146.42	0	0	0	662.27
3	2	DEAD	LinStatic	0	-2193.38	0	0	0	1997.22
3	2.5	DEAD	LinStatic	0	-1240.33	0	0	0	2855.64
3	3	DEAD	LinStatic	0	-287.29	0	0	0	3237.55
3	3.5	DEAD	LinStatic	0	665.75	0	0	0	3142.93
3	4	DEAD	LinStatic	0	1618.8	0	0	0	2571.79
3	4.5	DEAD	LinStatic	0	2571.84	0	0	0	1524.13
3	5	DEAD	LinStatic	0	3524.89	0	0	0	-0.0489
3	5.5	DEAD	LinStatic	0	4477.93	0	0	0	-2000.75
3	6	DEAD	LinStatic	0	5430.97	0	0	0	-4477.98
3	0	COMB1	Combination	0	-7206.66	0	0	0	-7442.05
3	0.5	COMB1	Combination	0	-6063.01	0	0	0	-4124.64
3	1	COMB1	Combination	0	-4919.36	0	0	0	-1379.05
3	1.5	COMB1	Combination	0	-3775.7	0	0	0	794.72
3	2	COMB1	Combination	0	-2632.05	0	0	0	2396.66
3	2.5	COMB1	Combination	0	-1488.4	0	0	0	3426.77
3	3	COMB1	Combination	0	-344.75	0	0	0	3885.06
3	3.5	COMB1	Combination	0	798.91	0	0	0	3771.52
3	4	COMB1	Combination	0	1942.56	0	0	0	3086.15
3	4.5	COMB1	Combination	0	3086.21	0	0	0	1828.96
3	5	COMB1	Combination	0	4229.86	0	0	0	-0.05868
3	5.5	COMB1	Combination	0	5373.52	0	0	0	-2400.9



TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
3	6	COMB1	Combination	0	6517.17	0	0	0	-5373.57
3	0	COMB2	Combination	0	-12944.1	0	0	0	-13375.2
3	0.5	COMB2	Combination	0	-10890.11	0	0	0	-7416.66
3	1	COMB2	Combination	0	-8836.13	0	0	0	-2485.1
3	1.5	COMB2	Combination	0	-6782.14	0	0	0	1419.47
3	2	COMB2	Combination	0	-4728.15	0	0	0	4297.04
3	2.5	COMB2	Combination	0	-2674.16	0	0	0	6147.62
3	3	COMB2	Combination	0	-620.17	0	0	0	6971.2
3	3.5	COMB2	Combination	0	1433.82	0	0	0	6767.79
3	4	COMB2	Combination	0	3487.81	0	0	0	5537.38
3	4.5	COMB2	Combination	0	5541.79	0	0	0	3279.98
3	5	COMB2	Combination	0	7595.78	0	0	0	-4.41
3	5.5	COMB2	Combination	0	9649.77	0	0	0	-4315.8
3	6	COMB2	Combination	0	11703.76	0	0	0	-9654.18
4	0	DEAD	LinStatic	0	-4351.81	0	0	0	-4477.98
4	0.5	DEAD	LinStatic	0	-3482.25	0	0	0	-2519.46
4	1	DEAD	LinStatic	0	-2612.69	0	0	0	-995.72
4	1.5	DEAD	LinStatic	0	-1743.13	0	0	0	93.23
4	2	DEAD	LinStatic	0	-873.57	0	0	0	747.41
4	2.5	DEAD	LinStatic	0	-4.01	0	0	0	966.81
4	3	DEAD	LinStatic	0	865.54	0	0	0	751.42
4	3.5	DEAD	LinStatic	0	1735.1	0	0	0	101.26
4	4	DEAD	LinStatic	0	2604.66	0	0	0	-983.68
4	4.5	DEAD	LinStatic	0	3474.22	0	0	0	-2503.4
4	0	COMB1	Combination	0	-5222.18	0	0	0	-5373.57
4	0.5	COMB1	Combination	0	-4178.71	0	0	0	-3023.35
4	1	COMB1	Combination	0	-3135.23	0	0	0	-1194.87
4	1.5	COMB1	Combination	0	-2091.76	0	0	0	111.88
4	2	COMB1	Combination	0	-1048.29	0	0	0	896.89
4	2.5	COMB1	Combination	0	-4.82	0	0	0	1160.17
4	3	COMB1	Combination	0	1038.65	0	0	0	901.71
4	3.5	COMB1	Combination	0	2082.13	0	0	0	121.51
4	4	COMB1	Combination	0	3125.6	0	0	0	-1180.42
4	4.5	COMB1	Combination	0	4169.07	0	0	0	-3004.08
4	0	COMB2	Combination	0	-9346.39	0	0	0	-9654.18
4	0.5	COMB2	Combination	0	-7490.12	0	0	0	-5445.05
4	1	COMB2	Combination	0	-5633.85	0	0	0	-2164.06
4	1.5	COMB2	Combination	0	-3777.58	0	0	0	188.8
4	2	COMB2	Combination	0	-1921.31	0	0	0	1613.52
4	2.5	COMB2	Combination	0	-65.03	0	0	0	2110.1
4	3	COMB2	Combination	0	1791.24	0	0	0	1678.55
4	3.5	COMB2	Combination	0	3647.51	0	0	0	318.87
4	4	COMB2	Combination	0	5503.78	0	0	0	-1968.96
4	4.5	COMB2	Combination	0	7360.05	0	0	0	-5184.91
5	0	DEAD	LinStatic	0	-3770.05	0	0	0	-2503.4
5	0.5	DEAD	LinStatic	0	-2900.49	0	0	0	-835.77
5	1	DEAD	LinStatic	0	-2030.93	0	0	0	397.08



TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
5	1.5	DEAD	LinStatic	0	-1161.37	0	0	0	1195.16
5	2	DEAD	LinStatic	0	-291.81	0	0	0	1558.45
5	2.5	DEAD	LinStatic	0	577.75	0	0	0	1486.96
5	3	DEAD	LinStatic	0	1447.31	0	0	0	980.69
5	3.5	DEAD	LinStatic	0	2316.87	0	0	0	39.65
5	4	DEAD	LinStatic	0	3186.43	0	0	0	-1336.18
5	4.5	DEAD	LinStatic	0	4055.99	0	0	0	-3146.79
5	0	COMB1	Combination	0	-4524.05	0	0	0	-3004.08
5	0.5	COMB1	Combination	0	-3480.58	0	0	0	-1002.92
5	1	COMB1	Combination	0	-2437.11	0	0	0	476.5
5	1.5	COMB1	Combination	0	-1393.64	0	0	0	1434.19
5	2	COMB1	Combination	0	-350.17	0	0	0	1870.14
5	2.5	COMB1	Combination	0	693.3	0	0	0	1784.35
5	3	COMB1	Combination	0	1736.78	0	0	0	1176.83
5	3.5	COMB1	Combination	0	2780.25	0	0	0	47.58
5	4	COMB1	Combination	0	3823.72	0	0	0	-1603.41
5	4.5	COMB1	Combination	0	4867.19	0	0	0	-3776.14
5	0	COMB2	Combination	0	-7687.17	0	0	0	-5184.91
5	0.5	COMB2	Combination	0	-5922.01	0	0	0	-1782.62
5	1	COMB2	Combination	0	-4156.85	0	0	0	737.1
5	1.5	COMB2	Combination	0	-2391.7	0	0	0	2374.24
5	2	COMB2	Combination	0	-626.54	0	0	0	3128.8
5	2.5	COMB2	Combination	0	1138.62	0	0	0	3000.77
5	3	COMB2	Combination	0	2903.78	0	0	0	1990.17
5	3.5	COMB2	Combination	0	4668.94	0	0	0	96.99
5	4	COMB2	Combination	0	6434.1	0	0	0	-2678.77
5	4.5	COMB2	Combination	0	8199.26	0	0	0	-6337.1
6	0	DEAD	LinStatic	0	-4055.99	0	0	0	-3146.79
6	0.5	DEAD	LinStatic	0	-3186.43	0	0	0	-1336.18
6	1	DEAD	LinStatic	0	-2316.87	0	0	0	39.65
6	1.5	DEAD	LinStatic	0	-1447.31	0	0	0	980.69
6	2	DEAD	LinStatic	0	-577.75	0	0	0	1486.96
6	2.5	DEAD	LinStatic	0	291.81	0	0	0	1558.45
6	3	DEAD	LinStatic	0	1161.37	0	0	0	1195.16
6	3.5	DEAD	LinStatic	0	2030.93	0	0	0	397.08
6	4	DEAD	LinStatic	0	2900.49	0	0	0	-835.77
6	4.5	DEAD	LinStatic	0	3770.05	0	0	0	-2503.4
6	0	COMB1	Combination	0	-4867.19	0	0	0	-3776.14
6	0.5	COMB1	Combination	0	-3823.72	0	0	0	-1603.41
6	1	COMB1	Combination	0	-2780.25	0	0	0	47.58
6	1.5	COMB1	Combination	0	-1736.78	0	0	0	1176.83
6	2	COMB1	Combination	0	-693.3	0	0	0	1784.35
6	2.5	COMB1	Combination	0	350.17	0	0	0	1870.14
6	3	COMB1	Combination	0	1393.64	0	0	0	1434.19
6	3.5	COMB1	Combination	0	2437.11	0	0	0	476.5
6	4	COMB1	Combination	0	3480.58	0	0	0	-1002.92
6	4.5	COMB1	Combination	0	4524.05	0	0	0	-3004.08
6	0	COMB2	Combination	0	-8199.26	0	0	0	-6337.1



TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
6	0.5	COMB2	Combination	0	-6434.1	0	0	0	-2678.77
6	1	COMB2	Combination	0	-4668.94	0	0	0	96.99
6	1.5	COMB2	Combination	0	-2903.78	0	0	0	1990.17
6	2	COMB2	Combination	0	-1138.62	0	0	0	3000.77
6	2.5	COMB2	Combination	0	626.54	0	0	0	3128.8
6	3	COMB2	Combination	0	2391.7	0	0	0	2374.24
6	3.5	COMB2	Combination	0	4156.85	0	0	0	737.1
6	4	COMB2	Combination	0	5922.01	0	0	0	-1782.62
6	4.5	COMB2	Combination	0	7687.17	0	0	0	-5184.91
7	0	DEAD	LinStatic	0	-3474.22	0	0	0	-2503.4
7	0.5	DEAD	LinStatic	0	-2604.66	0	0	0	-983.68
7	1	DEAD	LinStatic	0	-1735.1	0	0	0	101.26
7	1.5	DEAD	LinStatic	0	-865.54	0	0	0	751.42
7	2	DEAD	LinStatic	0	4.01	0	0	0	966.81
7	2.5	DEAD	LinStatic	0	873.57	0	0	0	747.41
7	3	DEAD	LinStatic	0	1743.13	0	0	0	93.23
7	3.5	DEAD	LinStatic	0	2612.69	0	0	0	-995.72
7	4	DEAD	LinStatic	0	3482.25	0	0	0	-2519.46
7	4.5	DEAD	LinStatic	0	4351.81	0	0	0	-4477.98
7	0	COMB1	Combination	0	-4169.07	0	0	0	-3004.08
7	0.5	COMB1	Combination	0	-3125.6	0	0	0	-1180.42
7	1	COMB1	Combination	0	-2082.13	0	0	0	121.51
7	1.5	COMB1	Combination	0	-1038.65	0	0	0	901.71
7	2	COMB1	Combination	0	4.82	0	0	0	1160.17
7	2.5	COMB1	Combination	0	1048.29	0	0	0	896.89
7	3	COMB1	Combination	0	2091.76	0	0	0	111.88
7	3.5	COMB1	Combination	0	3135.23	0	0	0	-1194.87
7	4	COMB1	Combination	0	4178.71	0	0	0	-3023.35
7	4.5	COMB1	Combination	0	5222.18	0	0	0	-5373.57
7	0	COMB2	Combination	0	-7360.05	0	0	0	-5184.91
7	0.5	COMB2	Combination	0	-5503.78	0	0	0	-1968.96
7	1	COMB2	Combination	0	-3647.51	0	0	0	318.87
7	1.5	COMB2	Combination	0	-1791.24	0	0	0	1678.55
7	2	COMB2	Combination	0	65.03	0	0	0	2110.1
7	2.5	COMB2	Combination	0	1921.31	0	0	0	1613.52
7	3	COMB2	Combination	0	3777.58	0	0	0	188.8
7	3.5	COMB2	Combination	0	5633.85	0	0	0	-2164.06
7	4	COMB2	Combination	0	7490.12	0	0	0	-5445.05
7	4.5	COMB2	Combination	0	9346.39	0	0	0	-9654.18
8	0	DEAD	LinStatic	0	-5430.97	0	0	0	-4477.98
8	0.5	DEAD	LinStatic	0	-4477.93	0	0	0	-2000.75
8	1	DEAD	LinStatic	0	-3524.89	0	0	0	-0.0489
8	1.5	DEAD	LinStatic	0	-2571.84	0	0	0	1524.13
8	2	DEAD	LinStatic	0	-1618.8	0	0	0	2571.79
8	2.5	DEAD	LinStatic	0	-665.75	0	0	0	3142.93
8	3	DEAD	LinStatic	0	287.29	0	0	0	3237.55
8	3.5	DEAD	LinStatic	0	1240.33	0	0	0	2855.64



TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
8	4	DEAD	LinStatic	0	2193.38	0	0	0	1997.22
8	4.5	DEAD	LinStatic	0	3146.42	0	0	0	662.27
8	5	DEAD	LinStatic	0	4099.46	0	0	0	-1149.2
8	5.5	DEAD	LinStatic	0	5052.51	0	0	0	-3437.2
8	6	DEAD	LinStatic	0	6005.55	0	0	0	-6201.71
8	0	COMB1	Combination	0	-8517.17	0	0	0	-5373.57
8	0.5	COMB1	Combination	0	-5373.52	0	0	0	-2400.9
8	1	COMB1	Combination	0	-4229.86	0	0	0	-0.05868
8	1.5	COMB1	Combination	0	-3086.21	0	0	0	1828.96
8	2	COMB1	Combination	0	-1942.56	0	0	0	3086.15
8	2.5	COMB1	Combination	0	-798.91	0	0	0	3771.52
8	3	COMB1	Combination	0	344.75	0	0	0	3885.06
8	3.5	COMB1	Combination	0	1488.4	0	0	0	3426.77
8	4	COMB1	Combination	0	2632.05	0	0	0	2396.66
8	4.5	COMB1	Combination	0	3775.7	0	0	0	794.72
8	5	COMB1	Combination	0	4919.36	0	0	0	-1379.05
8	5.5	COMB1	Combination	0	6063.01	0	0	0	-4124.64
8	6	COMB1	Combination	0	7206.66	0	0	0	-7442.05
8	0	COMB2	Combination	0	-11703.76	0	0	0	-9654.18
8	0.5	COMB2	Combination	0	-9649.77	0	0	0	-4315.8
8	1	COMB2	Combination	0	-7595.78	0	0	0	-4.41
8	1.5	COMB2	Combination	0	-5541.79	0	0	0	3279.98
8	2	COMB2	Combination	0	-3487.81	0	0	0	5537.38
8	2.5	COMB2	Combination	0	-1433.82	0	0	0	6767.79
8	3	COMB2	Combination	0	620.17	0	0	0	6971.2
8	3.5	COMB2	Combination	0	2674.16	0	0	0	6147.62
8	4	COMB2	Combination	0	4728.15	0	0	0	4297.04
8	4.5	COMB2	Combination	0	6782.14	0	0	0	1419.47
8	5	COMB2	Combination	0	8836.13	0	0	0	-2485.1
8	5.5	COMB2	Combination	0	10890.11	0	0	0	-7416.66
8	6	COMB2	Combination	0	12944.1	0	0	0	-13375.2
9	0	DEAD	LinStatic	0	-5917.54	0	0	0	-6201.71
9	0.5	DEAD	LinStatic	0	-4964.49	0	0	0	-3481.2
9	1	DEAD	LinStatic	0	-4011.45	0	0	0	-1237.22
9	1.5	DEAD	LinStatic	0	-3058.41	0	0	0	530.25
9	2	DEAD	LinStatic	0	-2105.36	0	0	0	1821.19
9	2.5	DEAD	LinStatic	0	-1152.32	0	0	0	2635.61
9	3	DEAD	LinStatic	0	-199.27	0	0	0	2973.51
9	3.5	DEAD	LinStatic	0	753.77	0	0	0	2834.88
9	4	DEAD	LinStatic	0	1706.81	0	0	0	2219.74
9	4.5	DEAD	LinStatic	0	2659.86	0	0	0	1128.07
9	5	DEAD	LinStatic	0	3612.9	0	0	0	-440.12
9	5.5	DEAD	LinStatic	0	4565.94	0	0	0	-2484.83
9	6	DEAD	LinStatic	0	5518.99	0	0	0	-5006.07
9	0	COMB1	Combination	0	-7101.04	0	0	0	-7442.05
9	0.5	COMB1	Combination	0	-5957.39	0	0	0	-4177.45
9	1	COMB1	Combination	0	-4813.74	0	0	0	-1484.66



TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
9	1.5	COMB1	Combination	0	-3670.09	0	0	0	636.29
9	2	COMB1	Combination	0	-2526.43	0	0	0	2185.42
9	2.5	COMB1	Combination	0	-1382.78	0	0	0	3162.73
9	3	COMB1	Combination	0	-239.13	0	0	0	3568.21
9	3.5	COMB1	Combination	0	904.52	0	0	0	3401.86
9	4	COMB1	Combination	0	2048.18	0	0	0	2663.68
9	4.5	COMB1	Combination	0	3191.83	0	0	0	1353.68
9	5	COMB1	Combination	0	4335.48	0	0	0	-528.15
9	5.5	COMB1	Combination	0	5479.13	0	0	0	-2981.8
9	6	COMB1	Combination	0	6622.79	0	0	0	-6007.28
9	0	COMB2	Combination	0	-12761.81	0	0	0	-13375.2
9	0.5	COMB2	Combination	0	-10707.82	0	0	0	-7507.8
9	1	COMB2	Combination	0	-8653.84	0	0	0	-2667.39
9	1.5	COMB2	Combination	0	-6599.85	0	0	0	1146.03
9	2	COMB2	Combination	0	-4545.86	0	0	0	3932.46
9	2.5	COMB2	Combination	0	-2491.87	0	0	0	5691.89
9	3	COMB2	Combination	0	-437.88	0	0	0	6424.33
9	3.5	COMB2	Combination	0	1616.11	0	0	0	6129.77
9	4	COMB2	Combination	0	3670.1	0	0	0	4808.22
9	4.5	COMB2	Combination	0	5724.08	0	0	0	2459.67
9	5	COMB2	Combination	0	7778.07	0	0	0	-915.87
9	5.5	COMB2	Combination	0	9832.06	0	0	0	-5318.4
9	6	COMB2	Combination	0	11886.05	0	0	0	-10747.9
11	0	DEAD	LinStatic	0	-5025.48	0	0	0	-5006.07
11	0.5	DEAD	LinStatic	0	-4155.92	0	0	0	-2710.72
11	1	DEAD	LinStatic	0	-3286.36	0	0	0	-850.15
11	1.5	DEAD	LinStatic	0	-2416.8	0	0	0	575.64
11	2	DEAD	LinStatic	0	-1547.24	0	0	0	1566.65
11	2.5	DEAD	LinStatic	0	-677.68	0	0	0	2122.88
11	3	DEAD	LinStatic	0	191.88	0	0	0	2244.33
11	3.5	DEAD	LinStatic	0	1061.44	0	0	0	1931
11	4	DEAD	LinStatic	0	1931	0	0	0	1182.89
11	4.5	DEAD	LinStatic	0	2800.56	0	0	0	-1.7E-12
11	0	COMB1	Combination	0	-6030.57	0	0	0	-6007.28
11	0.5	COMB1	Combination	0	-4987.1	0	0	0	-3252.86
11	1	COMB1	Combination	0	-3943.63	0	0	0	-1020.18
11	1.5	COMB1	Combination	0	-2900.16	0	0	0	690.77
11	2	COMB1	Combination	0	-1856.69	0	0	0	1879.98
11	2.5	COMB1	Combination	0	-813.21	0	0	0	2547.46
11	3	COMB1	Combination	0	230.26	0	0	0	2693.2
11	3.5	COMB1	Combination	0	1273.73	0	0	0	2317.2
11	4	COMB1	Combination	0	2317.2	0	0	0	1419.47
11	4.5	COMB1	Combination	0	3360.67	0	0	0	-2E-12
11	0	COMB2	Combination	0	-10741.65	0	0	0	-10747.9
11	0.5	COMB2	Combination	0	-8885.38	0	0	0	-5841.17
11	1	COMB2	Combination	0	-7029.11	0	0	0	-1862.55



Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
11	2	COMB2	Combination	0	-3316.56	0	0	0	3310.29
11	2.5	COMB2	Combination	0	-1460.29	0	0	0	4504.5
11	3	COMB2	Combination	0	395.98	0	0	0	4770.58
11	3.5	COMB2	Combination	0	2252.25	0	0	0	4108.52
11	4	COMB2	Combination	0	4108.52	0	0	0	2518.33
11	4.5	COMB2	Combination	0	5964.79	0	0	0	8.98E-13



6/6/04 22:01:45

SAP2000

SAP2000 v8.0.8 - File:Bbilk mnnrss - Moment 3-3 Diagram (COMB2) - Kgf. m, C Units



SAP2000 v8.0.8 - File:Bbilk mnrss - Shear Force 2-2 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units



4.5 Perencanaan Balok Pendukung Lift

Direncanakan memakai Lift traksi/kabel dengan type WVF 60,90,105 M/Min.

Data-data pendukung Lift tersebut antara lain :

- Kapasitas Penumpang = 11 Orang
- Ruang Lift = 2 buah
- Kecepatan = 105 M/Min
- Beban = 800 kg
- Dimensi Ruang Lift = 2(1.850 x 1.850)

4.5.1 Pembebanan Yang Bekerja Pada Balok Lift

- Berat rol dan bandul pemberat beserta perlengkapannya Pada Balok A
Sebesar $R_1 = 5100$ kg .
- Berat mesin penggerak lift ditambah berat kereta luncur lift beserta
perlengkapannya pada Balok B sebesar $R_2 = 3750$ kg .

Karena $R_1 > R_2$, maka beban yang diperhitungkan membebani kedua balok
adalah $R_1 = 5100$ kg.

4.5.2 Dimensi Balok Lift

Direncanakan dimensi Balok Lift adalah 35/50 cm.

Sehingga,

$$q = 0.35 \times 0.5 \times 2400 = 300 \text{ kg}$$

$$P = R_1 = 5100 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{1}{12} x q x l^2 + \frac{1}{8} x P x l \\ &= \frac{1}{12} x 300 x 2^2 + \frac{1}{8} x 5100 x 2 \\ &= 1375 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$Mu = 1,05 \times 1375 \text{ kg.m} = 1443.75 \text{ kg.m}$$



Karena sifat dari lift, maka diambil koefisien kejut sebesar 2. Maka :

$$\begin{aligned} Mu &= 2 \times 1443.75 \text{ kg.m} \\ &= 2887.5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu &= 2 \times 1,05 \times \left(\left(\frac{1}{2} \times 300 \times 2 \right) + \left(\frac{1}{2} \times 5100 \right) \right) \\ &= 5985 \text{ kg} = 59850 \text{ N} \end{aligned}$$

4.5.3 Penulangan Lentur

- Digunakan Tulangan = D19 mm
- Sengkang = Ø 12 mm
- f_c' = 30 MPa
- f_y = 390 MPa
- $d' = 40 + 12 + (1/2 \cdot 19)$ = 61.5 mm
- $d = 500 - 61.5$ = 438.5 mm

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} \\ &= \frac{390}{0.85 \cdot 30} = 15.29 \end{aligned}$$

a. Chek Kebutuhan Tulangan Tekan

$$x_b = \frac{\epsilon_c C_u}{\epsilon_c C_u + \epsilon_y} \times d = \frac{0.003}{0.003 + \frac{390}{2.10^5}} \times 438.5 = 265.758 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0.75 x_b \\ &= 0.75 \times 265.758 \text{ mm} \\ &= 199.3185 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0.85 X_{\max} \\ &= 0.85 \times 199.3185 \text{ mm} \\ &= 169.420 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}C_{\max} &= 0.85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0.85 \times 30 \text{ MPa} \times 300 \text{ mm} \times 169.420 \text{ mm} \\ &= 1296063 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s_{\max}} &= \frac{C_{\max}}{f_y} \\ &= \frac{1296063}{390} = 3323.238 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{n1} &= C_{\max} \times \left(d - \frac{a_{\max}}{2} \right) \\ &= 1296063 \times \left(438.5 - \frac{169.420}{2} \right) \\ &= 458676695.7 \text{ N.mm} = 45.8676695 \text{ KN.m}\end{aligned}$$

....,(Tulangan tekan tidak diperhitungkan sebagai kekuatan lentur).

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{28875000}{0.85 \times 300 \times 438.5^2} = 0.59\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0.00359$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n \cdot m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0.59 \cdot 15.29}{390}} \right) \\ &= 0.00153 < \rho_{\min} \quad \dots \text{ Digunakan } \rho_{\min} = 0.00359\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0.00359 \times 300 \times 438.5 \\ &= 472.2645 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipasang Tulangan 2D19 = 567.057 mm²



b. Chek Kuat Lentur

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 \cdot fc' \cdot b}$$
$$= \frac{567.057 \times 390}{0.85 \times 30 \times 300} = 28.909 \text{ mm}$$

$$Cc = 0.85 \times fc' \times b \times a$$
$$= 0.85 \times 30 \text{ MPa} \times 300 \text{ mm} \times 28.909 \text{ mm}$$
$$= 221153.85 \text{ N}$$

$$Mn1 = Cc \left(d - \frac{a_{max}}{2} \right)$$
$$= 221153.85 \text{ N} \left(438.5 - \frac{28.909}{2} \right)$$
$$= 93779294.9 \text{ N.mm}$$
$$= 93.7792949 \text{ KN.m} > 28.875 \text{ KN.m} \dots \text{ Ok}$$

4.5.4 Penulangan Geser

$$Vu = 59850 \text{ N}$$

$$\phi Vu = \phi \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 300 \text{ mm} \times 438.5 \text{ mm}$$
$$= 72052.90 \text{ N}$$

$Vu < \phi Vu$ (tidak butuh tulangan geser) = dipasang tulangan praktis.

Tabel 4.1 Desain Perulangan Pelat Lantai

PEMBEBANAN
 Beban Hidup
 - Beban hidup

$$q_u = \frac{250.00 \text{ Kg/m}^2}{250.00 \text{ Kg/m}^2}$$

$$q_u = \frac{288.00 \text{ Kg/m}^2}{18.00 \text{ Kg/m}^2} + \frac{40.00 \text{ Kg/m}^2}{63.00 \text{ Kg/m}^2} + \frac{48.00 \text{ Kg/m}^2}{457.00 \text{ Kg/m}^2}$$

$$q_u = 16.00 + 0.63 + 0.10 = 16.73 \text{ Kg/m}^2$$

$$q_u = 16.73 \text{ Kg/m}^2$$

Beban Mati
 - Beban pelat (121 - 1) 2400
 - Beban plafon = rangkai (11 - 7)
 - Plumbing = Ducting AC
 - Spesi (1.3 cm) = 1 x 23 kg/m²
 - Tegul (2 cm) = 2 x 24 kg/m²

$$q_d = 30.00 \text{ Mpa}$$

$$q_d = 240.00 \text{ Mpa}$$

$$q_d = 120.00 \text{ mm}$$

$$q_d = 95.00 \text{ mm}$$

$$q_d = 85.00 \text{ mm}$$



TYPE PELAT	Loy (m)	Lay (m)	Q _{ax} (kg/m)	L _{ay} /L _{ax}	β	M _{ux} (Nm)	M _{uy} (Nm)	M _{ax} (Mpa)	M _{ay} (Mpa)	ρ _{perlu}	ρ _{ada}	ρ _{pakai}	A _s (mm ²)	TULANGAN PAKAI
A	5.550	4.000	948.4	1.236		8082511.624	11231365	1.248	0.0232	0.00790	0.00332	505.26	D 10 - 180	524 mm ²
	948.4	948.4	40.12			2831605.085	9780793	1.355	0.00480	0.00774	0.00586	409.21	D 10 - 153	507 mm ²
	948.4	948.4	56.36			8982521.634	11231365	1.348	0.00522	0.00798	0.00586	505.26	D 10 - 156	524 mm ²
B	5.600	3.150	948.4	1.087		7931067.085	9780793	1.333	0.00580	0.00774	0.00586	493.31	D 10 - 153	507 mm ²
	948.4	948.4	45.2			11309380.428	14213796	1.579	0.00678	0.00904	0.00678	643.87	D 10 - 178	655 mm ²
	948.4	948.4	45.7			11493558.133	14213796	1.589	0.00664	0.01122	0.00664	734.22	D 10 - 165	548 mm ²
C	4.150	4.100	948.4	1.012		1309380.428	14213796	1.375	0.00678	0.00904	0.00678	643.87	D 10 - 178	655 mm ²
	948.4	948.4	43.7			11493558.123	14213796	1.586	0.00664	0.01152	0.00664	734.22	D 10 - 165	548 mm ²
	948.4	948.4	38.96			6211238.518	7764648	0.860	0.00305	0.00486	0.00305	346.47	D 10 - 225	349 mm ²
D	4.100	3.175	948.4	1.291		6912713.094	8640891	1.706	0.00511	0.00681	0.00511	434.00	D 10 - 180	436 mm ²
	948.4	948.4	37.96			6211238.518	7764648	0.860	0.00305	0.00486	0.00305	346.47	D 10 - 225	349 mm ²
	948.4	948.4	45.36			6912713.094	8640891	1.706	0.00511	0.00681	0.00511	434.00	D 10 - 180	436 mm ²
E	5.675	3.190	948.4	1.831		4745814.702	9912768	0.657	0.00278	0.00376	0.00278	353.51	D 10 - 230	357 mm ²
	948.4	948.4	31			3029276.605	4541321	0.629	0.00265	0.00354	0.00265	300.36	D 10 - 206	302 mm ²
	948.4	948.4	49.64			4745814.702	9912768	0.657	0.00278	0.00376	0.00278	353.51	D 10 - 230	357 mm ²
F	4.100	7.385	948.4	1.794		5496728.184	6879919	0.761	0.00323	0.00479	0.00323	305.98	D 10 - 235	308 mm ²
	948.4	948.4	31			3189943.499	1987829	0.552	0.00232	0.00310	0.00232	263.50	D 10 - 203	266 mm ²
	948.4	948.4	48.31			5496728.184	6879919	0.761	0.00323	0.00479	0.00323	305.98	D 10 - 235	308 mm ²
G	6.525	2.600	948.4	2.310		3189943.499	1987829	0.552	0.00232	0.00310	0.00232	263.50	D 10 - 203	266 mm ²
	948.4	948.4	47.33			2832882.191	2547253	0.761	0.00323	0.00479	0.00323	305.98	D 10 - 235	308 mm ²
	948.4	948.4	34			1683815.728	3104719	0.291	0.00122	0.00183	0.00122	155.08	D 10 - 105	158 mm ²
Pilar Sisa Arab														
G	6.525	2.600	948.4	2.310		591205.464	4876507	0.540	0.00238	0.00303	0.00238	288.26	D 10 - 210	291 mm ²
	948.4	948.4	60.85			591205.464	4876507	0.540	0.00238	0.00303	0.00238	288.26	D 10 - 210	291 mm ²



Tabel Distribusi Beban Pada Balok Anak Memanjang Lantai 1 - 2

Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang 4BC = 4KL	Bentang 4EF = 4HI	Bentang 4FG = 4GH	Bentang 4CD = 4DE
4BC = 4EF = 4HI = 4KL, 4FG = 4GH, 4CD = 4DE = 4IJ = 4JK	Dimensi Balok $b_{balok} = 0.30 \text{ m}$ $h_{balok} = 0.40 \text{ m}$	Beban mati (D.L.)				
		- Berat pelat (2x) Tp2	1160.934	1160.934		
		- Berat pelat Tp2+Tp3			1030.737	
		- Berat pelat (2x Tp1)				1300.074
		- Berat sendiri balok	288.000	288.000	288.000	288.000
		Total D.L. (kg/m)	1448.934	1448.934	1318.737	1588.074
	$q_{D.L.} = 457 \text{ kg/m}^2$					
	$q_{L.L.} = 250 \text{ kg/m}^2$					
	$H_{maks} = 5.00 \text{ m}$	Beban hidup (L.L.)				
		- Berat pelat(2x Tp1)				711.200
	- Berat pelat(2x Tp2)	635.000	635.000			
	- Berat pelat Tp2+Tp3			563.818		
$\gamma_{beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$	Total L.L. (kg/m)	635.000	635.000	563.818	711.200	
$b.s_{maks} = 250 \text{ kg/m}^2$	$q_{tot} (1,2 \text{ D.L.} + 1,6 \text{ L.L.})$	2754.721	2754.721	2484.593	3043.609	

Tabel Distribusi Beban Pada Balok Anak Memanjang Lantai 2 - 9

Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang 4BC = 4KL	Bentang 4EF = 4HI	Bentang 4FG = 4GH	Bentang 4CD = 4DE
4BC = 4EF = 4HI = 4KL, 4FG = 4GH, 4CD = 4DE = 4IJ = 4JK	Dimensi Balok $b_{balok} = 0.30 \text{ m}$ $h_{balok} = 0.40 \text{ m}$	Beban mati (D.L.)				
		- Berat pelat trapesium (2x)Tp2	1160.934	1160.934		
		- Berat pelat trapesium Tp2+Tp3			1030.737	
		- Berat pelat (2x Tp1)				1300.074
		- Berat sendiri balok	288.000	288.000	288.000	288.000
		Total D.L. (kg/m)	1448.934	1448.934	1318.737	1588.074
	$q_{D.L.} = 457 \text{ kg/m}^2$					
	$q_{L.L.} = 250 \text{ kg/m}^2$					
	$H_{maks} = 4.00 \text{ m}$	Beban hidup (L.L.)				
		- Berat pelat trapesium (2x)Tp1				711.200
	- Berat pelat trapesium (2x)Tp2	635.000	635.000			
	- Berat pelat Tp2+Tp3			563.818		
$\gamma_{beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$	Total L.L. (kg/m)	635.000	635.000	563.818	711.200	
$b.s_{maks} = 250 \text{ kg/m}^2$	$q_{tot} (1,2 \text{ D.L.} + 1,6 \text{ L.L.})$	2754.721	2754.721	2484.593	3043.609	

Tabel Distribusi Beban Pada Balok Anak Memanjang (Atap)

Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang 4BC = 4KL	Bentang 4EF = 4HI	Bentang 4FG = 4GH	Bentang 4CD = 4DE
4BC = 4EF = 4HI = 4KL, 4FG = 4GH, 4CD = 4DE = 4IJ = 4JK	Dimensi Balok $b_{balok} = 0.30 \text{ m}$ $h_{balok} = 0.40 \text{ m}$	Beban mati (D.L.)				
		- Berat pelat trapesium (2x) Tp2	949.960	949.960		
		- Berat pelat trapesium Tp2+Tp3			843.473	
		- Berat pelat (2x Tp1)				1063.956
		- Berat sendiri balok	288.000	288.000	288.000	288.000
		Total D.L. (kg/m)	1237.960	1237.960	1131.473	1351.956
	$q_{D.L.} = 374 \text{ kg/m}^2$					
	$q_{L.L.} = 120 \text{ kg/m}^2$					
	$H_{maks} = 4.00 \text{ m}$	Beban hidup (L.L.)				
		- Berat pelat trapesium (2x)Tp1				341.376
	- Berat pelat trapesium (2x) Tp2	304.800	304.800			
	- Berat pelat trapesium Tp2+ Tp3			270.633		
$\gamma_{beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$	Total L.L. (kg/m)	304.800	304.800	270.633	341.376	
$b.s_{maks} = 250 \text{ kg/m}^2$	$q_{tot} (1,2 \text{ D.L.} + 1,6 \text{ L.L.})$	1973.232	1973.232	1790.780	2168.549	



Tabel Distribusi Beban Pada Balok Induk Memanjang Lantai 1 - 2

Titik	Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang CD=DE=U=JK	Bentang BC=EF=HI=KL	Bentang FG=GH	
Aa1=Aa7	CD=DE=U=JK BC=EF=HI=KL FG=GH	Dimensi Balok		Beban mati (D.L.)			
		$b_{balok} = 0.35 \text{ m}$	- Berat pelat Tp4	845.025			
		$h_{balok} = 0.50 \text{ m}$	- Berat pelat Tp7		624.567		
			- Berat pelat Tp8			624.567	
			- Berat sendiri balok	420.000		420.000	
			- Berat dinding	1000.000		1000.000	
				Total D.L. (kg/m)	2265.025	2044.567	2044.567
		$q_{D.L.} = 457 \text{ kg/m}^2$	Beban hidup (L.L.)				
		$q_{L.L.} = 250 \text{ kg/m}^2$	- Berat pelat Tp4	462.268			
		$H_{total} = 5.00 \text{ m}$	- Berat pelat Tp7		341.667		
	- Berat pelat Tp8			341.667			
		Total L.L. (kg/m)	462.268	341.667	341.667		
$T_{total} = 2400 \text{ kg/m}^2$		$q_{tot} (1,2 \text{ D.L.} + 1,6 \text{ L.L.})$	3457.659	3000.147	3000.147		
$b \times h_{tot} = 250 \text{ kg/m}^2$							

Tabel Distribusi Beban Pada Balok Induk Memanjang Lantai 2 - 9

Titik	Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang CD=DE=U=JK	Bentang BC=EF=HI=KL	Bentang FG=GH	
Aa1=Aa7	CD=DE=U=JK BC=EF=HI=KL FG=GH	Dimensi Balok		Beban mati (D.L.)			
		$b_{balok} = 0.35 \text{ m}$	- Berat pelat Tp4	845.025			
		$h_{balok} = 0.50 \text{ m}$	- Berat pelat Tp7		624.567		
			- Berat pelat Tp8			624.567	
			- Berat sendiri balok	420.000		420.000	
			- Berat dinding	1000.000		1000.000	
				Total D.L. (kg/m)	2265.025	2044.567	2044.567
		$q_{D.L.} = 457 \text{ kg/m}^2$	Beban hidup (L.L.)				
		$q_{L.L.} = 250 \text{ kg/m}^2$	- Berat pelat Tp4	462.268			
		$H_{total} = 4.00 \text{ m}$	- Berat pelat Tp7		341.667		
	- Berat pelat Tp8			341.667			
		Total L.L. (kg/m)	462.268	341.667	341.667		
$T_{total} = 2400 \text{ kg/m}^2$		$q_{tot} (1,2 \text{ D.L.} + 1,6 \text{ L.L.})$	3457.659	3000.147	3000.147		
$b \times h_{tot} = 250 \text{ kg/m}^2$							

Tabel Distribusi Beban Pada Balok Induk Memanjang Atap

Titik	Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang CD=DE=U=JK	Bentang BC=EF=HI=KL	Bentang FG=GH	
Aa1=Aa7	CD=DE=U=JK BC=EF=HI=KL FG=GH	Dimensi Balok		Beban mati (D.L.)			
		$b_{balok} = 0.35 \text{ m}$	- Berat pelat Tp4	691.552			
		$h_{balok} = 0.50 \text{ m}$	- Berat pelat Tp7		511.133		
			- Berat pelat Tp7			511.133	
			- Berat sendiri balok	420.000		420.000	
			- Berat dinding			420.000	
				Total D.L. (kg/m)	1111.552	931.133	931.133
		$q_{D.L.} = 374 \text{ kg/m}^2$	Beban hidup (L.L.)				
		$q_{L.L.} = 120 \text{ kg/m}^2$	- Berat pelat Tp4	221.888			
		$H_{total} = 4.00 \text{ m}$	- Berat pelat Tp7		164.000		
	- Berat pelat Tp7			164.000			
		Total L.L. (kg/m)	221.888	164.000	164.000		
$T_{total} = 2400 \text{ kg/m}^2$		$q_{tot} (1,2 \text{ D.L.} + 1,6 \text{ L.L.})$	1688.884	1379.760	1379.760		
$b \times h_{tot} = 250 \text{ kg/m}^2$							



Tabel Distribusi Beban Pada Balok Induk Memanjang Lantai 1 - 2

Tiik	Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang CD=DE-U-JK	Bentang BC=EF-HI-KL	Bentang FG=GH	
As3+As5	CD=DE-U-JK BC=EF-HI-KL FG=GH	Dimensi Balok					
		$b_{balok} =$	0.35 m	Beban mati (D.L) - Berat pelat Tp1+Tp4 - Berat pelat Tp2+Tp7 - Berat pelat Tp2+Tp7 - Berat sendiri balok - Berat dinding Total D.L. (kg/m)	1482.919	1108.225	1108.225
		$h_{balok} =$	0.50 m		420.000	420.000	420.000
		$q_{DL} =$	457 kg/m ²		1000.000	1000.000	1000.000
		$q_{LL} =$	250 kg/m ²		2902.919	2528.225	2528.225
		$H_{maks} =$	5.00 m				
		$\gamma_{beton} =$	2400 kg/m ³	Beban hidup (L.L) - Berat pelat Tp1+Tp4 - Berat pelat Tp2+Tp7 - Berat pelat Tp2+Tp7 Total L.L. (kg/m) $q_{LH} (1,2 D.L + 1,6 L.L)$	811.225	600.000	600.000
		$b \times h_{maks} =$	250 kg/m ²		811.225	600.000	600.000
					4781.463	3993.870	3993.870

Tabel Distribusi Beban Pada Balok Induk Memanjang Lantai 2 - 9

Tiik	Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang CD=DE-U-JK	Bentang BC=EF-HI-KL	Bentang FG=GH	
As3+As5	CD=DE-U-JK BC=EF-HI-KL FG=GH	Dimensi Balok					
		$b_{balok} =$	0.35 m	Beban mati (D.L) - Berat pelat Tp1+Tp4 - Berat pelat Tp2+Tp7 - Berat pelat Tp2+Tp7 - Berat sendiri balok - Berat dinding Total D.L. (kg/m)	1482.919	1108.225	1108.225
		$h_{balok} =$	0.50 m		420.000	420.000	420.000
		$q_{DL} =$	457 kg/m ²		1000.000	1000.000	1000.000
		$q_{LL} =$	250 kg/m ²		2902.919	2528.225	2528.225
		$H_{maks} =$	4.00 m				
		$\gamma_{beton} =$	2400 kg/m ³	Beban hidup (L.L) - Berat pelat Tp1+Tp4 - Berat pelat Tp2+Tp7 - Berat pelat Tp2+Tp7 Total L.L. (kg/m) $q_{LH} (1,2 D.L + 1,6 L.L)$	811.225	600.000	600.000
		$b \times h_{maks} =$	250 kg/m ²		811.225	600.000	600.000
					4781.463	3993.870	3993.870

Tabel Distribusi Beban Pada Balok Induk Memanjang Atap

Tiik	Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang CD=DE-U-JK	Bentang BC=EF-HI-KL	Bentang FG=GH	
As3+As5	CD=DE-U-JK BC=EF-HI-KL FG=GH	Dimensi Balok					
		$b_{balok} =$	0.35 m	Beban mati (D.L) - Berat pelat Tp1+Tp4 - Berat pelat Tp2+Tp7 - Berat pelat Tp2+Tp7 - Berat sendiri balok Total D.L. (kg/m)	1213.593	906.950	906.950
		$h_{balok} =$	0.50 m		420.000	420.000	420.000
		$q_{DL} =$	374 kg/m ²		1633.593	1326.950	1326.950
		$q_{LL} =$	120 kg/m ²				
		$H_{maks} =$	4.00 m				
		$\gamma_{beton} =$	2400 kg/m ³	Beban hidup (L.L) - Berat pelat Tp1+Tp4 - Berat pelat Tp2+Tp7 - Berat pelat Tp2+Tp7 Total L.L. (kg/m) $q_{LH} (1,2 D.L + 1,6 L.L)$	389.388	288.000	288.000
		$b \times h_{maks} =$	250 kg/m ²		389.388	288.000	288.000
					2583.332	2053.140	2053.140





Tabel Distribusi Beban Pada Balok Induk Memanjang Lantai 1 - 2

Titik	Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang AB=LM		
As2=As6	AB=LM	Dimensi Balok $b_{balok} = 0.35 \text{ m}$ $h_{balok} = 0.50 \text{ m}$	Beban mati (D.L)			
			- Berat pelat Tp9	396.067		
			- Berat sendiri balok	420.000		
					- Berat dinding	1000.000
					Total D.L (kg/m)	1816.067
				$q_{D.L} = 457 \text{ kg/m}^2$ $q_{L.L} = 250 \text{ kg/m}^2$ $H_{lantai} = 5.00 \text{ m}$	Beban hidup (L.L)	
					- Berat pelat Tp9	216.667
				$\gamma_{beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$ $b.s.bata = 250 \text{ kg/m}$	Total L.L (kg/m)	216.667
			$q_{ult} (1,2 \text{ D.L} + 1,6 \text{ L.L})$	2525.947		

Tabel Distribusi Beban Pada Balok Induk Memanjang Lantai 2 - 9

Titik	Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang AB=LM		
As2=As6	AB=LM	Dimensi Balok $b_{balok} = 0.35 \text{ m}$ $h_{balok} = 0.50 \text{ m}$	Beban mati (D.L)			
			- Berat pelat Tp9	396.067		
			- Berat sendiri balok	420.000		
					- Berat dinding	1000.000
					Total D.L (kg/m)	1816.067
				$q_{D.L} = 457 \text{ kg/m}^2$ $q_{L.L} = 250 \text{ kg/m}^2$ $H_{lantai} = 4.00 \text{ m}$	Beban hidup (L.L)	
					- Berat pelat Tp9	216.667
				$\gamma_{beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$ $b.s.bata = 250 \text{ kg/m}$	Total L.L (kg/m)	216.667
			$q_{ult} (1,2 \text{ D.L} + 1,6 \text{ L.L})$	2525.947		

Tabel Distribusi Beban Pada Balok Induk Memanjang Atap

Titik	Bentang	Data-data	Komponen Beban	Bentang AB=LM		
As2=As6	AB=LM	Dimensi Balok $b_{balok} = 0.35 \text{ m}$ $h_{balok} = 0.50 \text{ m}$	Beban mati (D.L)			
			- Berat pelat Tp9	324.133		
			- Berat sendiri balok	420.000		
					Total D.L (kg/m)	744.133
				$q_{D.L} = 374 \text{ kg/m}^2$ $q_{L.L} = 120 \text{ kg/m}^2$ $H_{lantai} = 4.00 \text{ m}$	Beban hidup (L.L)	
					- Berat pelat Tp9	104.000
				$\gamma_{beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$ $b.s.bata = 250 \text{ kg/m}$	Total L.L (kg/m)	104.000
					$q_{ult} (1,2 \text{ D.L} + 1,6 \text{ L.L})$	1059.360

1. Pembebanan Memanjang Portal As.1 = As.7

A. Beban Mati (kg/m)

Tingkat	Bentang									
	B - C	C - D	D - E	E - F	F - G	G - H	H - I	I - J	J - K	K - L
Atap	1087.133	1267.552	1267.552	1087.133	1087.133	1087.133	1087.133	1267.552	1267.552	1087.133
2 - 9	2185.567	2541.025	2541.025	2185.567	2185.567	2185.567	2185.567	2541.025	2541.025	2185.567
1 - 2	2185.567	2541.025	2541.025	2185.567	2185.567	2185.567	2185.567	2541.025	2541.025	2185.567

B. Beban Hidup (kg/m)

Tingkat	Bentang									
	B - C	C - D	D - E	E - F	F - G	G - H	H - I	I - J	J - K	K - L
Atap	164	221.888	221.888	164	164	164	164	221.888	221.888	164
2 - 9	341.667	462.268	462.268	341.667	341.667	341.667	341.667	462.268	462.268	341.667
1 - 2	341.667	462.268	462.268	341.667	341.667	341.667	341.667	462.268	462.268	341.667

2. Pembebanan Memanjang Portal As.3 = As.5

A. Beban Mati (kg/m)

Tingkat	Bentang									
	B - C	C - D	D - E	E - F	F - G	G - H	H - I	I - J	J - K	K - L
Atap	1731.95	2173.593	2173.593	1731.95	1731.95	1731.95	1731.95	2173.593	2173.593	1731.95
2 - 9	2513.225	3022.919	3022.919	2513.225	2513.225	2513.225	2513.225	3022.919	3022.919	2513.225
1 - 2	2513.225	3022.919	3022.919	2513.225	2513.225	2513.225	2513.225	3022.919	3022.919	2513.225

B. Beban Hidup (kg/m)

Tingkat	Bentang									
	B - C	C - D	D - E	E - F	F - G	G - H	H - I	I - J	J - K	K - L
Atap	288	389.388	389.388	288	288	288	288	389.388	389.388	288
2 - 9	600	811.225	811.225	600	600	600	600	811.225	811.225	600
1 - 2	600	811.225	811.225	600	600	600	600	811.225	811.225	600



3. Pembebanan Melintang Portal B = Portal L

A. Beban Mati (kg/m)

Tingkat	Bentang				
	1 - 3	3 - 4	4	4 - 5	5 - 7
Atap	1303.193	872.863	-	872.863	1303.193
2 - 9	2383.575	1677.744	-	1677.744	2383.575
1 - 2	2383.575	1677.744	-	1677.744	2383.575

B. Beban Hidup (kg/m)

Tingkat	Bentang				
	1 - 3	3 - 4	4	4 - 5	5 - 7
Atap	194.028	254.000	-	254.000	194.028
2 - 9	404.226	529.167	-	529.167	404.226
1 - 2	404.226	529.167	-	529.167	404.226

4. Pembebanan Melintang Portal C = Portal K

A. Beban Mati (kg/m)

Tingkat	Bentang			
	1 - 3	3 - 5	4	5 - 7
Atap	1945.226	1162.713	1210.958	1945.226
2 - 9	3168.092	2346.919	1945.004	3168.092
1 - 2	3168.092	2346.919	1945.004	3168.092

B. Beban Hidup (kg/m)

Tingkat	Bentang			
	1 - 3	3 - 5	4	5 - 7
Atap	206.000	347.000	323.088	206.000
2 - 9	429.167	722.917	673.100	429.167
1 - 2	429.167	722.917	673.100	429.167

5. Pembebanan Melintang Portal D = Portal J

A. Beban Mati (kg/m)

Tingkat	Bentang			
	1 - 3	3 - 5	4	5 - 7
Atap	1860.067	1155.700	1183.956	1860.067
2 - 9	3064.033	2338.350	2099.074	3064.033
1 - 2	3064.033	2338.350	2099.074	3064.033

B. Beban Hidup (kg/m)

Tingkat	Bentang			
	1 - 3	3 - 5	4	5 - 7
Atap	412.000	186.000	341.376	412.000
2 - 9	858.330	387.500	711.200	858.330
1 - 2	858.330	387.500	711.200	858.330



6. Pembebanan Melintang Portal E = Portal I

A. Beban Mati (kg/m)

Tingkat	Bentang			
	1 - 3	3 - 5	4	5 - 7
Atap	1945.226	1162.713	1210.958	1945.226
2 - 9	3168.092	2346.919	1945.004	3168.092
1 - 2	3168.092	2346.919	1945.004	3168.092

B. Beban Hidup (kg/m)

Tingkat	Bentang			
	1 - 3	3 - 5	4	5 - 7
Atap	206.000	347.000	341.376	206.000
2 - 9	429.167	722.917	673.100	429.167
1 - 2	429.167	722.917	673.100	429.167

7. Pembebanan Melintang Portal F = Portal H

A. Beban Mati (kg/m)

Tingkat	Bentang			
	1 - 3	3 - 5	4	5 - 7
Atap	1785.443	1169.725	1184.717	1785.443
2 - 9	2972.849	2355.488	1725.836	2972.849
1 - 2	2972.849	2355.488	1725.836	2972.849

B. Beban Hidup (kg/m)

Tingkat	Bentang			
	1 - 3	3 - 5	4	5 - 7
Atap	388.057	190.500	287.717	388.057
2 - 9	808.451	396.875	599.409	808.451
1 - 2	808.451	396.875	599.409	808.451

8. Pembebanan Melintang Portal G

A. Beban Mati (kg/m)

Tingkat	Bentang			
	1 - 3	3 - 5	4	5 - 7
Atap	1785.443	1169.725	1131.473	1598.267
2 - 9	2972.849	2355.488	1660.737	2744.133
1 - 2	2972.849	2355.488	1660.737	2744.133

B. Beban Hidup (kg/m)

Tingkat	Bentang			
	1 - 3	3 - 5	4	5 - 7
Atap	388.057	190.500	270.633	328.000
2 - 9	808.451	396.875	563.818	683.333
1 - 2	808.451	396.875	563.818	683.333

9. Pembebanan Melintang Portal A = Portal M

A. Beban Mati (kg/m)

Tingkat	Bentang	
	2 - 4	4 - 6
Atap	1036.468	1036.468
2 - 9	2179.067	2179.067
1 - 2	2179.067	2179.067

B. Beban Hidup (kg/m)

Tingkat	Bentang	
	2 - 4	4 - 6
Atap	147.744	147.744
2 - 9	307.799	307.799
1 - 2	307.799	307.799



TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEDUNG ATC
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL/ FTSP/ ITS SURABAYA
2004

BAB V
ANALISA STRUKTUR UTAMA



BAB V

ANALISA STRUKTUR UTAMA

5.1 Kriteria Disain

Struktur utama adalah sistem rangka bangunan yang merupakan rangkaian dari balok, kolom, serta dinding geser dari balok bertulang, selain berfungsi untuk meneruskan seluruh beban gravitasi ke pondasi, struktur utama juga diproporsikan sebagai sistem penahan beban lateral dari konstruksi gedung yang direncanakan dimana pelat-pelat lantai diasumsikan sebagai diafragma yang sangat kaku pada bidangnya. Balok-balok anak yang telah dihitung sebelumnya bukan merupakan struktur utama sehingga pengaruhnya hanya sebagai beban-beban terpusat saja.

Dalam memenuhi persyaratan perencanaan seismik komponen struktur menurut standar beton 1991, struktur utama direncanakan dengan sistem daktilitas penuh atau tingkat daktilitas tiga. Pada konsep disain ini, struktur direncanakan sedemikian rupa dengan pendetailan khusus sehingga mampu berperilaku in-elastis terhadap beban siklis gempa tanpa mengalami keruntuhan getas.

5.2 Analisa Struktur Utama

Pada dasarnya, tujuan utama analisa struktur adalah untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya dalam yang diterima setiap komponen struktur. Pada perencanaan ini, analisa dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 (*Structural Analysis Program 2000*). Dimana struktur utama merupakan sistem rangka terbuka dan dimodelkan sebagai 3D-*space frame* (portal ruang). Pelat-pelat sebagai diafragma yang kaku pada bidangnya, menyebabkan semua titik pada tiap taraf lantai tidak dapat bergerak relatif di antara sesamanya. Perilaku diafragma ini diwakili oleh sebuah *Master of Joints* yang terletak pada pusat massa dari tiap lantai.



Analisa yang dilakukan adalah analisa statik ekuivalen 3 dimensi. Sehubungan dengan analisa tersebut, prosedur perhitungan pusat massa dan momen inersia massa tiap lantai dari struktur adalah dengan membagi tiap lantai dalam beberapa segmen tersebut memiliki luas titik berat, dan massa tertentu. Adapun koordinat titik berat massa dihitung dari koordinat acuan global.

5.3 Metode Analisa

Struktur utama dianalisa dengan menggunakan program SAP 2000. Dimana sistem struktur dari balok induk dan kolom sebagai portal terbuka (*open frame*) dengan perletakan jepit pada dasar kolom.

Untuk menyalurkan gaya lateral supaya bisa diterima oleh komponen struktur penahan gaya lateral, maka lantai dimodelkan sebagai diafragma yang kaku (*rigid floor diafragma*). Jadi seluruh join dalam satu bidang lantai dianggap tidak dapat bergerak relatif satu terhadap lainnya. *Displacement* dari *Master of Joints*, yaitu suatu join yang menggambarkan atau mewakili tingkah laku suatu diafragma, dimana letak *master join* ini ditentukan berdasarkan perhitungan pusat massa dari tiap-tiap lantai.

5.4 Data Satuan dan Data Material

Seluruh satuan yang dipakai dalam analisa struktur utam ini adalah :

- kg : dimensi gaya
- m (meter) : dimensi panjang
- detik : dimensi waktu
- mutu beton : $f_c' = 30$ Mpa
- mutu baja lunak : $f_y = 390$ Mpa



5.5 Pembebanan Struktur Utama

5.5.1 Beban Mati

Untuk beban mati, diperhitungkan seluruh beban akibat berat sendiri balok, kolom. Pelat, dinding/panel, seluruh struktur dan semua elemen lain yang bersifat tetap sepanjang umur rencana gedung.

5.5.2 Beban Hidup

Beban hidup tidak selalu terjadi setiap saat. Peluang terjadinya beban hidup penuh yang membebani semua bagian dan semua struktur pemikul secara serempak selama umur gedung tersebut adalah sangat kecil. Oleh sebab itu, beban hidup dianggap tidak efektif sepenuhnya. Beban ini berupa beban terpusat atau beban merata yang diterima langsung oleh struktur utama yang disalurkan melalui elemen struktur sekunder.

Sesuai dengan peraturan PPI '83, untuk beban dalam perhitungan balok induk dan portal diberikan reduksi sebagai berikut :

- Pada perencanaan balok-balok induk dan portal dari sistem struktur utama, beban hidup terbagi rata rencana dapat dikalikan dengan 0.5 untuk perkuliahan.

5.5.3 Beban Gempa

Beban hidup pada gedung ikut menentukan besarnya beban gempa rencana yang harus dipikul oleh sistem struktur.

5.5.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan pokok yang diperhitungkan didasarkan pada SK SNI – T15 – 1991 sebagai berikut:

1. Kuat yang perlu menahan beban mati D dan beban hidup L paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,2 D + 1,6 L \quad \dots \text{SK SNI T} - 15 - 1991 - 03 \text{ ps. } 3.2.2.1$$
2. Bila ketahanan struktur terhadap gempa harus diperhitungkan pada perancangan maka nilai ultimate diambil sebesar :

$$U = 1,05 (D + L_r \pm E) \quad \dots \text{SK SNI T} - 15 - 1991 - 03 \text{ ps. } 3.2.2.3$$



Dimana :

L_r adalah beban hidup yang telah direduksi sesuai dengan persyaratan PPTGIUG '83 Tabel 3.3 yang menyebutkan bahwa untuk peninjauan gempa maka beban hidup boleh direduksi sebesar 0,5 untuk perkuliahan.

Khusus untuk beban gempa, percepatan gempa rencana diambil menurut diagram koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 4 dengan kondisi tanah lunak seperti yang terdapat dalam PPTGIUG '83 Gambar 3.3.

Analisa struktur utama dari gedung ini meliputi perencanaan balok induk, kolom dan dinding geser sebagai elemen utama dari gedung. Dimana struktur utama tersebut direncanakan menerima beban gravitasi dan beban lateral gempa. Balok anak beserta pelat yang dipikul oleh balok induk dianggap hanya membebaninya sebagai beban terpusat.

5.6 Analisa Gempa Nominal Statik Ekuivalen

Pada tugas akhir ini, telah dikemukakan bahwa analisa beban gempa yang dipakai adalah Analisa Statik Ekuivalen 3 dimensi. Mengingat pada struktur gedung beraturan pembebanan gempa nominal akibat pengaruh beban rencana dapat ditampilkan sebagai beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai-lantai tingkat.

Kombinasi arah pembebanan gempa pada struktur didasarkan pada PPTGIUG 1983 pasal P.3.3.1 yaitu sebagai berikut :

- Gravitasi ± 100 % gempa arah X ± 30 % gempa arah Y
- Gravitasi ± 30 % gempa arah X ± 100 % gempa arah Y

Untuk perencanaan diambil dari hasil yang paling berbahaya (terbesar) dari dua kombinasi tersebut. Sebagai kontrol perlu diperhatikan (menurut PPTGIUG 1983) :

- rasio antara simpangan antar tingkat dan tinggi tingkat yang bersangkutan tidak boleh melampaui 0,005.
- Dalam segala hal simpangan antar tingkat tersebut tidak boleh lebih dari 2 cm.



- Gaya geser di tingkat dasar (V_d) tidak boleh kurang dari $0,9 \times C_d \times W_t$ (dimana C_d ditentukan menurut pasal 3.4.1 PPTGIUG 1983) atau dalam tugas akhir ini disebut V_s .

5.7 Analisa Struktur Menggunakan Program SAP 2000

5.7.1 Data SAP 2000

Berikut ini akan dijelaskan secara singkat mengenai input data struktur utama yang dibuat berdasarkan buku petunjuk (manual) dan contoh-contoh SAP 2000 yang berhubungan dengan analisa struktur ini.

A. Menu File

1. New Model, item menu ini digunakan untuk membuat model baru dengan koordinat *Cartesian* atau *Cylindrical*. Dari item menu ini dapat ditentukan jumlah grid atau arah sumbu global X, Y, Z dan jaraknya.
2. New Model From Template, item ini digunakan untuk membuat model baru dengan memilih macam model dari template yang ada pada SAP 2000.

B. Menu Define

1. Materials, item menu ini digunakan untuk menentukan tipe material yang akan digunakan pada model struktur, dari item menu ini dapat ditentukan kuat bahan, modulus elastisitas bahan, berat volume bahan, massa bahan dan sebagainya.
2. Frame Sections, item menu ini digunakan untuk menentukan bentuk penampang potongan elemen frame, misalnya bentuk segi empat, siku, lingkaran, siku ganda, dan lain sebagainya.
3. Static Load Cases, item menu ini digunakan untuk menentukan tipe pembebanan yang akan dikerjakan pada struktur, misalnya beban mati (Dead), Beban Hidup (Live), beban gempa (Quake) dan lain sebagainya.
4. Respon Spektrum Function, item menu ini digunakan untuk menentukan fungsi Respon Spectrum yang akan digunakan untuk analisa dinamik.
5. Respon Spectrum Cases, item menu ini digunakan untuk menentukan tipe Respon Spectrum yang akan digunakan pada butir 4.



6. Load Combinations, item menu ini digunakan untuk menentukan kombinasi pembebanan.

C. Menu Draw

1. Add Special Joint, item menu ini digunakan untuk menambah joint baru yang tidak berhubungan dengan elemen frame.
2. Draw Frame Element, item menu ini digunakan untuk menggambar element frame.
3. Edit Grid, item menu ini digunakan untuk menambah, memindah dan menghapus grid.

D. Menu Select

Select, item menu ini digunakan untuk memilih objek dengan berbagai cara pilihan, dan berbagai cara objek yang dipilih.

E. Menu Assign, sebelum menggunakan item menu ini harus dipilih dulu objeknya, berikut ini beberapa item dalam menu assign :

1. Joint, item menu ini digunakan untuk menentukan *Restrain, constraint, springs, massa* dan sumbu lokal joint.
2. Frame, item menu ini digunakan untuk menentukan *sections, releases, sumbu lokal, end offset, out segments, prestress*, dan lain-lain.

F. Menu Analyze

1. Set Options, item menu ini digunakan untuk menentukan pilihan analisis struktur dalam 2D atau 3D, analisis dinamik, $P-\Delta$, menyimpan hasil analisis dalam file database dan lain sebagainya.
2. Run, item menu ini digunakan untuk *running* analisa struktur.



G. Menu Display

1. Show Undeformed Shape, item menu ini digunakan untuk menampilkan gambar struktur tak terdeformasi.
2. Show Load, item menu ini digunakan untuk menampilkan beban-beban yang dikerjakan pada struktur. Macam beban yang dapat ditampilkan ialah beban joint, beban elemen frame dan beban shell.

H. Menu Design

1. Steel Design, item menu ini digunakan untuk menentukan design struktur dengan code (peraturan) baja.
2. Concrete Design, item menu ini digunakan untuk menentukan disain struktur dengan code (peraturan) beton.

I. Menu Options

1. Preferences, item menu ini digunakan untuk menentukan parameter-parameter untuk disain struktur baja dan beton.
2. Lock Model, item menu ini digunakan untuk melepas kunci apabila ingin dilakukan modifikasi model setelah struktur dilakukan analisa atau disain.



5.7.2 Data-Data Input SAP 2000

A. Satuan

Seluruh satuan yang digunakan dalam menganalisa struktur utama gedung ini adalah :

- kg (kilo-gram) : untuk dimensi gaya
- m (meter) : untuk dimensi panjang (jarak)

B. Material

Material yang digunakan dalam struktur gedung ini adalah :

- Jenis Bahan : Beton bertulang
- Berat Volume : 2400 kg/m^3
- Mutu Beton ($f'c$) : 30 MPa
- Mutu Baja (f_y) : 390 Mpa
- Modulus Elastisitas (E_c) : $2.625 \times 10^9 \text{ kg/m}^3$

C. Pembebanan Vertikal

Pembebanan Vertikal meliputi berat sendiri elemen struktur (beban mati) serta beban hidup yang bekerja pada struktur secara vertikal. Seluruh beban vertikal dimasukkan melalui pembebanan pada bentang balok termasuk beban joint. Beban dari pelat ke balok didistribusikan sebagai beban segitiga maupun beban trapesium.

D. Pembebanan Lateral

Pembebanan lateral berasal dari beban gempa (statik ekuivalen) atau beban angin yang bekerja. Oleh karena beban angin sangat kecil pengaruhnya maka dapat diabaikan.

E. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi dan faktor beban yang dipakai berdasarkan SK SNI T - 15 - 1991 - 03 ps 3.2.2

- * Kombinasi terhadap beban mati dan hidup :

$$U = 1.2D + 1.6L$$

- * Kombinasi terhadap beban gempa :

$$U = 1.05(D + L_R \pm m_x E_x \pm m_y E_y)$$



Dimana :

- D = Beban mati
 L_R = Beban hidup tereduksi perencanaan gempa (0.5L)
 E_{xy} = Beban gempa arah X dan Y
 M_{xy} = Faktor pengali beban gempa arah X dan Y

Faktor pengali beban gempa (m) terdiri dari :

- Faktor Jenis Struktur (R)

Berdasarkan persyaratan perencanaan struktur tingkat daktilitas penuh, maka besarnya beban gempa rencana dihitung dengan $R= 8.5$.

- Persentase beban gempa arah sumbu X dan Y (%)

Berdasarkan PPTGIUG'83 ps. 2.3., besarnya persentase beban gempa yang diberikan untuk tiap – tiap arah sumbunya adalah :

- Gravitasi ± 100 % gempa arah X ± 30 % gempa arah Y
- Gravitasi ± 30 % gempa arah X ± 100 % gempa arah Y

Total faktor pengali beban gempa :

- $m_x = 1 \times 1.0 = 1.0$; $m_y = 1 \times 0.3 = 0.3$
- $m_x = 1 \times 0.3 = 0.3$; $m_y = 1 \times 1.0 = 1$

Load Combination pada analisa struktur utama.

$$U = 1.2D + 1.6L$$

$$U = 1.05D + 0.84 L + 1.05 E_x + 0.315 E_y$$

$$U = 1.05D + 0.84 L + 1.05 E_x - 0.315 E_y$$

$$U = 1.05D + 0.84 L - 0.315 E_x + 1.05 E_y$$

$$U = 1.05D + 0.84 L - 0.315 E_x - 1.05 E_y$$

5.8 Permodelan Pembebanan Balok Induk

Beban-beban yang bekerja pada balok induk adalah berat sendiri balok induk tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan beban merata di atasnya). Distribusi bebannya didasarkan pada cara *Tributary Area*, yaitu beban pelat



dinyatakan dalam bentuk trapesium maupun segitiga. Variasi pembebanan dan beban ekuivalen yang terjadi pada perhitungan balok induk ini dapat dilihat pada bab sebelumnya.

5.9 Simpangan Antar Tingkat

Dalam PPTGIIUG '83 Bab III pasal 3.6.2 dan penjelasannya, menyatakan terhadap simpangan antar tingkat telah diadakan pembatasan-pembatasan untuk menjamin agar kenyamanan bagi para penghuni gedung tidak terganggu dan untuk mengurangi momen-momen sekunder yang terjadi akibat penyimpangan garis kerja axial di dalam kolom-kolom (*PA - effect*). Hal ini khususnya penting untuk unsure-unsur langsing dan gaya.

Simpangan antar tingkat dari suatu titik pada suatu lantai harus ditentukan sebagai simpangan horizontal titik itu relatif terhadap titik yang bersangkutan pada lantai di bawahnya.

Perbandingan antar simpangan antar tingkat dan tinggi yang bersangkutan tidak boleh melampaui 0,005, dengan ketentuan bahwa dalam segala hal simpangan tersebut tidak boleh lebih dari 2 cm. Dari output SAP 2000 untuk displacement dipilih simpangan pada daerah sudut, dan dapat ditabelkan.

PERHITUNGAN GAYA GESER DASAR HORIZONTAL

1. Kriteria Desain

Data-data perencanaan :

- di zona 4 Peta Wilayah Gempa Indonesia
- di atas tanah lunak
- fungsi bangunan sebagai Riset Dan Perkuliahan
- mutu beton : $f_c' = 30$ Mpa
- baja : $f_y = 390$ Mpa

2. Peraturan yang Dipakai

Peraturan-peraturan yang digunakan dalam perencanaan sebagai berikut :

- SNI-03-2847-1992 : " Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung "
- SNI 03 - 1726 - 2002 : " Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung "
- PPIUG 1983 : " Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung "

Dimensi elemen struktur

- . Balok melintang 40 cm x 60 cm
- . Balok memanjang : 35 cm x 50 cm

- . Kolom 80 cm x 80 cm (semua elemen)
- . Pelat atap/lantai, $t = 120$ cm

3 Perhitungan Gaya Geser Dasar Horizontal Akibat Gempa dan Distribusinya ke Sepanjang Tinggi Gedung

A. Berat Bangunan Total

a. Berat Atap

Beban Mati

-pelat atap	=	$(18*57)*0,12*2400$	=	295488.00	kg
-balok induk memanjang	=	$4*57*0,35*0,50*2400$	=	95760.00	kg
-balok induk melintang	=	$((11*18)+(2*13.7))*0,40*0,60*2400$	=	129830.40	kg
-balok anak memanjang	=	$53*0,30*0,40*2400$	=	15264.00	kg
-kolom	=	$55*2*0,80*0,80*2400$	=	95040.00	kg
-plafon+penggantung	=	$18*53*(11+7)$	=	17172.00	kg
-ducting	=	$18*53*40$	=	38160.00	kg
<hr/>					
<i>W_{DAtap}</i>			=	686714.40	kg

Beban hidup atap

- beban hidup atap	=	100 kg/m ²			
- beban air hujan	=	20 kg/m ²			
<i>W_{HAtap}</i>	=	$0,3*(18*53)*120$	=	34344.00	kg (koefisien reduksi = 0,3 ;PPIUG 1983 Tabel 3.3)

<i>Beban Total</i>	<i>W_{Atap}</i>	=	$W_{DAtap} + W_{HAtap}$	=	721058.40	kg
--------------------	-------------------------	---	-------------------------	---	-----------	----

b. Berat Lantai 3 - 9

Beban Mati

-pelat lantai	=	$(18*57)*0,12*2400$	=	295488.00	kg
-balok induk memanjang	=	$4*57*0,35*0,50*2400$	=	95760.00	kg
-balok induk melintang	=	$((11*18)+(2*13.7))*0,40*0,60*2400$	=	129830.40	kg
-balok anak memanjang	=	$53*0,30*0,40*2400$	=	15264.00	kg
-kolom	=	$55*4*0,80*0,80*2400$	=	190080.00	kg
-tegel (2 cm)	=	$(18*57)*0,02*2400$	=	49248.00	kg
-spesi (2 cm)	=	$(18*57)*0,02*2100$	=	43092.00	kg
-plafon+penggantung	=	$18*53*(11+7)$	=	17172.00	kg
-ducting	=	$18*53*40$	=	38160.00	kg
<hr/>					
<i>W_{D3-9}</i>			=	874094.40	kg

Beban hidup lantai 2-9

- beban hidup lantai kantor	=	250 kg/m ²			
<i>W_{H2-9}</i>	=	$0,3*(18*57)*250$	=	76950.00	kg (koefisien reduksi = 0,3 ;PPIUG 1983 Tabel 3.3)

<i>Beban Total</i>	<i>W₃₋₉</i>	=	$W_{D2-9} + W_{H2-9}$	=	951044.40	kg
--------------------	------------------------	---	-----------------------	---	-----------	----

c. **Berat Lantai 1-2**

Beban Mati

-pelat lantai	=	$(18 \times 57) \times 0,12 \times 2400$	=	295488.00	kg
-balok induk memanjang	=	$4 \times 57 \times 0,35 \times 0,50 \times 2400$	=	95760.00	kg
-balok induk melintang	=	$((11 \times 18) + (2 \times 13.7)) \times 0,40 \times 0,60 \times 2400$	=	15264.00	kg
-balok anak memanjang	=	$53 \times 0,30 \times 0,40 \times 2400$	=	190080.00	kg
-kolom	=	$55 \times 5 \times 0,80 \times 0,80 \times 2400$	=	237600.00	kg
-tegel (2 cm)	=	$(18 \times 57) \times 0,02 \times 2400$	=	49248.00	kg
-spesi (2 cm)	=	$(18 \times 57) \times 0,02 \times 2100$	=	43092.00	kg
-plafon+penggantung	=	$18 \times 53 \times (11+7)$	=	17172.00	kg
-ducting	=	$18 \times 53 \times 40$	=	38160.00	kg
W_{D1-2}			=	981864.00	kg

Beban hidup lantai 1-2

- beban hidup lantai kantor	=	250 kg/m ²			
W_{H1-2}	=	$0,3 \times (18 \times 57) \times 250$	=	76950.00	kg (koefisien reduksi = 0,3 ;PPIUG 1983 Tabel 3.3)

Beban Total W_{1-2}	=	$W_{D1-2} + W_{H1-2}$	=	1058814.00	kg
---	---	-----------------------	---	-------------------	-----------

d. **Berat Lantai G-1**

Beban Mati

-pelat lantai	=	$(18 \times 57) \times 0,12 \times 2400$	=	295488.00	kg
-balok induk memanjang	=	$4 \times 57 \times 0,35 \times 0,50 \times 2400$	=	95760.00	kg
-balok induk melintang	=	$((11 \times 18) + (2 \times 13.7)) \times 0,40 \times 0,60 \times 2400$	=	237600.00	kg
-balok anak memanjang	=	$53 \times 0,30 \times 0,40 \times 2400$	=	49248.00	kg
-kolom	=	$55 \times 3 \times 0,80 \times 0,80 \times 2400$	=	142560.00	kg
-tegel (2 cm)	=	$(18 \times 57) \times 0,02 \times 2400$	=	49248.00	kg
-spesi (2 cm)	=	$(18 \times 57) \times 0,02 \times 2100$	=	43092.00	kg
-plafon+penggantung	=	$18 \times 53 \times (11+7)$	=	17172.00	kg
-ducting	=	$18 \times 53 \times 40$	=	38160.00	kg
W_{DG-1}			=	968328.00	kg

Beban hidup lantai G-1

- beban hidup lantai kantor	=	250 kg/m ²			
W_{HG-1}	=	$0,3 \times (18 \times 57) \times 250$	=	76950.00	kg (koefisien reduksi = 0,3 ;PPIUG 1983 Tabel 3.3)

Beban Total W_{G-1}	=	$W_{DG-1} + W_{HG-1}$	=	1045278.00	kg
---	---	-----------------------	---	-------------------	-----------

e. Berat Total Bangunan

$$W_t = W_{ump} + W_9 + W_8 + W_7 + W_6 + W_5 + W_4 + W_3 + W_2 + W_1 = 10433505.60 \text{ kg}$$

B. Waktu Getar Alami Struktur Gedung (T)

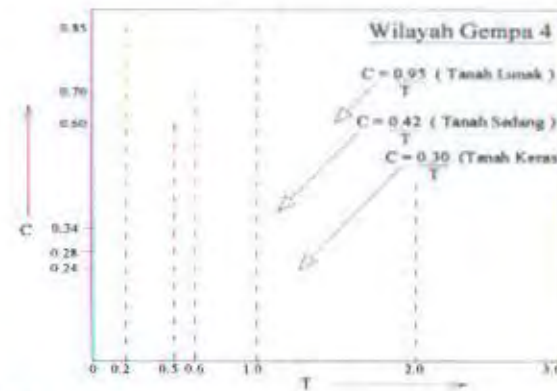
$$T_x = T_y = 0,06 H^{3/4} \text{ (PPTGIUG 1983 pasal 3.4.5.a untuk portal beton)} \\ = 0.9543 \text{ detik}$$

C. Koefisien Gempa Dasar (C)

Untuk $T_x = T_y = 0.9543$ detik
Zone 4

Jenis tanah lunak

Dari Gambar 4. Koefisien gempa dasar, diperoleh $C = 0,85$



D. Faktor Keutamaan (I) da faktor jenis struktur (K)

I = 1 (Gedung perkantoran termasuk (e) Gedung-gedung lain, lihat PPTGIUG 1983 Tabel 3-1)
R = 8.5 (Portal Daktail Beton Bertulang, lihat PPTGIUG 1983 Tabel 3-2)

E. Gaya Geser Horizontal Total Akibat Gempa (SNI - 03 - 1726 - 2002)

$$V_l = \frac{C_l \times I}{R} W_t \\ V_x = V_y = \frac{C_l \times I}{R} W_t = \frac{0.85 \times 1 \times 10433505.60}{8.5} = 1043350.56 \text{ kg}$$

F. Distribusi Gaya Geser Horizontal Total Akibat Gempa ke Sepanjang Tinggi Gedung

a. Arah X

$$H/A = 40/57 = 0.701754 < 3$$

Menggunakan rumus :

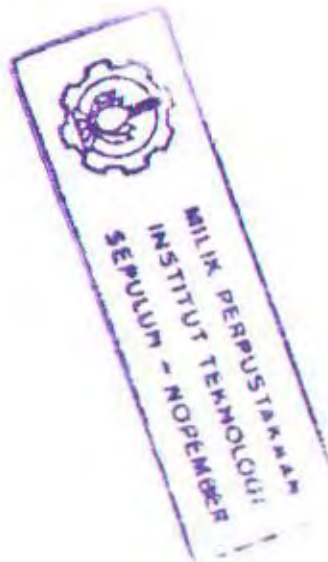
$$F_{i,x} = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \times V_x \quad (\text{PPTGIUG 1983 pasal 3.4.6})$$

b. Arah Y

$$H/A = 40/18 = 2.222222 < 3$$

Menggunakan rumus :

$$F_{i,x} = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \times V_x \quad (\text{PPTGIUG 1983 pasal 3.4.6})$$



2. Perhitungan Momen Balok-balok akibat Gempa dengan Metoda Muto

a. Perhitungan nilai D

- Kekakuan Relatif Balok

$$I_b = 0,4 I_g$$

$$K_b = I_b/l_b$$

(Momen inersia balok harus dikoreksi menjadi momen inersia efektif : $I_b = I_e = 0,4 I_g$, nilai yang dianjurkan pada "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building" oleh Paulay & Priestley, hal. 163 Tabel 4-1)

Tabel 5.2 Kekakuan Relatif Balok (K_b) untuk Portal Arah X

Balok	Dimensi balok			Portal				
	b	h	l _b	1	3	4	5	7
A-B	35	50	300	486.111	486.111	486.111	486.111	486.111
B-C	35	50	450	324.074	324.074	324.074	324.074	324.074
C-D	35	50	600	243.056	243.056	243.056	243.056	243.056
D-E	35	50	600	243.056	243.056	243.056	243.056	243.056
E-F	35	50	450	324.074	324.074	324.074	324.074	324.074
F-G	35	50	450	324.074	324.074	324.074	324.074	324.074
G-H	35	50	450	324.074	324.074	324.074	324.074	324.074
H-I	35	50	450	324.074	324.074	324.074	324.074	324.074
I-J	35	50	600	243.056	243.056	243.056	243.056	243.056
J-K	35	50	600	243.056	243.056	243.056	243.056	243.056
K-L	35	50	450	324.074	324.074	324.074	324.074	324.074
L-M	35	50	300	486.111	486.111	486.111	486.111	486.111

Tabel 5.3 Kekakuan Relatif Balok (K_b) untuk Portal Arah Y

Balok	Dimensi balok			Portal												
	b	h	l _b	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	L
1-3	40	60	550	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636
3-4	40	60	350	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857
4-5	40	60	350	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857	822.857
5-7	40	60	550	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636

Tabel 5.4 Kekakuan Relatif Balok, K_b (cm^3)

Tingkat	Portal A dan M				Portal 1,3,4,5,7											
	Balok 1-3	Balok 3-4	Balok 4-5	Balok 5-7	Balok A-B	Balok B-C	Balok C-D	Balok D-E	Balok E-F	Balok F-G	Balok G-H	Balok H-I	Balok I-J	Balok J-K	Balok K-L	Balok L-M
Atap	486.111	324.074	243.056	324.074	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636
9	486.111	324.074	243.056	324.074	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636
8	486.111	324.074	243.056	324.074	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636
7	486.111	324.074	243.056	324.074	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636
6	486.111	324.074	243.056	324.074	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636
5	486.111	324.074	243.056	324.074	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636
4	486.111	324.074	243.056	324.074	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636
3	486.111	324.074	243.056	324.074	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636
2	486.111	324.074	243.056	324.074	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636
1	486.111	324.074	243.056	324.074	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636	523.636

Kekakuan Relatif Kolom (Kk)

semua penampang kolom persegi

$I_k = 0,8 I_g$ (kolom interior, nilai yang dianjurkan)

$I_k = 0,6 I_g$ (kolom eksterior, nilai yang dianjurkan)

$Kk = I_k / I_g$

Kekakuan Relatif Kolom untuk semua lantai :

Interior = $0,8 * 1/12 * 80 * 80^3 / 400$ = 2160 cm³ 1728 cm³ 2880 cm³

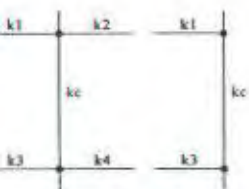
Eksterior = $0,6 * 1/12 * 80 * 80^3 / 400$ = 1620 cm³ 1296 cm³ 2160 cm³

Tabel 5.5 Kekakuan Relatif Kolom (cm³)

Lantai	Portal A s.d M							Portal 1,3,4,5,7													
	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kolom 4	Kolom 5	Kolom 6	Kolom 7	Kolom A	Kolom B	Kolom C	Kolom D	Kolom E	Kolom F	Kolom G	Kolom H	Kolom I	Kolom J	Kolom K	Kolom L	Kolom M	
Atap	1620	2160	2160	2160	2160	2160	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620
9	1620	2160	2160	2160	2160	2160	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620
8	1620	2160	2160	2160	2160	2160	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620
7	1620	2160	2160	2160	2160	2160	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620
6	1620	2160	2160	2160	2160	2160	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620
5	1620	2160	2160	2160	2160	2160	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620
4	1620	2160	2160	2160	2160	2160	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620
3	1620	2160	2160	2160	2160	2160	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620
2	1296	1728	1728	1728	1728	1728	1296	1296	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1728	1296
1	2160	2880	2880	2880	2880	2880	2160	2160	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2160

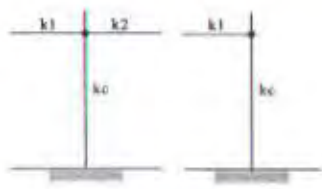
menentukan harga kr , a dan y (jarak titik balik dari bawah kolom)

dari Aseismic Desain Analysis of Building, Kiyoshi Muto, Fig. 12-6 Calculation of D-Value of Frame, hal. 269)



$$= (k1+k2+k3+k4)/(2kc)$$

$$= kr/(2+kr)$$



$$= (k1+k2)/kc$$

$$= (0,5+kr)/(2+kr)$$



Nilai D

Untuk ketinggian tingkat sama :

$$D = a \cdot kc$$

dimana :

a = konstanta ditentukan oleh kr (lihat Tabel A6 dan Tabel A7)

kc = rasio kekakuan kolom

Tabel 5.8 Nilai D-kolom (cm³) untuk Portal Arah X

Tingkat	Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kolom 4	Kolom 5	Kolom 6	kolom 7	Σ D
Atap	211.346	341.118	341.118	341.118	341.118	341.118	211.346	5086.421
9	211.346	341.118	341.118	341.118	341.118	341.118	211.346	5086.421
8	211.346	341.118	341.118	341.118	341.118	341.118	211.346	5086.421
7	211.346	341.118	341.118	341.118	341.118	341.118	211.346	5086.421
6	211.346	341.118	341.118	341.118	341.118	341.118	211.346	5086.421
5	211.346	341.118	341.118	341.118	341.118	341.118	211.346	5086.421
4	211.346	341.118	341.118	341.118	341.118	341.118	211.346	5086.421
3	211.346	341.118	341.118	341.118	341.118	341.118	211.346	5086.421
2	204.671	328.162	328.162	328.162	328.162	328.162	204.671	4986.254
1	703.854	986.355	986.355	986.355	986.355	986.355	703.854	4680.750

Tabel 5.9 Nilai D-kolom (cm³) untuk Portal Arah Y

Tingkat	Kolom A	Kolom B	Kolom C	Kolom D	Kolom E	Kolom F	Kolom G	Kolom H	Kolom I	Kolom J	Kolom K	Kolom L	Kolom M	Σ D
Atap	225.391	316.098	316.098	316.098	316.098	316.098	241.324	241.324	316.098	395.725	395.725	421.463	225.391	7406.500
9	225.391	316.098	316.098	316.098	316.098	316.098	241.324	241.324	316.098	395.725	395.725	421.463	225.391	7406.500
8	225.391	316.098	316.098	316.098	316.098	316.098	241.324	241.324	316.098	395.725	395.725	421.463	225.391	7406.500
7	225.391	316.098	316.098	316.098	316.098	316.098	241.324	241.324	316.098	395.725	395.725	421.463	225.391	7406.500
6	225.391	316.098	316.098	316.098	316.098	316.098	241.324	241.324	316.098	395.725	395.725	421.463	225.391	7406.500
5	225.391	316.098	316.098	316.098	316.098	316.098	241.324	241.324	316.098	395.725	395.725	421.463	225.391	7406.500
4	225.391	316.098	316.098	316.098	316.098	316.098	241.324	241.324	316.098	395.725	395.725	421.463	225.391	7406.500
3	225.391	316.098	316.098	316.098	316.098	316.098	241.324	241.324	316.098	395.725	395.725	421.463	225.391	7406.500
2	170.526	401.860	401.860	401.860	401.860	401.860	243.591	243.591	401.860	497.266	497.266	401.860	170.526	7200.465
1	675.000	1052.308	1052.308	1052.308	1052.308	1052.308	913.611	913.611	1052.308	953.514	953.514	1052.308	575.000	12450.402



KONTROL DRIFT ANTAR TINGKAT

$$\delta_i = \frac{W_i}{(\alpha \sum D_i)} \leq \begin{matrix} 0,005 h_i \\ 2 \text{ cm} \end{matrix}$$

$$E_c = 4700(\text{fc}')^{0.5} \quad (\text{SNI -92 pasal 3.1.5.1, Modulus Elastisitas untuk Beton Normal})$$

$$= 25742.9602 \quad \text{Mpa} = 257429.602 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$\alpha = 12 E_c / h_k^2$$

Tabel 5.10 Kontrol Drift antar Tingkat Portal Arah X

Tingkat	Vi (kg)	α	αi (cm)	0,005 hi (cm)	2 (cm)	Kontrol Drift
Atap	150347.536	19.30722015	1.531	2.90	2.00	OK!
9	178409.143	19.30722015	1.847	2.90	2.00	OK!
8	156585.905	19.30722015	1.515	2.90	2.00	OK!
7	138762.667	19.30722015	1.413	2.90	2.00	OK!
6	118939.429	19.30722015	1.211	2.90	2.00	OK!
5	99116.191	19.30722015	1.009	2.90	2.00	OK!
4	79292.952	19.30722015	0.807	2.90	2.00	OK!
3	59469.714	19.30722015	0.606	2.90	2.00	OK!
2	4139.100	12.596209	0.716	2.50	2.00	OK!
1	16340.558	34.32394894	0.102	1.50	2.00	OK!

Tabel 5.11 Kontrol Drift antar Tingkat Portal Arah Y

Tingkat	Vi (kg)	α	αi (cm)	0,005 hi (cm)	2 (cm)	Kontrol Drift
Atap	150347.6357	19.30722015	1.051	2.00	2.00	OK!
9	178409.1431	19.30722015	1.248	2.00	2.00	OK!
8	156585.9050	19.30722015	1.109	2.00	2.00	OK!
7	138762.6665	19.30722015	0.970	2.00	2.00	OK!
6	118939.4287	19.30722015	0.832	2.00	2.00	OK!
5	99116.1906	19.30722015	0.693	2.00	2.00	OK!
4	79292.9525	19.30722015	0.555	2.00	2.00	OK!
3	59469.7144	19.30722015	0.416	2.00	2.00	OK!
2	4139.1002	12.596209	0.498	2.50	2.00	OK!
1	16340.5578	34.32394894	0.038	1.50	2.00	OK!

KONTROL PENGARUH P-δ

$$\text{Rasio} = \frac{\text{Momen sekunder} - \text{Momen primer} + \text{Beban Graftasi} \cdot \delta_i / (\sum V_i \times h_i) - \sum W_i \cdot \delta_i / (\sum V_i \times h_i)}$$

Bila ≤ 0.1 V_i tidak perlu diperbesar
 > 0.1 V_i perlu diperbesar $1 / (1 - \theta)$ dimana

Tabel 5.12 Kontrol Pengaruh P-δ untuk Portal Arah X

Tingkat	∑ Wi (kg)	δi (cm)	Vi (kg)	hi (cm)	Rasio	Batasan Rasio	Kontrol Rasio
Atap	721058.400	1.531	150347.536	400	0.018266015	0.1	tidak perlu
9	951044.400	1.817	178409.143	400	0.024210778	0.1	tidak perlu
8	951044.400	1.515	156585.905	400	0.024210778	0.1	tidak perlu
7	951044.400	1.413	138762.667	400	0.024210778	0.1	tidak perlu
6	951044.400	1.211	118939.429	400	0.024210778	0.1	tidak perlu
5	951044.400	1.009	99116.191	400	0.024210778	0.1	tidak perlu
4	951044.400	0.807	79292.952	400	0.024210778	0.1	tidak perlu
3	951044.400	0.505	59469.714	400	0.024210778	0.1	tidak perlu
2	951044.400	0.716	4139.100	500	0.030671424	0.1	tidak perlu
1	951044.400	0.102	16340.558	300	0.040731808	0.1	tidak perlu

Tabel 5.13 Kontrol Pengaruh P-δ untuk Portal Arah Y

Tingkat	∑ Wi (kg)	δi (cm)	Vi (kg)	hi (cm)	Rasio	Batasan Rasio	Kontrol Rasio
Atap	721058.400	1.051	150347.6357	400	0.012699011	0.1	tidak perlu
9	951044.400	1.248	178409.1431	400	0.019626775	0.1	tidak perlu
8	951044.400	1.109	156585.9050	400	0.019626775	0.1	tidak perlu
7	951044.400	0.970	138762.6665	400	0.019626775	0.1	tidak perlu
6	951044.400	0.832	118939.4287	400	0.019626775	0.1	tidak perlu
5	951044.400	0.693	99116.1906	400	0.019626775	0.1	tidak perlu
4	951044.400	0.555	79292.9525	400	0.019626775	0.1	tidak perlu
3	951044.400	0.416	59469.7144	400	0.019626775	0.1	tidak perlu
2	951044.400	0.498	4139.1002	500	0.02137817	0.1	tidak perlu
1	951044.400	0.038	16340.5578	300	0.027418207	0.1	tidak perlu



S A P 2 0 0 0 (R)

Structural Analysis Programs

Nonlinear Version 8.080

Copyright (C) 1978-2002
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.
All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

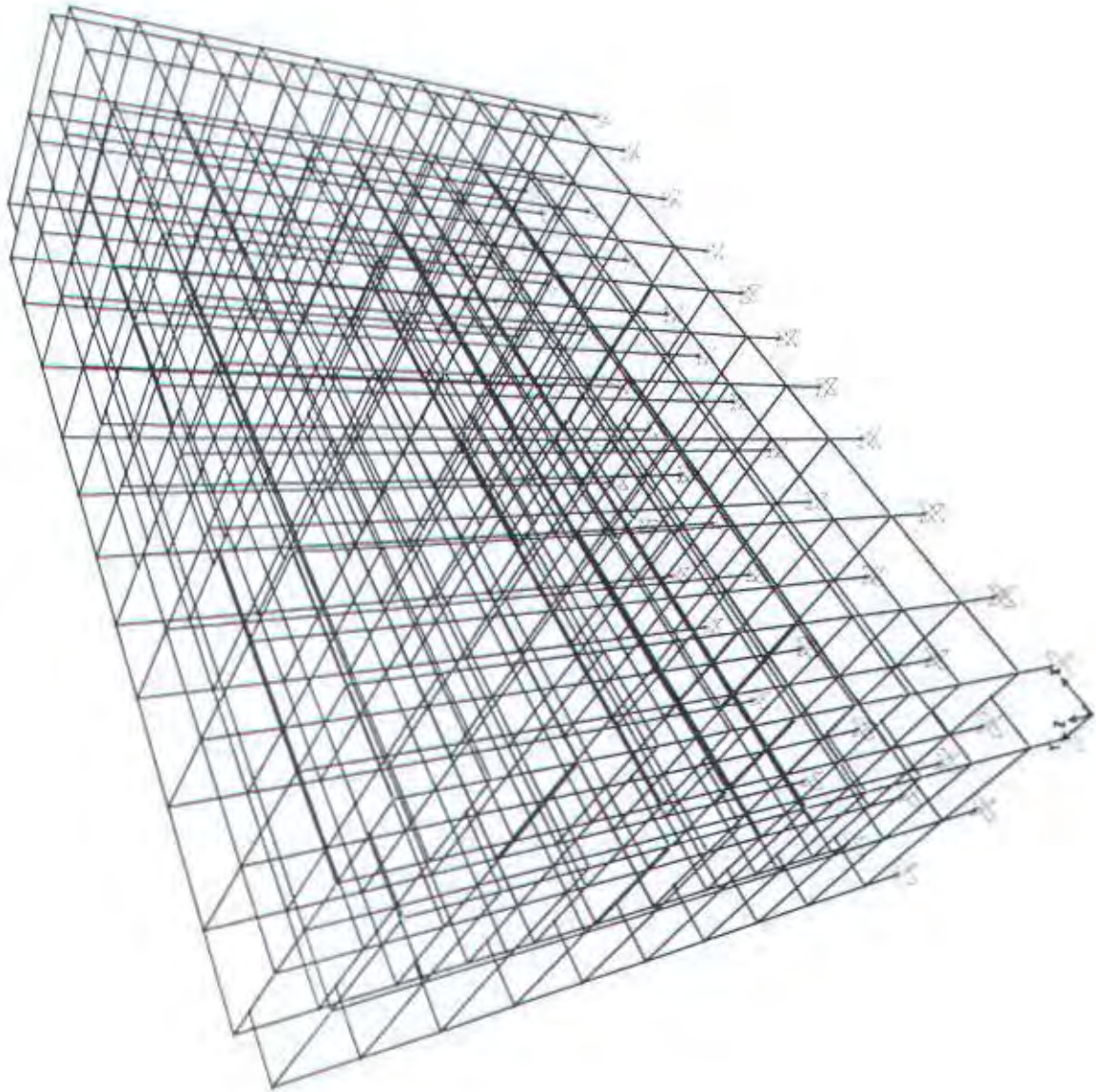
THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

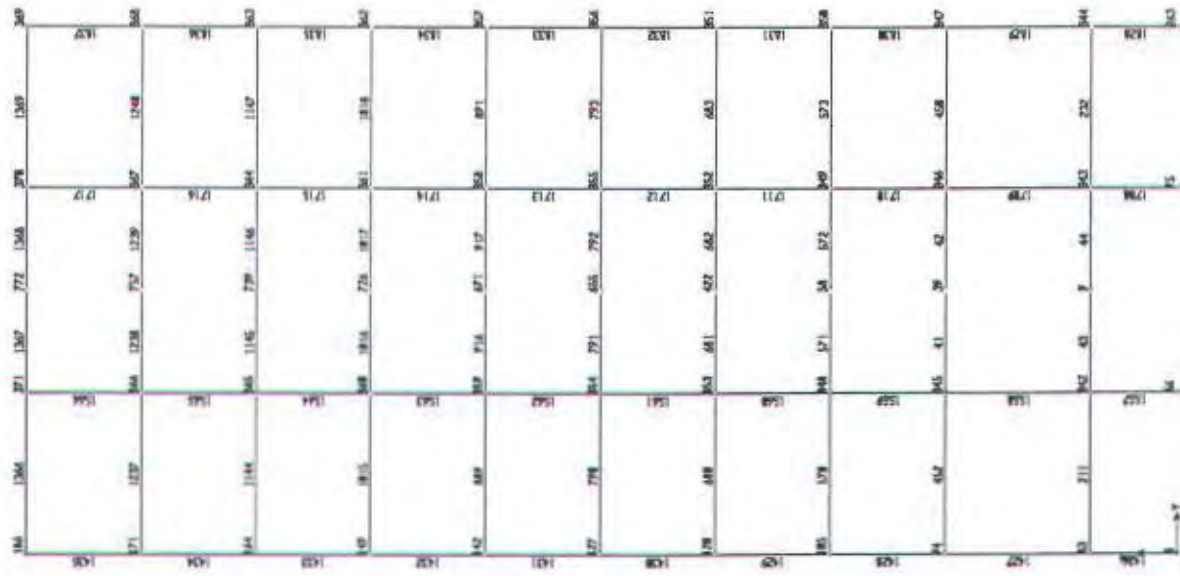
It is the responsibility of the user to verify all
results produced by this program

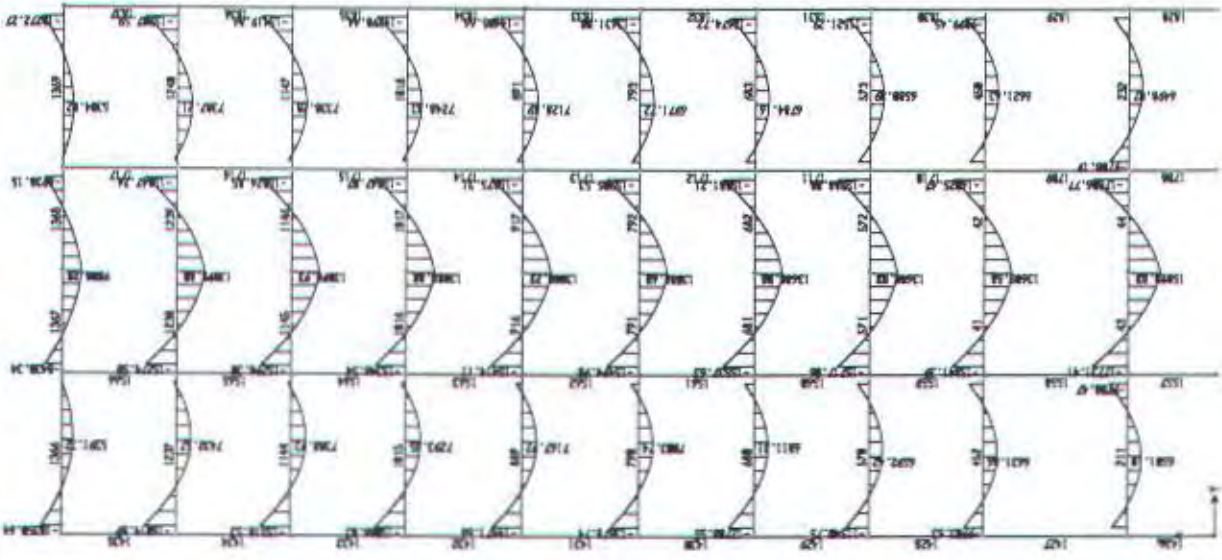
3 Jun 2004 07:57:04

03/04 9,11.06



SAP2000



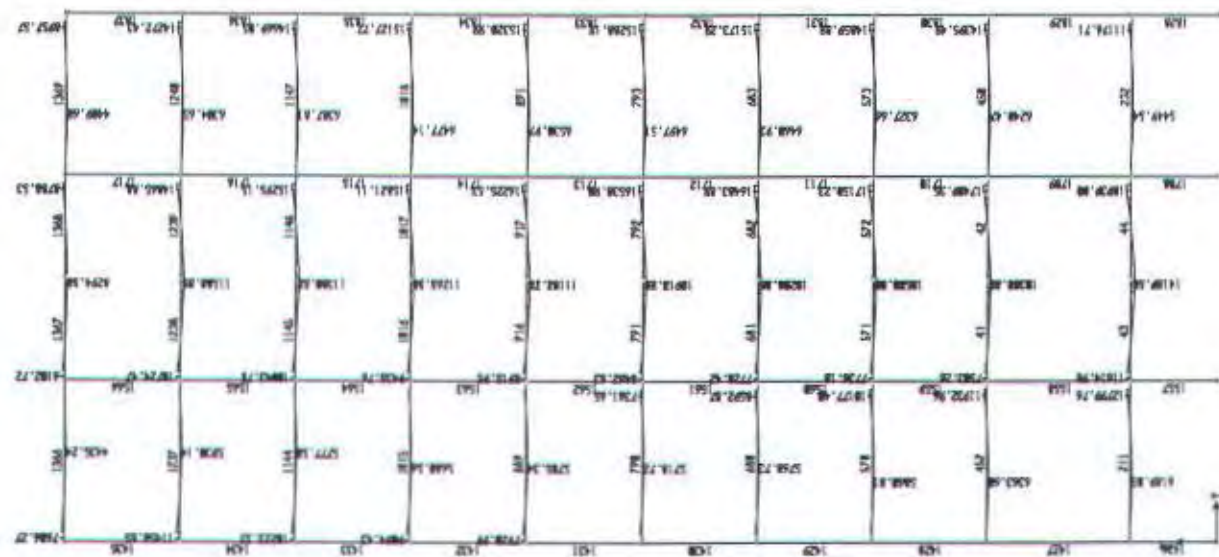


202000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Moment 3-3 Diagram (COMB1) - Kgf. m, C Units

03/04 11:47:43

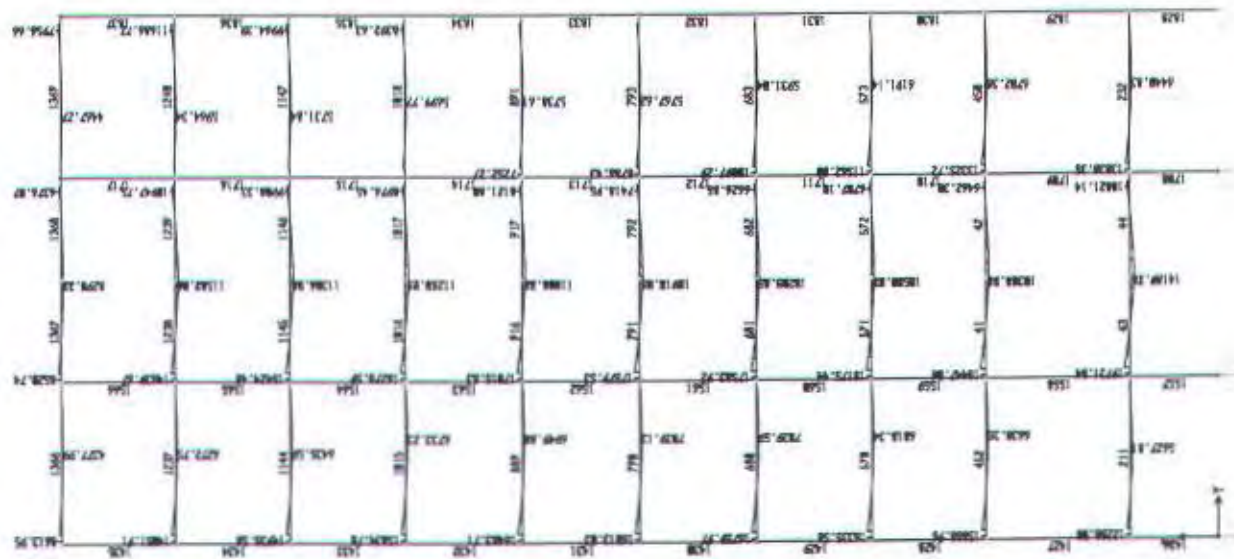
AP2000

03/04 11:51:57

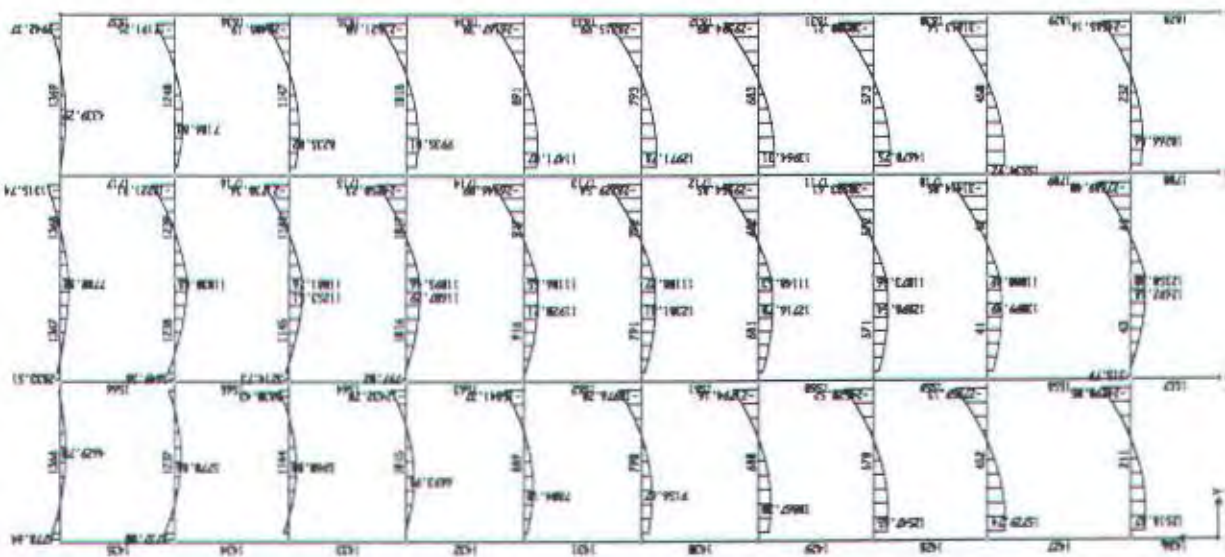


P2000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Moment 3-3 Diagram (COMB2) - Kgf, m, C Units

APZ000



AP2000 v8.0.8 - File: SAP3D-ATC envelop1 - Moment 3-3 Diagram (COMB3) - Kgf, m, C Units

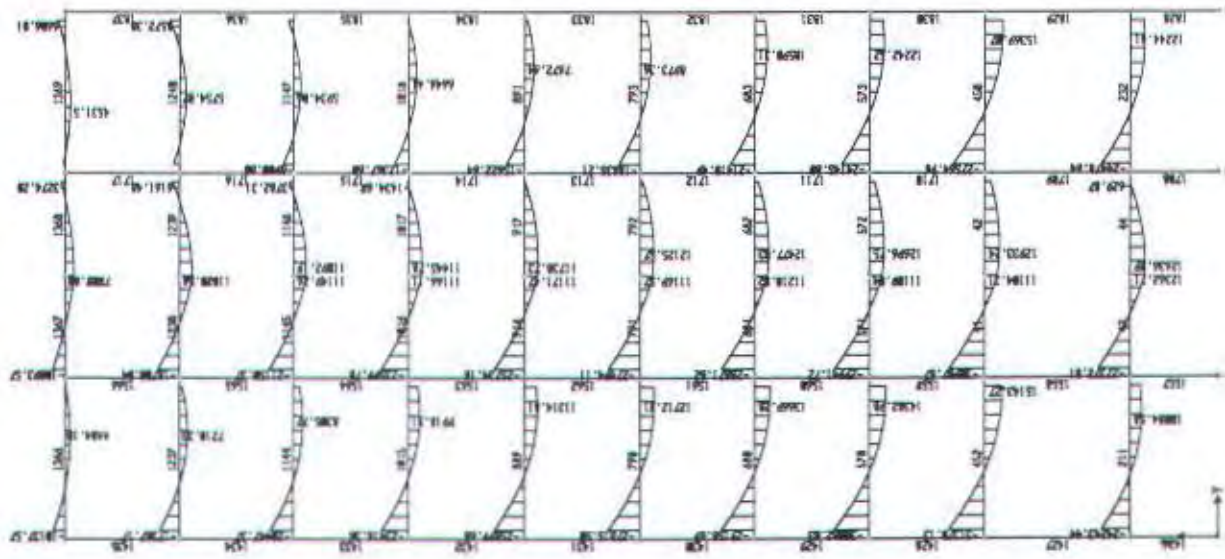


AP2000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Moment 3-3 Diagram (COMB4) - Kgf, m, C Units

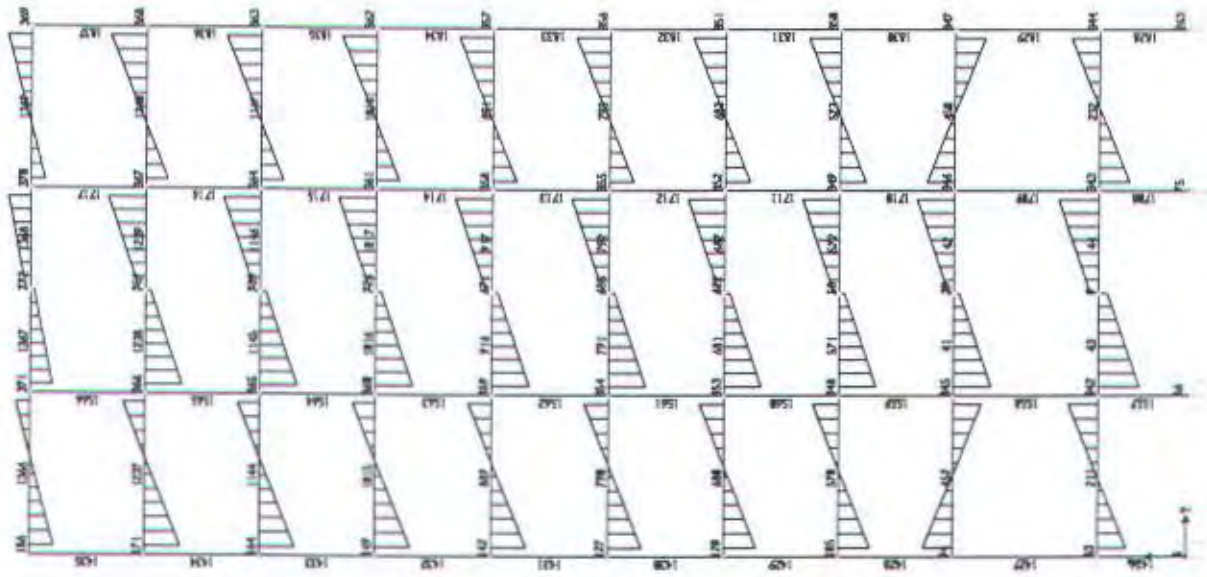
03/04 11:33:23

AP2000

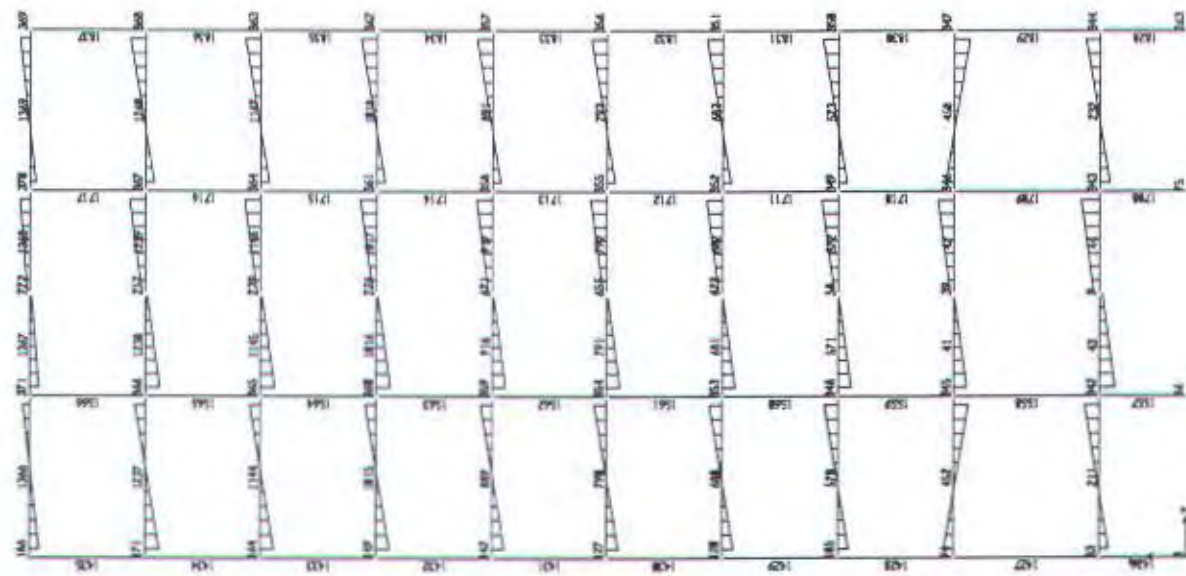
6/3/04 11:57:07



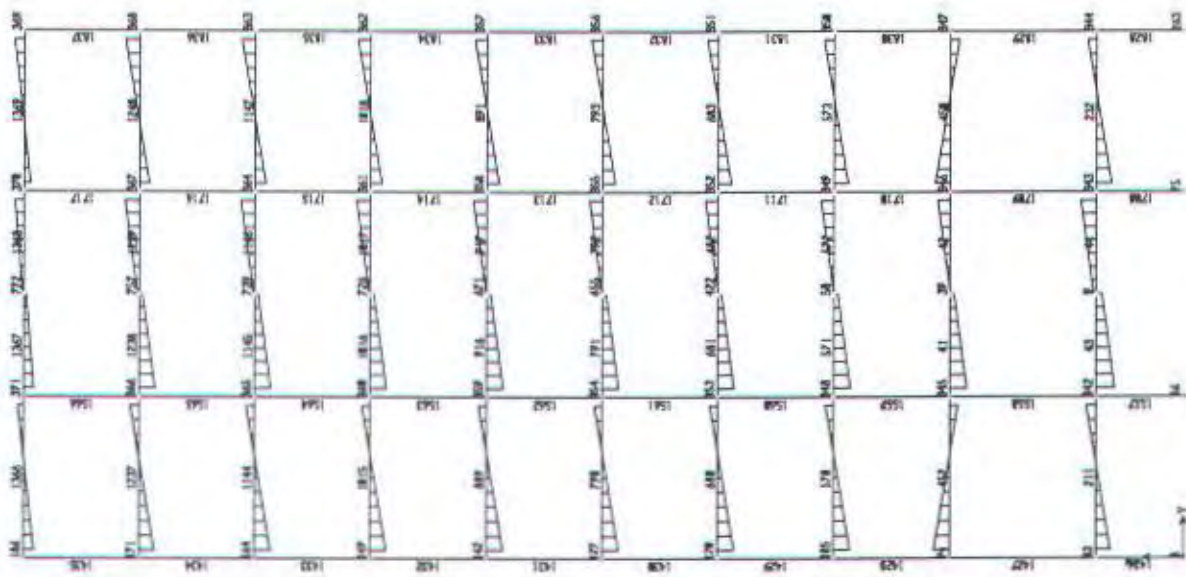
SAP2000



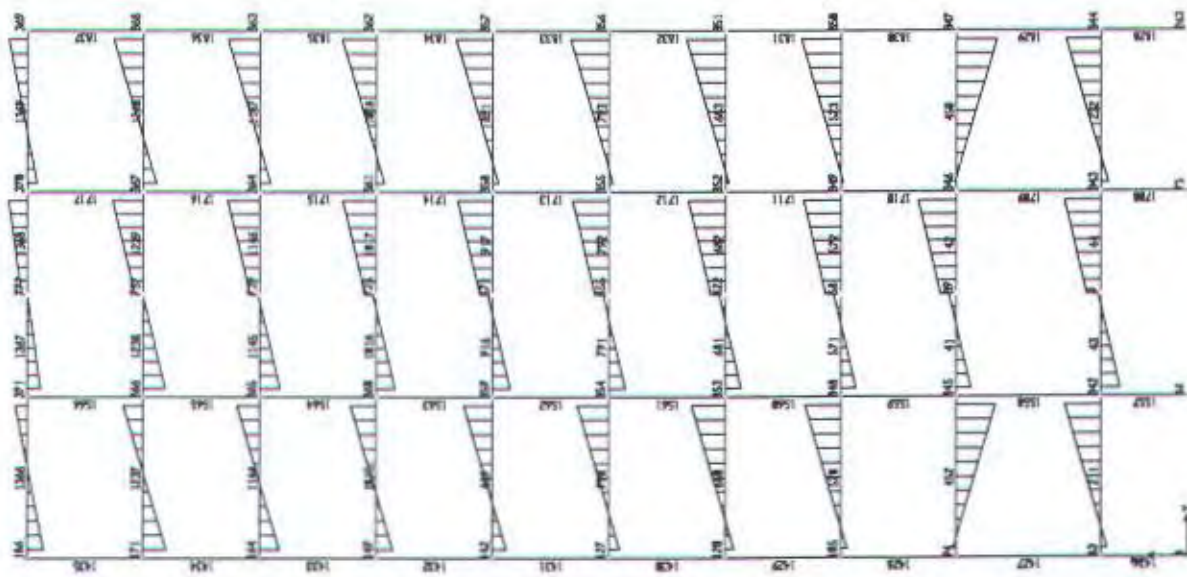
P2000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Shear Force 2-2 Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units



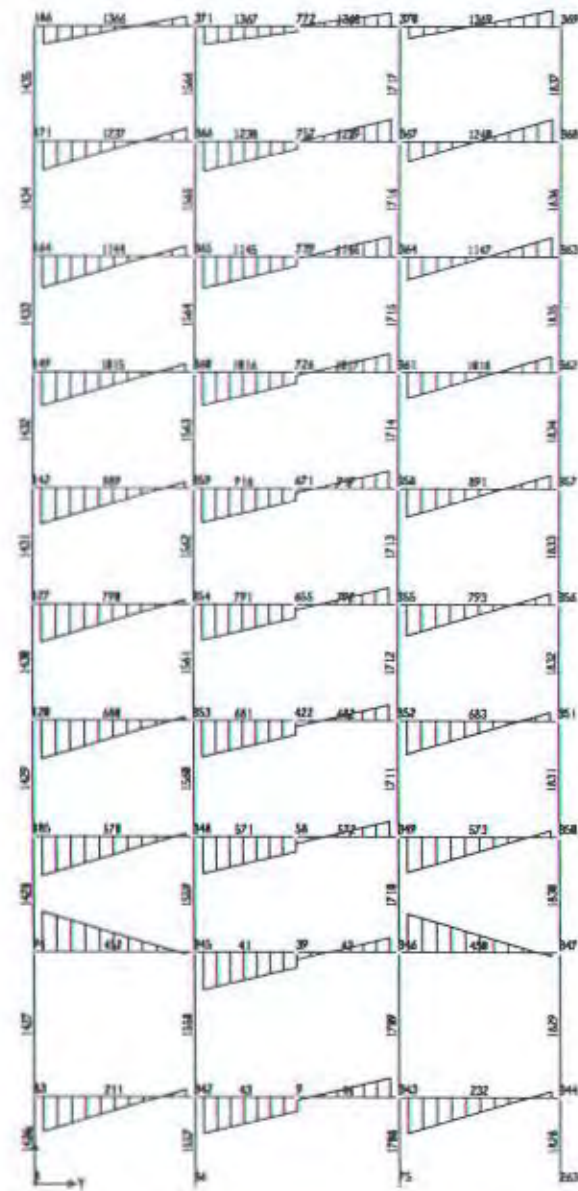
PP2000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Shear Force 2-2 Diagram (COMB2) - Kg/m, C Units

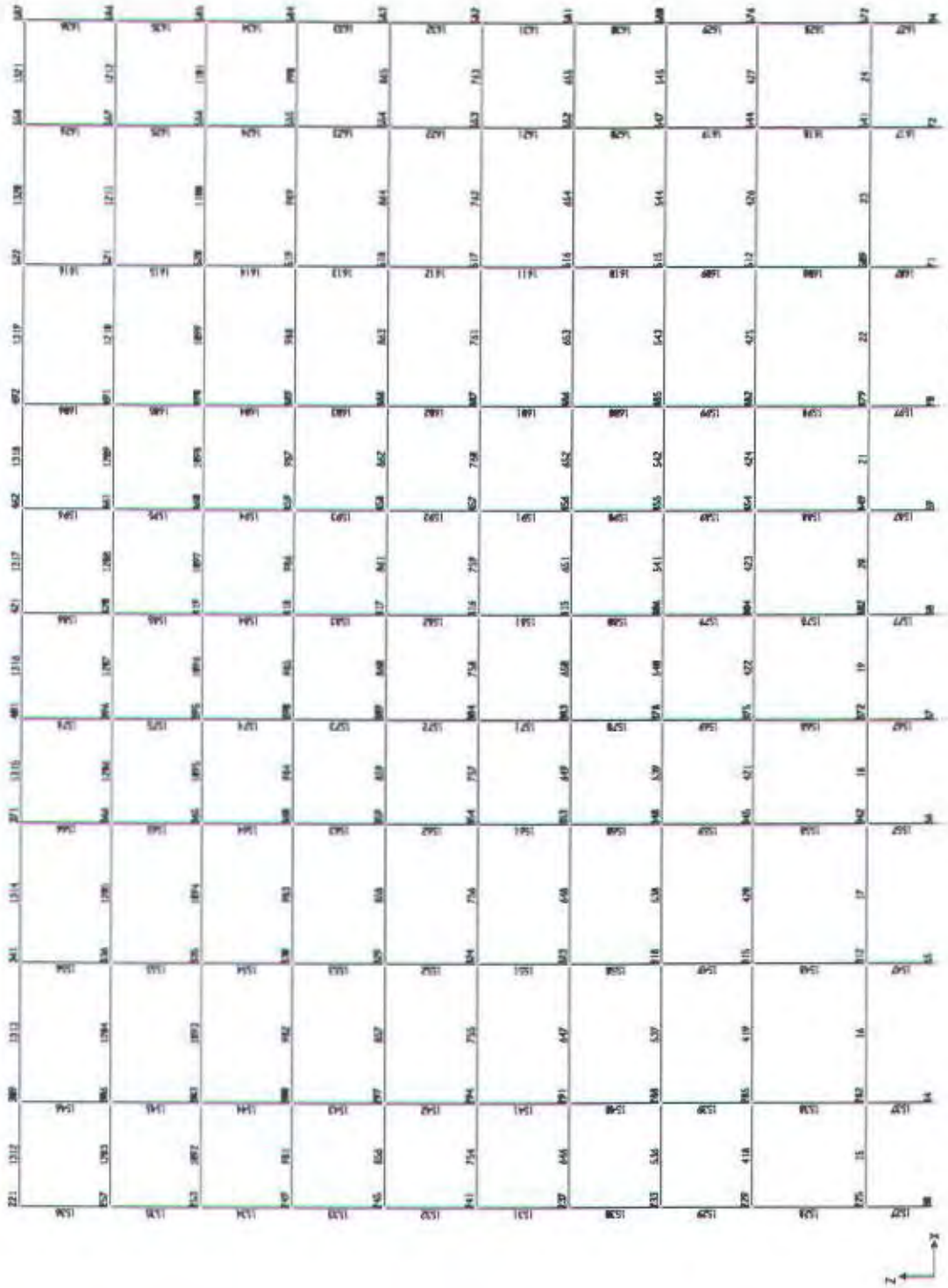


SP2000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Shear Force 2-2 Diagram (COMB3) - Kgf, m, C Units



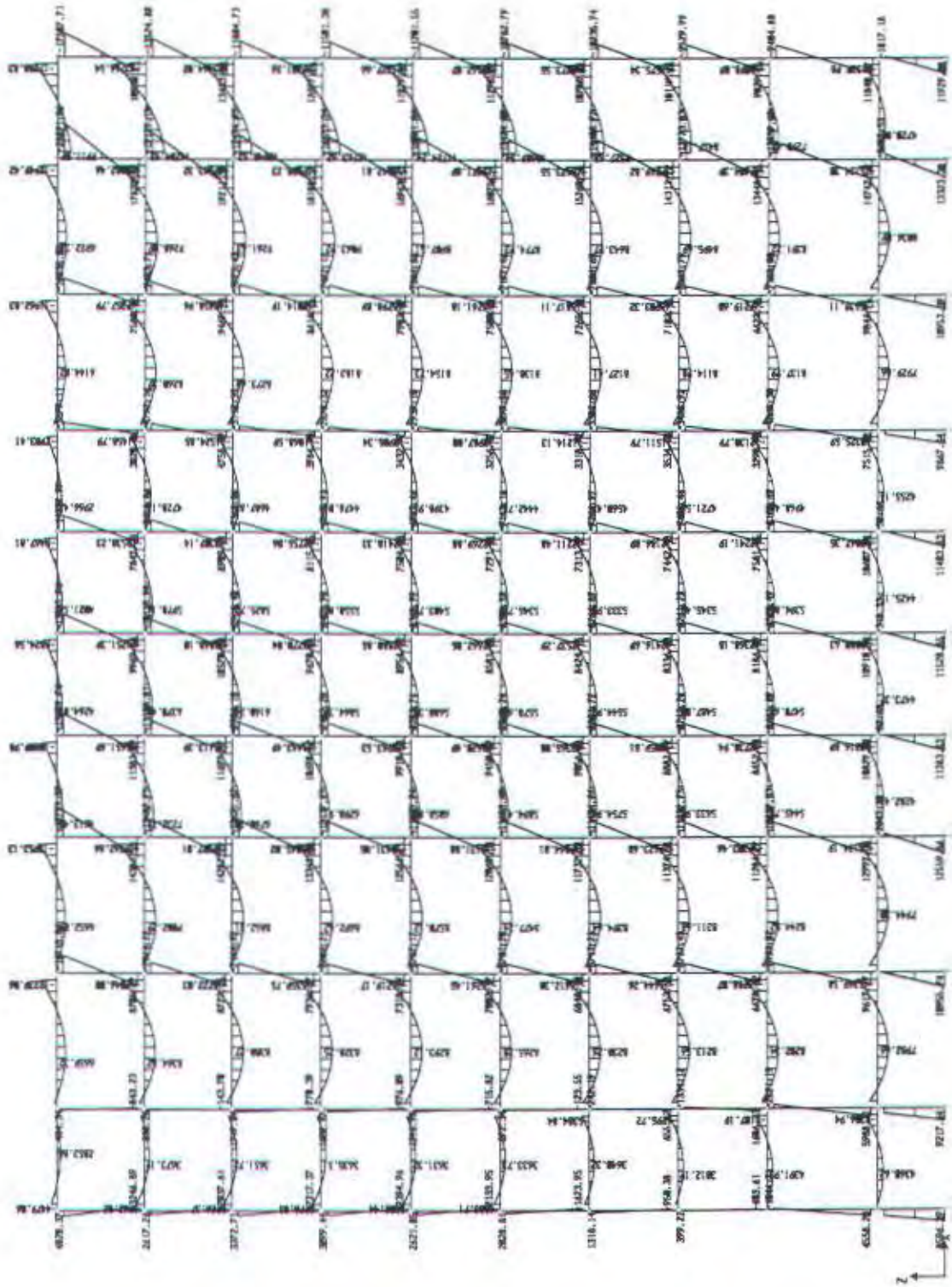
SAP2000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Shear Force 2-2 Diagram (COMB4) - Kgf, m, C Units



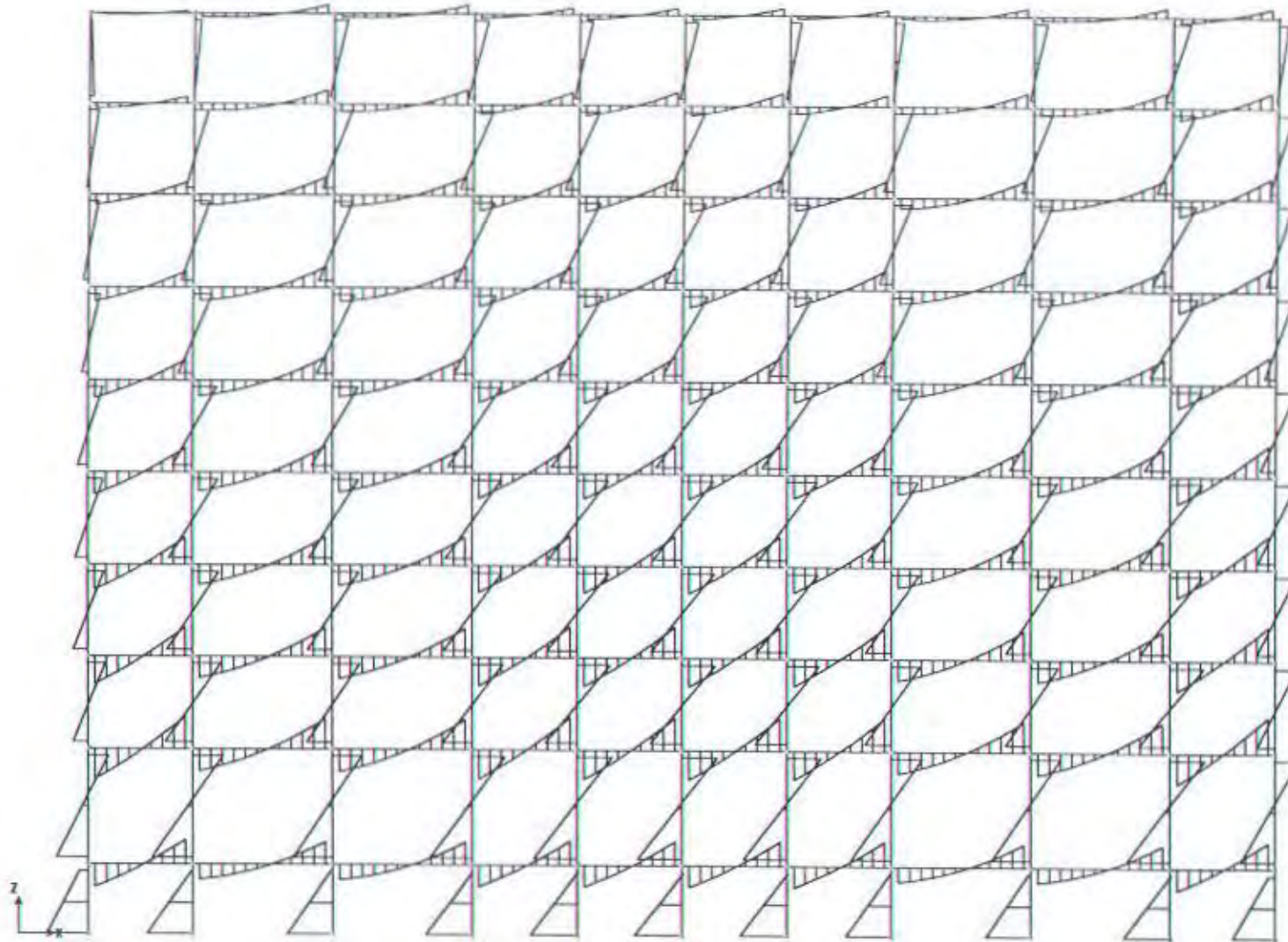


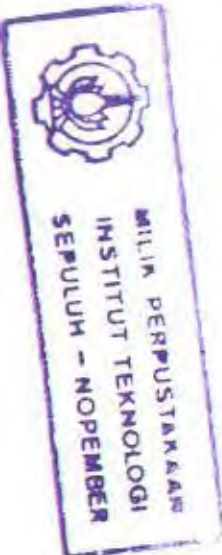
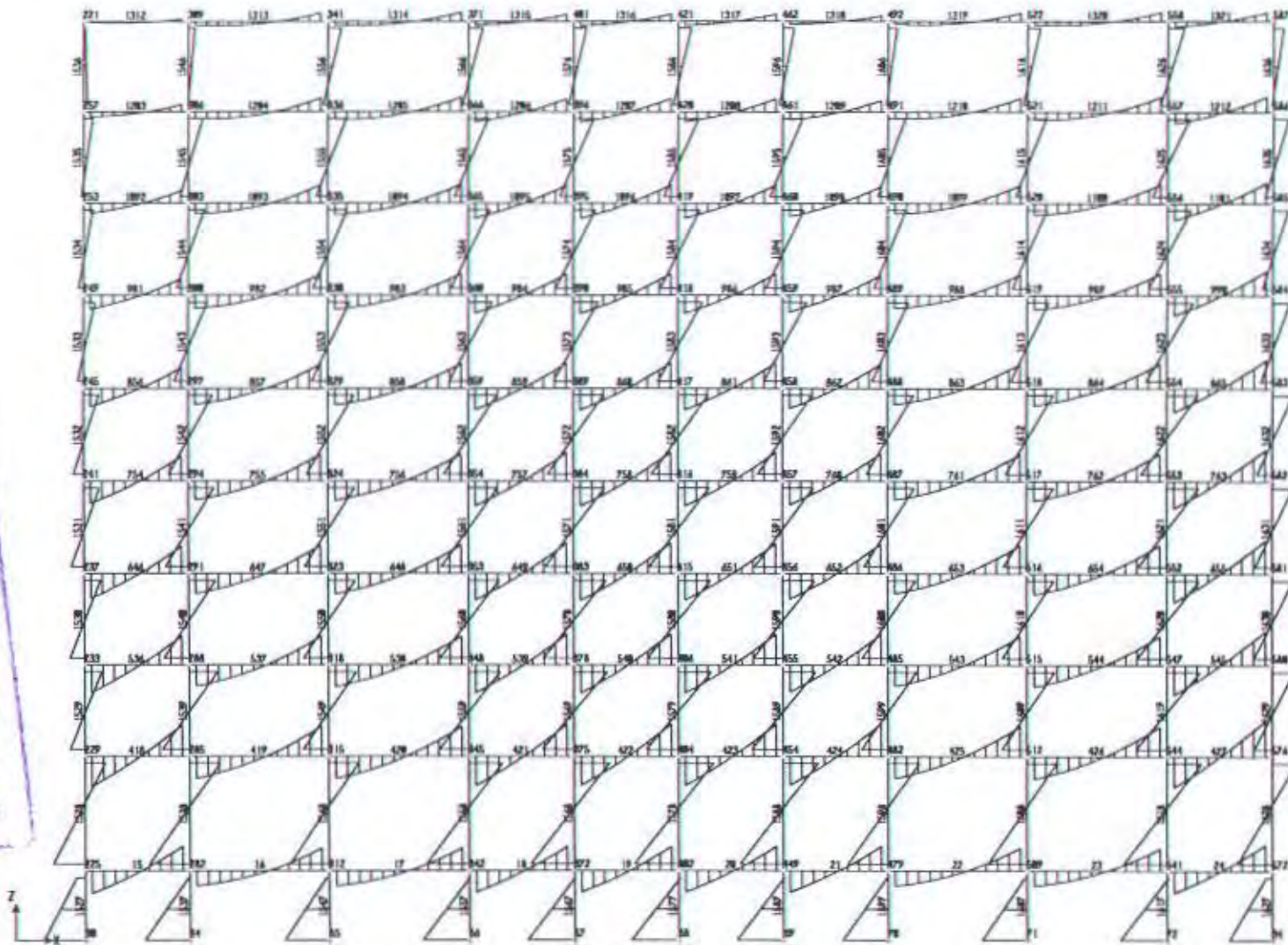
6/3/04 12:12:26

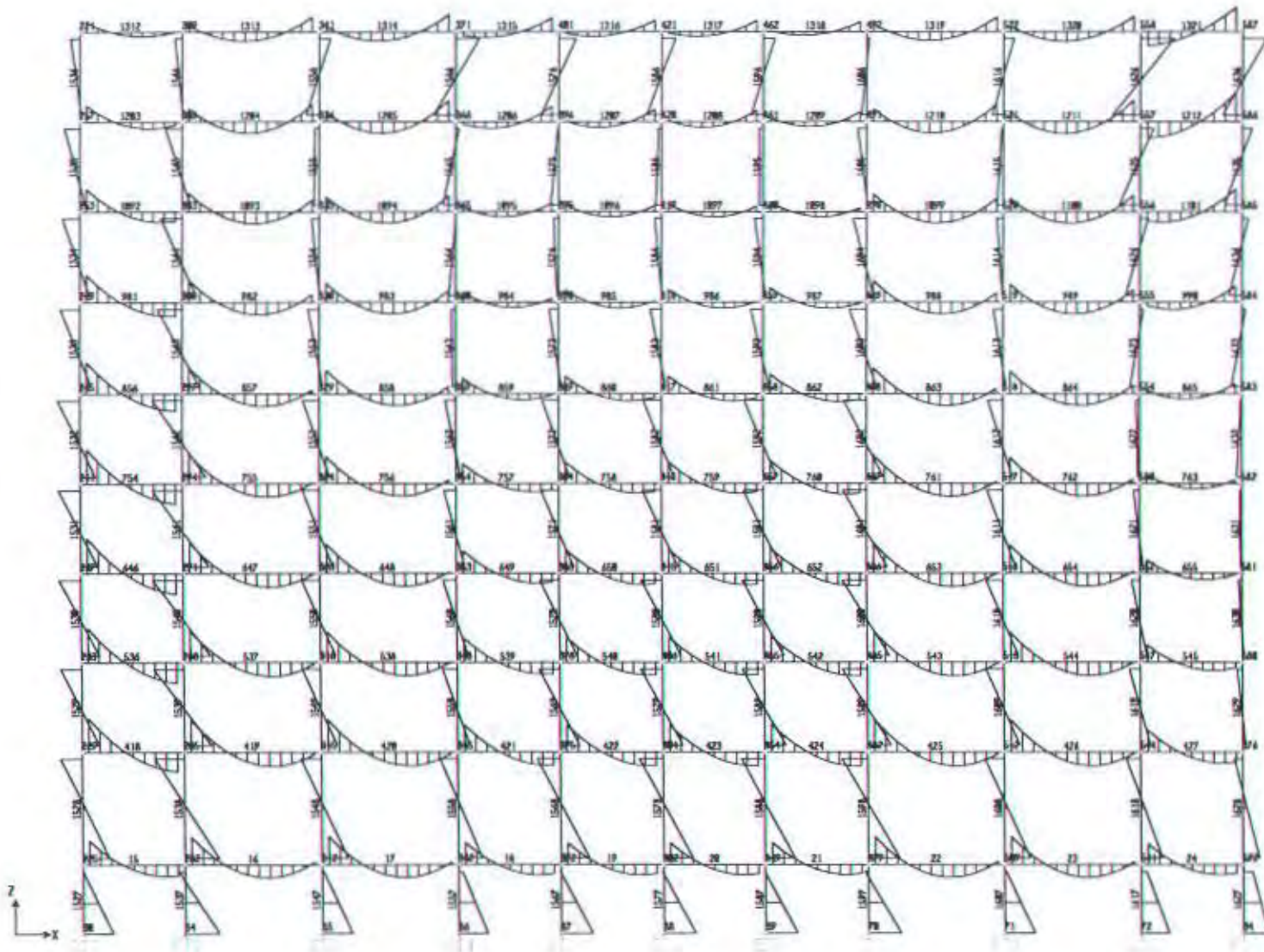
SAP2000



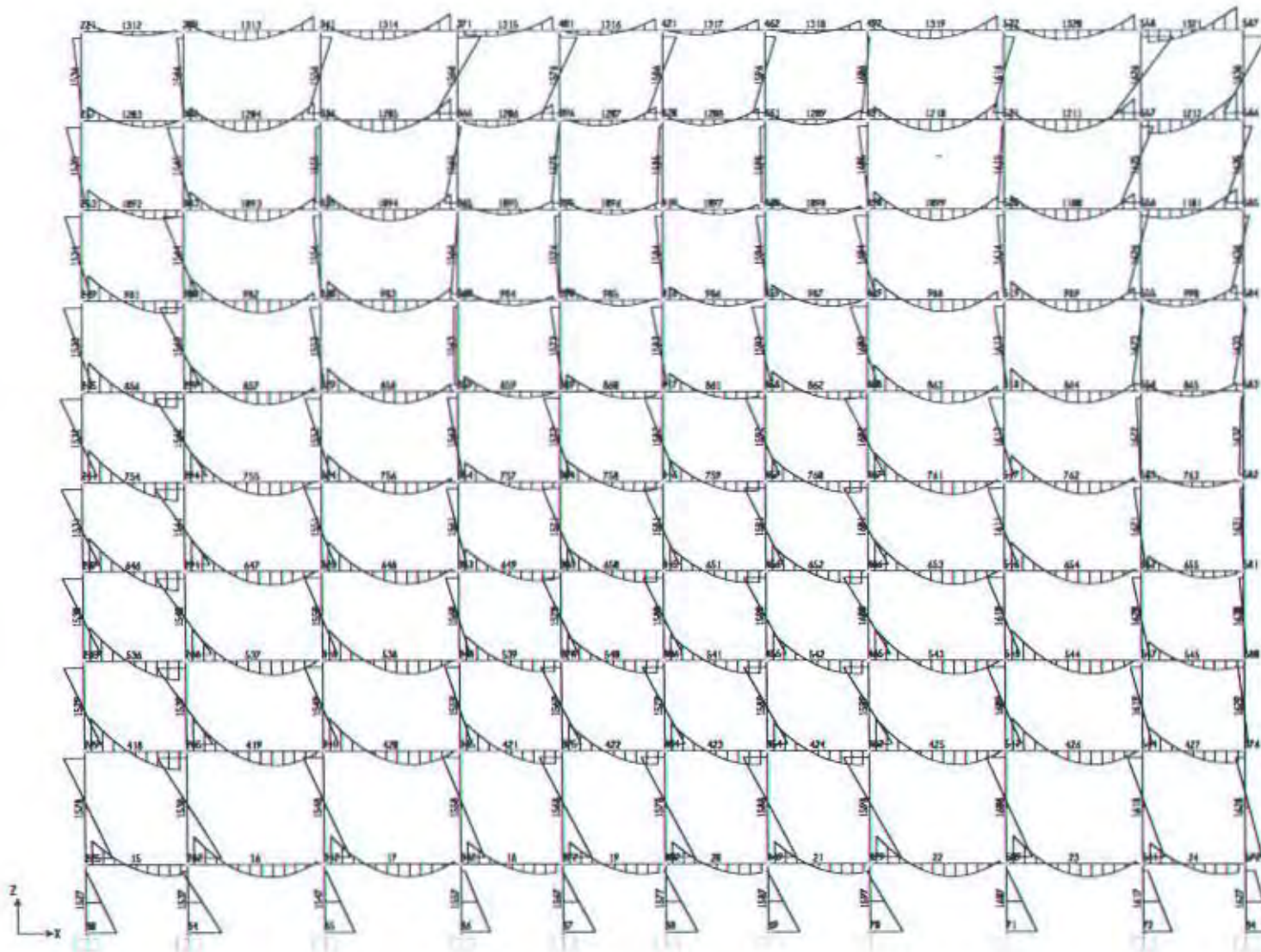
SAP2000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Moment 3-3 Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units

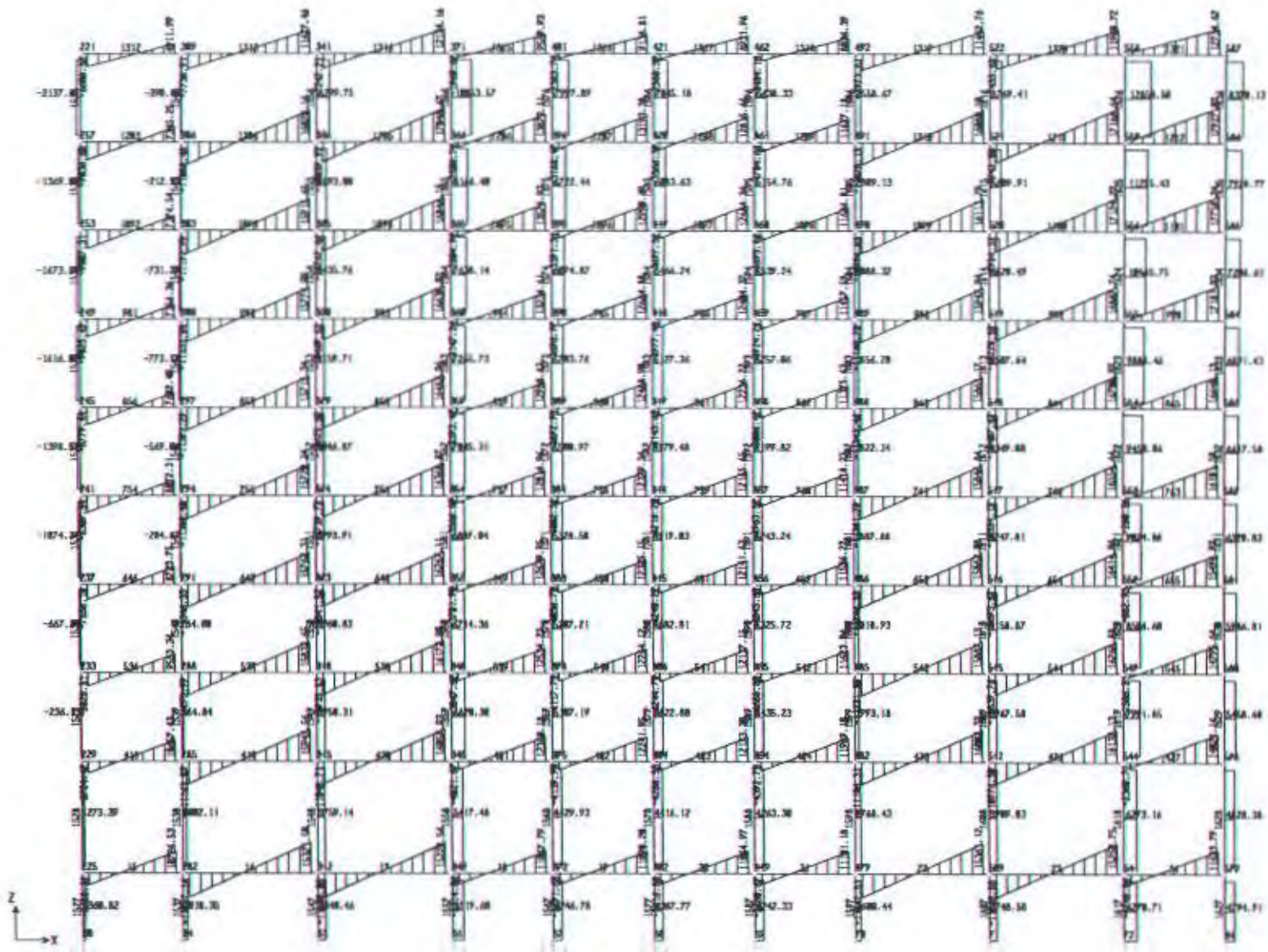




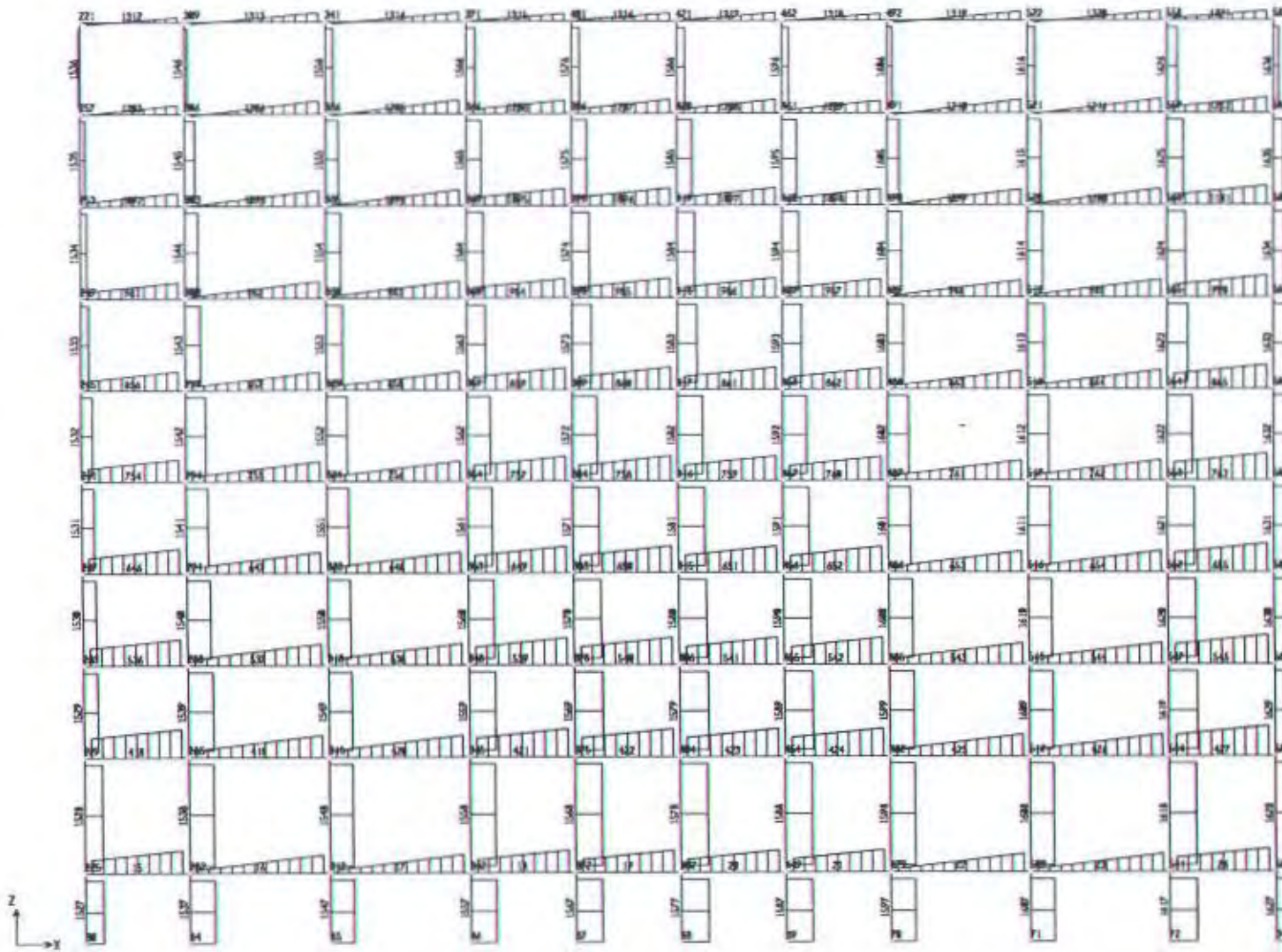


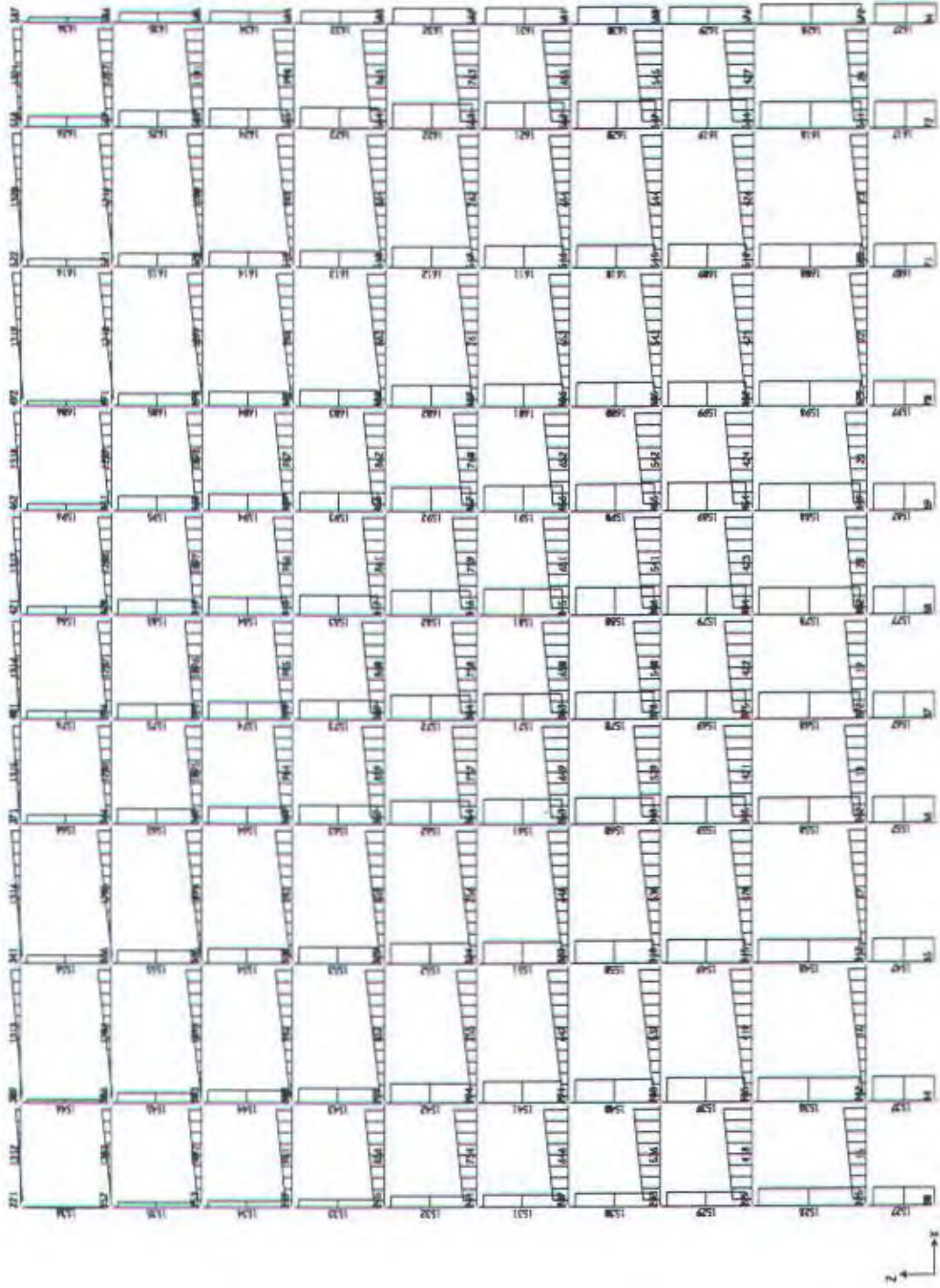
SAP2000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Moment 3-3 Diagram (COMB4) - Kgf, m, C Units





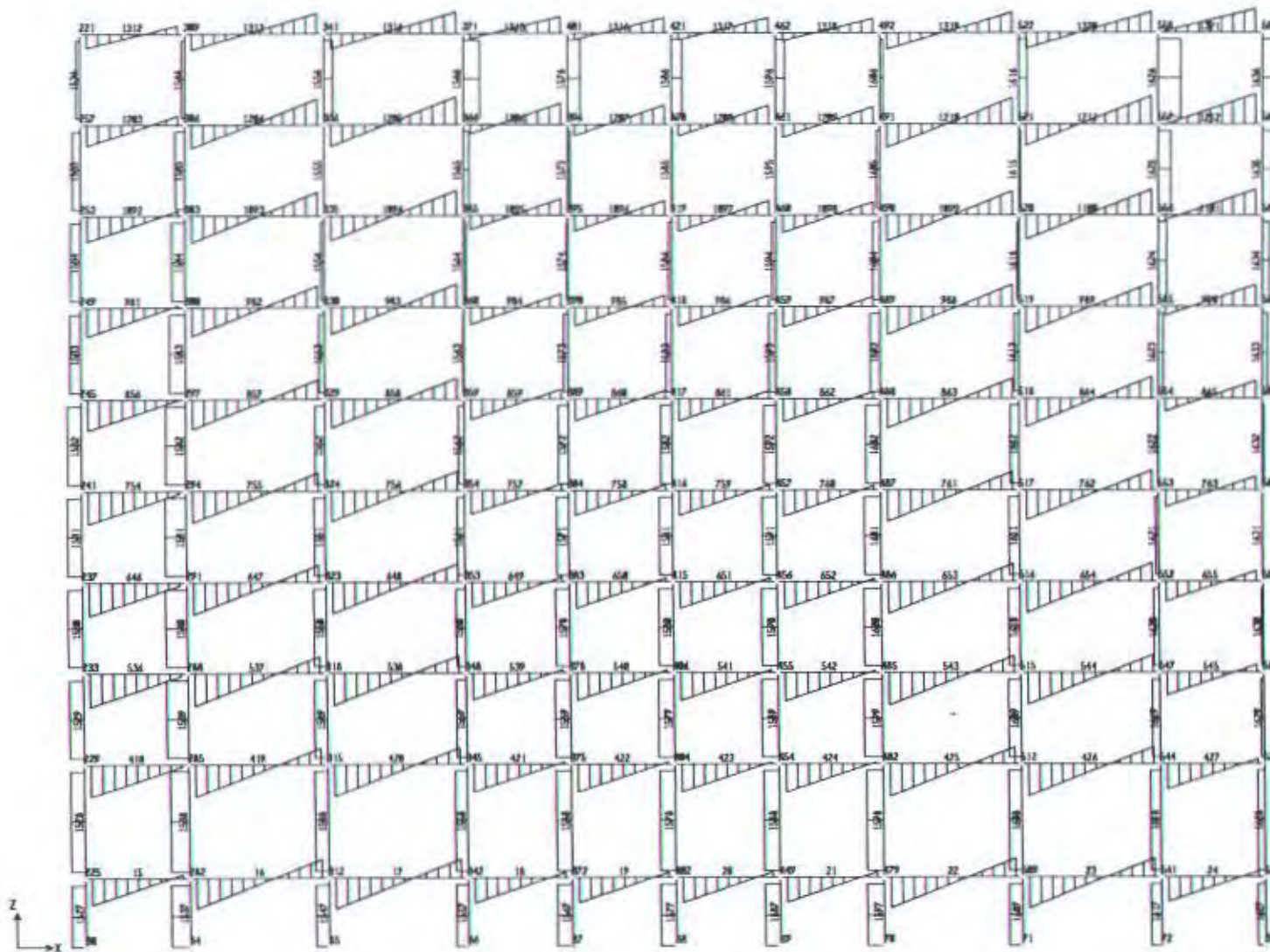
SAP2000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Shear Force 2-2 Diagram (COMB1) - Kgf, m, C Units

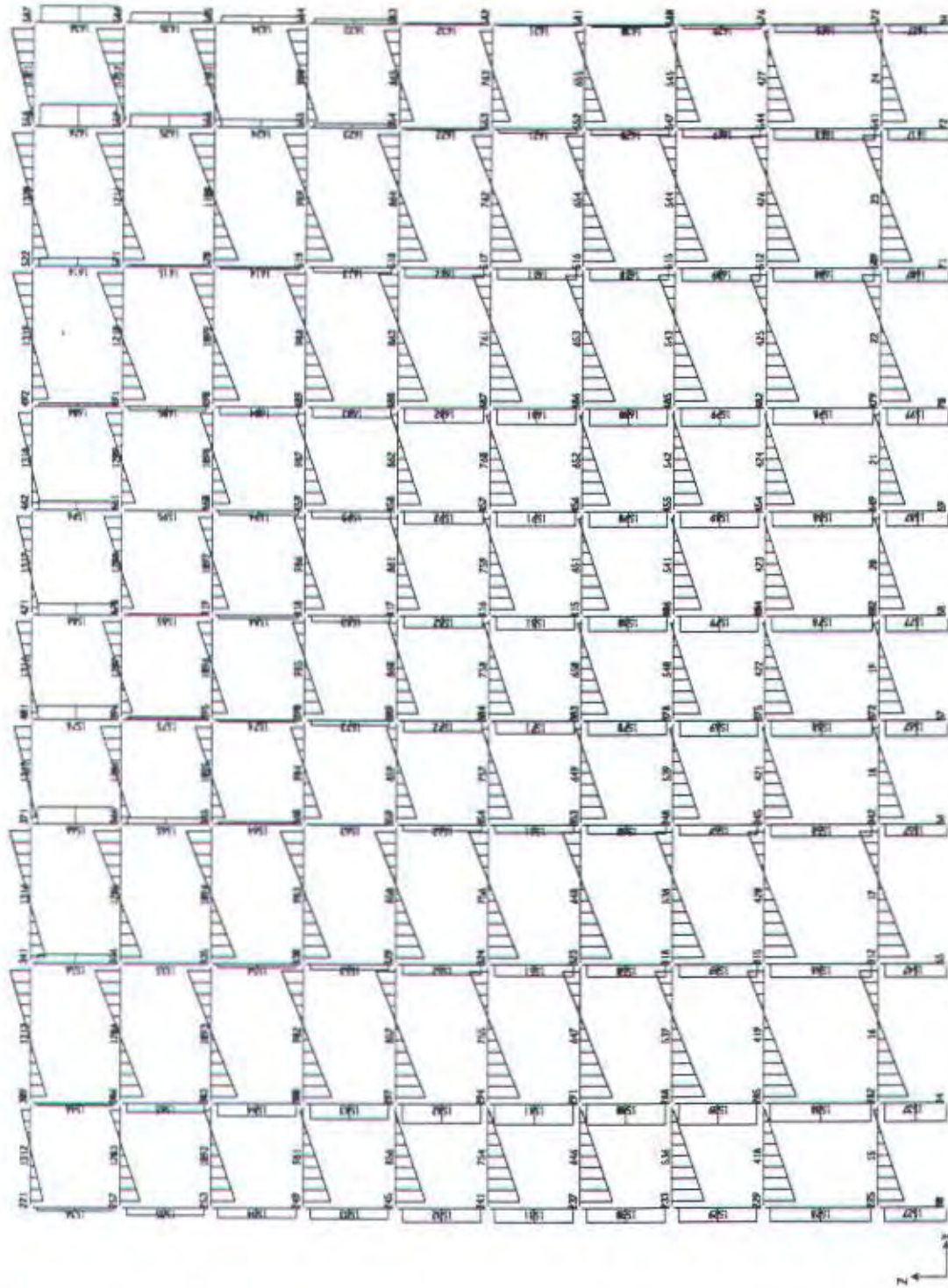




Z
↑
X
→

SAP2000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Shear Force 2-2 Diagram (COMB3) - Kgf, m, C Units





SAP2000 v8.0.8 - File:SAP3D-ATC envelop1 - Shear Force 2-2 Diagram (COMB5) - Kgf, m, C Units

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
15	3.225	DEAD	LinStatic	111.2477164	5156.9059	0.55403283	-76.39798	-3.50104	-888.32
15	3.7125	DEAD	LinStatic	111.2477164	6658.5986	0.55403283	-76.39798	-3.77113	-3768.349
15	4.2	DEAD	LinStatic	111.2477164	8160.2912	0.55403283	-76.39798	-4.04122	-7380.454
15	0.3	COMB1	Combination	144.8285742	-5655.318	0.14098298	-110.4181	-3.40602	581.92877
15	0.7875	COMB1	Combination	144.8285742	-3607.587	0.14098298	-110.4181	-3.47475	2839.7617
15	1.275	COMB1	Combination	144.8285742	-1559.855	0.14098298	-110.4181	-3.54347	4099.3257
15	1.7625	COMB1	Combination	144.8285742	487.87580	0.14098298	-110.4181	-3.61220	4360.6207
15	2.25	COMB1	Combination	144.8285742	2535.607	0.14098298	-110.4181	-3.68093	3623.6468
15	2.7375	COMB1	Combination	144.8285742	4583.3382	0.14098298	-110.4181	-3.74966	1888.4039
15	3.225	COMB1	Combination	144.8285742	6631.0693	0.14098298	-110.4181	-3.81839	-845.108
15	3.7125	COMB1	Combination	144.8285742	8678.8005	0.14098298	-110.4181	-3.88712	-4576.889
15	4.2	COMB1	Combination	144.8285742	10726.532	0.14098298	-110.4181	-3.95585	-9306.938
15	0.3	COMB2	Combination	1017.681891	19371.519	-291.78894	-253.8613	-631.017	48242.432
15	0.7875	COMB2	Combination	1017.681891	21028.917	-291.78894	-253.8613	-488.770	38394.826
15	1.275	COMB2	Combination	1017.681891	22686.314	-291.78894	-253.8613	-346.523	27739.239
15	1.7625	COMB2	Combination	1017.681891	24343.712	-291.78894	-253.8613	-204.276	16275.67
15	2.25	COMB2	Combination	1017.681891	26001.109	-291.78894	-253.8613	-62.0287	4004.1198
15	2.7375	COMB2	Combination	1017.681891	27658.507	-291.78894	-253.8613	80.21838	-9075.412
15	3.225	COMB2	Combination	1017.681891	29315.905	-291.78894	-253.8613	222.4655	-22962.92
15	3.7125	COMB2	Combination	1017.681891	30973.302	-291.78894	-253.8613	364.7126	-37658.42
15	4.2	COMB2	Combination	1017.681891	32630.7	-291.78894	-253.8613	506.9597	-53161.89
15	0.3	COMB3	Combination	1024.354104	19408.277	-262.92741	-194.8408	-564.865	48312.487
15	0.7875	COMB3	Combination	1024.354104	21065.675	-262.92741	-194.8408	-436.688	38446.962
15	1.275	COMB3	Combination	1024.354104	22723.072	-262.92741	-194.8408	-308.511	27773.455
15	1.7625	COMB3	Combination	1024.354104	24380.470	-262.92741	-194.8408	-180.334	16291.966
15	2.25	COMB3	Combination	1024.354104	26037.868	-262.92741	-194.8408	-52.1569	4002.4962
15	2.7375	COMB3	Combination	1024.354104	27695.265	-262.92741	-194.8408	76.02025	-9094.955
15	3.225	COMB3	Combination	1024.354104	29352.663	-262.92741	-194.8408	204.1974	-23000.39
15	3.7125	COMB3	Combination	1024.354104	31010.060	-262.92741	-194.8408	332.3745	-37713.80
15	4.2	COMB3	Combination	1024.354104	32667.458	-262.92741	-194.8408	460.5516	-53235.2
15	0.3	COMB4	Combination	-160.739108	-11577.88	35.6377031	-143.3393	66.07213	-13483.05
15	0.7875	COMB4	Combination	-160.739108	-9920.486	35.6377031	-143.3393	48.69875	-8242.822
15	1.275	COMB4	Combination	-160.739108	-8263.088	35.6377031	-143.3393	31.32537	-3810.576
15	1.7625	COMB4	Combination	-160.739108	-6605.691	35.6377031	-143.3393	13.95199	-186.3113
15	2.25	COMB4	Combination	-160.739108	-4948.293	35.6377031	-143.3393	-3.42139	2629.9724
15	2.7375	COMB4	Combination	-160.739108	-3290.896	35.6377031	-143.3393	-20.7948	4638.2747
15	3.225	COMB4	Combination	-160.739108	-1633.498	35.6377031	-143.3393	-38.1682	5838.5956
15	3.7125	COMB4	Combination	-160.739108	23.899547	35.6377031	-143.3393	-55.5415	6230.9353
15	4.2	COMB4	Combination	-160.739108	1681.2971	35.6377031	-143.3393	-72.9149	5815.2936
15	0.3	COMB5	Combination	-138.498397	-11455.36	131.842795	53.395488	286.5783	-13249.53
15	0.7875	COMB5	Combination	-138.498397	-9797.958	131.842795	53.395488	222.3049	-8069.038
15	1.275	COMB5	Combination	-138.498397	-8140.561	131.842795	53.395488	158.0315	-3696.524
15	1.7625	COMB5	Combination	-138.498397	-6483.163	131.842795	53.395488	93.75817	-131.9910
15	2.25	COMB5	Combination	-138.498397	-4825.766	131.842795	53.395488	29.48481	2624.5604
15	2.7375	COMB5	Combination	-138.498397	-3168.368	131.842795	53.395488	-34.7886	4573.1304
15	3.225	COMB5	Combination	-138.498397	-1510.970	131.842795	53.395488	-99.0619	5713.7192
15	3.7125	COMB5	Combination	-138.498397	146.4272	131.842795	53.395488	-163.335	6046.3266
15	4.2	COMB5	Combination	-138.498397	1803.8248	131.842795	53.395488	-227.609	5570.9527
16	0.3	DEAD	LinStatic	134.5795250	-8292.298	3.11987250	-8.257012	8.571408	-3669.499
16	0.79091	DEAD	LinStatic	134.5795250	-6517.38	3.11987250	-8.257012	7.039834	-34.39597
16	1.28182	DEAD	LinStatic	134.5795250	-4742.462	3.11987250	-8.257012	5.508261	2729.3832
16	1.77273	DEAD	LinStatic	134.5795250	-2967.543	3.11987250	-8.257012	3.976687	4621.839
16	2.26364	DEAD	LinStatic	134.5795250	-1192.625	3.11987250	-8.257012	2.445113	5642.9713
16	2.75455	DEAD	LinStatic	134.5795250	582.29274	3.11987250	-8.257012	0.913539	5792.7802

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
16	3.24545	DEAD	LinStatic	134.5795250	2357.2108	3.11987250	-8.257012	-0.61803	5071.2657
16	3.73636	DEAD	LinStatic	134.5795250	4132.1289	3.11987250	-8.257012	-2.14961	3478.4278
16	4.22727	DEAD	LinStatic	134.5795250	5907.0470	3.11987250	-8.257012	-3.68118	1014.2664
16	4.71818	DEAD	LinStatic	134.5795250	7681.9651	3.11987250	-8.257012	-5.21276	-2321.218
16	5.20909	DEAD	LinStatic	134.5795250	9456.8832	3.11987250	-8.257012	-6.74433	-6528.027
16	5.7	DEAD	LinStatic	134.5795250	11231.801	3.11987250	-8.257012	-8.27590	-11606.16
16	0.3	COMB1	Combination	165.1783212	-11787.14	3.69964001	6.1335428	10.18178	-5826.821
16	0.79091	COMB1	Combination	165.1783212	-9322.718	3.69964001	6.1335428	8.365593	-645.3108
16	1.28182	COMB1	Combination	165.1783212	-6858.297	3.69964001	6.1335428	6.549406	3326.3928
16	1.77273	COMB1	Combination	165.1783212	-4393.875	3.69964001	6.1335428	4.73322	6088.2896
16	2.26364	COMB1	Combination	165.1783212	-1929.454	3.69964001	6.1335428	2.917033	7640.3795
16	2.75455	COMB1	Combination	165.1783212	534.96744	3.69964001	6.1335428	1.100846	7982.6626
16	3.24545	COMB1	Combination	165.1783212	2999.3888	3.69964001	6.1335428	-0.71534	7115.1388
16	3.73636	COMB1	Combination	165.1783212	5463.8102	3.69964001	6.1335428	-2.53153	5037.8081
16	4.22727	COMB1	Combination	165.1783212	7928.2316	3.69964001	6.1335428	-4.34772	1750.6706
16	4.71818	COMB1	Combination	165.1783212	10392.653	3.69964001	6.1335428	-6.16390	-2746.274
16	5.20909	COMB1	Combination	165.1783212	12857.074	3.69964001	6.1335428	-7.98009	-8453.025
16	5.7	COMB1	Combination	165.1783212	15321.496	3.69964001	6.1335428	-9.79628	-15369.58
16	0.3	COMB2	Combination	1302.183789	4283.4990	-157.43121	-0.308682	-409.097	32095.288
16	0.79091	COMB2	Combination	1302.183789	6256.9273	-157.43121	-0.308682	-331.813	29508.092
16	1.28182	COMB2	Combination	1302.183789	8230.3556	-157.43121	-0.308682	-254.529	25952.123
16	1.77273	COMB2	Combination	1302.183789	10203.784	-157.43121	-0.308682	-177.244	21427.38
16	2.26364	COMB2	Combination	1302.183789	12177.212	-157.43121	-0.308682	-99.9598	15933.862
16	2.75455	COMB2	Combination	1302.183789	14150.640	-157.43121	-0.308682	-22.6754	9471.5714
16	3.24545	COMB2	Combination	1302.183789	16124.069	-157.43121	-0.308682	54.60900	2040.5065
16	3.73636	COMB2	Combination	1302.183789	18097.497	-157.43121	-0.308682	131.8934	-6359.332
16	4.22727	COMB2	Combination	1302.183789	20070.925	-157.43121	-0.308682	209.1778	-15727.94
16	4.71818	COMB2	Combination	1302.183789	22044.353	-157.43121	-0.308682	286.4622	-26065.33
16	5.20909	COMB2	Combination	1302.183789	24017.782	-157.43121	-0.308682	363.7467	-37371.49
16	5.7	COMB2	Combination	1302.183789	25991.21	-157.43121	-0.308682	441.0311	-49646.43
16	0.3	COMB3	Combination	1312.413513	4285.7675	-110.07081	86.888022	-274.733	32100.146
16	0.79091	COMB3	Combination	1312.413513	6259.1957	-110.07081	86.888022	-220.699	29511.837
16	1.28182	COMB3	Combination	1312.413513	8232.624	-110.07081	86.888022	-166.664	25954.754
16	1.77273	COMB3	Combination	1312.413513	10206.052	-110.07081	86.888022	-112.629	21428.897
16	2.26364	COMB3	Combination	1312.413513	12179.481	-110.07081	86.888022	-58.5944	15934.266
16	2.75455	COMB3	Combination	1312.413513	14152.909	-110.07081	86.888022	-4.55963	9470.8616
16	3.24545	COMB3	Combination	1312.413513	16126.337	-110.07081	86.888022	49.47513	2038.6831
16	3.73636	COMB3	Combination	1312.413513	18099.765	-110.07081	86.888022	103.5099	-6362.269
16	4.22727	COMB3	Combination	1312.413513	20073.194	-110.07081	86.888022	157.5447	-15732
16	4.71818	COMB3	Combination	1312.413513	22046.622	-110.07081	86.888022	211.5794	-26070.5
16	5.20909	COMB3	Combination	1312.413513	24020.050	-110.07081	86.888022	265.6142	-37377.77
16	5.7	COMB3	Combination	1312.413513	25993.478	-110.07081	86.888022	319.6489	-49653.82
16	0.3	COMB4	Combination	-223.9671	-13391.49	-34.568931	-162.7427	-109.71	-15253.46
16	0.79091	COMB4	Combination	-223.9671	-11418.06	-34.568931	-162.7427	-92.7396	-9163.84
16	1.28182	COMB4	Combination	-223.9671	-9444.632	-34.568931	-162.7427	-75.7694	-4042.997
16	1.77273	COMB4	Combination	-223.9671	-7471.204	-34.568931	-162.7427	-58.7992	109.072
16	2.26364	COMB4	Combination	-223.9671	-5497.776	-34.568931	-162.7427	-41.829	3292.3671
16	2.75455	COMB4	Combination	-223.9671	-3524.348	-34.568931	-162.7427	-24.8588	5506.8883
16	3.24545	COMB4	Combination	-223.9671	-1550.919	-34.568931	-162.7427	-7.88857	6752.6356
16	3.73636	COMB4	Combination	-223.9671	422.50898	-34.568931	-162.7427	9.081637	7029.6090
16	4.22727	COMB4	Combination	-223.9671	2395.9372	-34.568931	-162.7427	26.05184	6337.8086
16	4.71818	COMB4	Combination	-223.9671	4369.3655	-34.568931	-162.7427	43.02204	4677.2343
16	5.20909	COMB4	Combination	-223.9671	6342.7938	-34.568931	-162.7427	59.99224	2047.8861
16	5.7	COMB4	Combination	-223.9671	8316.2220	-34.568931	-162.7427	76.96245	-1550.236

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
16	0.3	COMB5	Combination	-189.868021	-13383.93	123.299075	127.91301	338.1703	-15237.26
16	0.79091	COMB5	Combination	-189.868021	-11410.5	123.299075	127.91301	277.6417	-9151.358
16	1.28182	COMB5	Combination	-189.868021	-9437.071	123.299075	127.91301	217.1131	-4034.227
16	1.77273	COMB5	Combination	-189.868021	-7463.643	123.299075	127.91301	156.5844	114.12982
16	2.26364	COMB5	Combination	-189.868021	-5490.214	123.299075	127.91301	96.05580	3293.7129
16	2.75455	COMB5	Combination	-189.868021	-3516.786	123.299075	127.91301	35.52716	5504.5221
16	3.24545	COMB5	Combination	-189.868021	-1543.358	123.299075	127.91301	-25.0015	6746.5574
16	3.73636	COMB5	Combination	-189.868021	430.07042	123.299075	127.91301	-85.5301	7019.8189
16	4.22727	COMB5	Combination	-189.868021	2403.4987	123.299075	127.91301	-146.059	6324.3065
16	4.71818	COMB5	Combination	-189.868021	4376.927	123.299075	127.91301	-206.587	4660.0202
16	5.20909	COMB5	Combination	-189.868021	6350.3552	123.299075	127.91301	-267.116	2026.9600
16	5.7	COMB5	Combination	-189.868021	8323.7835	123.299075	127.91301	-327.645	-1574.874
17	0.3	DEAD	LinStatic	202.600224	-8360.119	2.75412023	-10.25770	7.412112	-3858.218
17	0.79091	DEAD	LinStatic	202.600224	-6585.201	2.75412023	-10.25770	6.06009	-189.8216
17	1.28182	DEAD	LinStatic	202.600224	-4810.283	2.75412023	-10.25770	4.708067	2607.2516
17	1.77273	DEAD	LinStatic	202.600224	-3035.364	2.75412023	-10.25770	3.356044	4533.0013
17	2.26364	DEAD	LinStatic	202.600224	-1260.446	2.75412023	-10.25770	2.004022	5587.4276
17	2.75455	DEAD	LinStatic	202.600224	514.47172	2.75412023	-10.25770	0.651999	5770.5304
17	3.24545	DEAD	LinStatic	202.600224	2289.3898	2.75412023	-10.25770	-0.70002	5082.3099
17	3.73636	DEAD	LinStatic	202.600224	4064.3079	2.75412023	-10.25770	-2.05205	3522.7659
17	4.22727	DEAD	LinStatic	202.600224	5839.226	2.75412023	-10.25770	-3.40407	1091.8985
17	4.71818	DEAD	LinStatic	202.600224	7614.1441	2.75412023	-10.25770	-4.75609	-2210.292
17	5.20909	DEAD	LinStatic	202.600224	9389.0622	2.75412023	-10.25770	-6.10811	-6383.807
17	5.7	DEAD	LinStatic	202.600224	11163.980	2.75412023	-10.25770	-7.46014	-11428.64
17	0.3	COMB1	Combination	261.3222803	-11880.08	3.1349059	-31.75982	8.455640	-6093.302
17	0.79091	COMB1	Combination	261.3222803	-9415.657	3.1349059	-31.75982	6.916686	-866.1665
17	1.28182	COMB1	Combination	261.3222803	-6951.236	3.1349059	-31.75982	5.377732	3151.1616
17	1.77273	COMB1	Combination	261.3222803	-4486.814	3.1349059	-31.75982	3.838779	5958.6829
17	2.26364	COMB1	Combination	261.3222803	-2022.393	3.1349059	-31.75982	2.299825	7556.3974
17	2.75455	COMB1	Combination	261.3222803	442.02861	3.1349059	-31.75982	0.760871	7944.3049
17	3.24545	COMB1	Combination	261.3222803	2906.4500	3.1349059	-31.75982	-0.77808	7122.4057
17	3.73636	COMB1	Combination	261.3222803	5370.8714	3.1349059	-31.75982	-2.31704	5090.6995
17	4.22727	COMB1	Combination	261.3222803	7835.2928	3.1349059	-31.75982	-3.85599	1849.1865
17	4.71818	COMB1	Combination	261.3222803	10299.714	3.1349059	-31.75982	-5.39494	-2602.133
17	5.20909	COMB1	Combination	261.3222803	12764.136	3.1349059	-31.75982	-6.9339	-8263.260
17	5.7	COMB1	Combination	261.3222803	15228.557	3.1349059	-31.75982	-8.47285	-15134.19
17	0.3	COMB2	Combination	1207.192244	4267.8401	-198.24567	-87.97761	-528.795	32521.164
17	0.79091	COMB2	Combination	1207.192244	6241.2683	-198.24567	-87.97761	-431.474	29941.656
17	1.28182	COMB2	Combination	1207.192244	8214.6966	-198.24567	-87.97761	-334.153	26393.373
17	1.77273	COMB2	Combination	1207.192244	10188.125	-198.24567	-87.97761	-236.833	21876.317
17	2.26364	COMB2	Combination	1207.192244	12161.553	-198.24567	-87.97761	-139.512	16390.487
17	2.75455	COMB2	Combination	1207.192244	14134.981	-198.24567	-87.97761	-42.1915	9935.8832
17	3.24545	COMB2	Combination	1207.192244	16108.41	-198.24567	-87.97761	55.12906	2512.5054
17	3.73636	COMB2	Combination	1207.192244	18081.838	-198.24567	-87.97761	152.4497	-5879.646
17	4.22727	COMB2	Combination	1207.192244	20055.266	-198.24567	-87.97761	249.7703	-15240.57
17	4.71818	COMB2	Combination	1207.192244	22028.694	-198.24567	-87.97761	347.0909	-25570.27
17	5.20909	COMB2	Combination	1207.192244	24002.123	-198.24567	-87.97761	444.4115	-36868.74
17	5.7	COMB2	Combination	1207.192244	25975.551	-198.24567	-87.97761	541.7321	-49135.99
17	0.3	COMB3	Combination	1221.756056	4271.0169	-127.29995	39.528653	-331.910	32529.71
17	0.79091	COMB3	Combination	1221.756056	6244.4452	-127.29995	39.528653	-269.418	29948.642
17	1.28182	COMB3	Combination	1221.756056	8217.8735	-127.29995	39.528653	-206.925	26398.8
17	1.77273	COMB3	Combination	1221.756056	10191.302	-127.29995	39.528653	-144.432	21880.184
17	2.26364	COMB3	Combination	1221.756056	12164.73	-127.29995	39.528653	-81.9396	16392.795
17	2.75455	COMB3	Combination	1221.756056	14138.158	-127.29995	39.528653	-19.4469	9936.6310

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
17	3.24545	COMB3	Combination	1221.756056	16111.587	-127.29995	39.528653	43.0458	2511.6937
17	3.73636	COMB3	Combination	1221.756056	18085.015	-127.29995	39.528653	105.5385	-5882.018
17	4.22727	COMB3	Combination	1221.756056	20058.443	-127.29995	39.528653	168.0312	-15244.50
17	4.71818	COMB3	Combination	1221.756056	22031.871	-127.29995	39.528653	230.5239	-25575.76
17	5.20909	COMB3	Combination	1221.756056	24005.3	-127.29995	39.528653	293.0166	-36875.79
17	5.7	COMB3	Combination	1221.756056	25978.728	-127.29995	39.528653	355.5093	-49144.60
17	0.3	COMB4	Combination	-104.301664	-13485.95	-65.724189	-227.5417	-189.104	-15662.59
17	0.79091	COMB4	Combination	-104.301664	-11512.52	-65.724189	-227.5417	-156.84	-9526.604
17	1.28182	COMB4	Combination	-104.301664	-9539.089	-65.724189	-227.5417	-124.575	-4359.391
17	1.77273	COMB4	Combination	-104.301664	-7565.661	-65.724189	-227.5417	-92.3104	-160.9527
17	2.26364	COMB4	Combination	-104.301664	-5592.232	-65.724189	-227.5417	-60.0458	3068.7120
17	2.75455	COMB4	Combination	-104.301664	-3618.804	-65.724189	-227.5417	-27.7812	5329.6028
17	3.24545	COMB4	Combination	-104.301664	-1645.376	-65.724189	-227.5417	4.483435	6621.7198
17	3.73636	COMB4	Combination	-104.301664	328.05234	-65.724189	-227.5417	36.74804	6945.0628
17	4.22727	COMB4	Combination	-104.301664	2301.4806	-65.724189	-227.5417	69.01264	6299.6320
17	4.71818	COMB4	Combination	-104.301664	4274.9089	-65.724189	-227.5417	101.2772	4685.4273
17	5.20909	COMB4	Combination	-104.301664	6248.3371	-65.724189	-227.5417	133.5418	2102.4488
17	5.7	COMB4	Combination	-104.301664	8221.7654	-65.724189	-227.5417	165.8064	-1449.304
17	0.3	COMB5	Combination	-55.7556237	-13475.36	170.76156	197.47912	467.1763	-15634.10
17	0.79091	COMB5	Combination	-55.7556237	-11501.93	170.76156	197.47912	383.3479	-9503.317
17	1.28182	COMB5	Combination	-55.7556237	-9528.499	170.76156	197.47912	299.5195	-4341.303
17	1.77273	COMB5	Combination	-55.7556237	-7555.071	170.76156	197.47912	215.6911	-148.0629
17	2.26364	COMB5	Combination	-55.7556237	-5581.643	170.76156	197.47912	131.8627	3076.4033
17	2.75455	COMB5	Combination	-55.7556237	-3608.215	170.76156	197.47912	48.03429	5332.0956
17	3.24545	COMB5	Combination	-55.7556237	-1634.786	170.76156	197.47912	-35.7941	6619.0141
17	3.73636	COMB5	Combination	-55.7556237	338.64186	170.76156	197.47912	-119.623	6937.1586
17	4.22727	COMB5	Combination	-55.7556237	2312.0701	170.76156	197.47912	-203.451	6286.5293
17	4.71818	COMB5	Combination	-55.7556237	4285.4984	170.76156	197.47912	-287.279	4667.1261
17	5.20909	COMB5	Combination	-55.7556237	6258.9267	170.76156	197.47912	-371.108	2078.9491
17	5.7	COMB5	Combination	-55.7556237	8232.3549	170.76156	197.47912	-454.936	-1478.002
18	0.3	DEAD	LinStatic	283.5829525	-3604.641	6.82213468	57.264332	14.38306	1312.5633
18	0.7875	DEAD	LinStatic	283.5829525	-2102.948	6.82213468	57.264332	11.05727	2703.7882
18	1.275	DEAD	LinStatic	283.5829525	-601.2556	6.82213468	57.264332	7.731477	3362.9379
18	1.7625	DEAD	LinStatic	283.5829525	900.43702	6.82213468	57.264332	4.405686	3290.0124
18	2.25	DEAD	LinStatic	283.5829525	2402.1297	6.82213468	57.264332	1.079895	2485.0118
18	2.7375	DEAD	LinStatic	283.5829525	3903.8223	6.82213468	57.264332	-2.2459	947.93602
18	3.225	DEAD	LinStatic	283.5829525	5405.515	6.82213468	57.264332	-5.57169	-1321.215
18	3.7125	DEAD	LinStatic	283.5829525	6907.2076	6.82213468	57.264332	-8.89748	-4322.441
18	4.2	DEAD	LinStatic	283.5829525	8408.9003	6.82213468	57.264332	-12.2233	-8055.742
18	0.3	COMB1	Combination	380.3954554	-5314.062	8.69374758	101.50279	18.23642	1002.8733
18	0.7875	COMB1	Combination	380.3954554	-3266.331	8.69374758	101.50279	13.99822	3094.3441
18	1.275	COMB1	Combination	380.3954554	-1218.6	8.69374758	101.50279	9.760016	4187.546
18	1.7625	COMB1	Combination	380.3954554	829.13136	8.69374758	101.50279	5.521814	4282.4789
18	2.25	COMB1	Combination	380.3954554	2876.8625	8.69374758	101.50279	1.283612	3379.1429
18	2.7375	COMB1	Combination	380.3954554	4924.5937	8.69374758	101.50279	-2.95459	1477.538
18	3.225	COMB1	Combination	380.3954554	6972.3249	8.69374758	101.50279	-7.19279	-1422.336
18	3.7125	COMB1	Combination	380.3954554	9020.0561	8.69374758	101.50279	-11.431	-5320.479
18	4.2	COMB1	Combination	380.3954554	11067.787	8.69374758	101.50279	-15.6692	-10216.89
18	0.3	COMB2	Combination	947.1335729	18780.134	-287.68098	38.179014	-620.599	45999.808
18	0.7875	COMB2	Combination	947.1335729	20437.532	-287.68098	38.179014	-480.355	36440.502
18	1.275	COMB2	Combination	947.1335729	22094.929	-287.68098	38.179014	-340.110	26073.214
18	1.7625	COMB2	Combination	947.1335729	23752.327	-287.68098	38.179014	-199.866	14897.946
18	2.25	COMB2	Combination	947.1335729	25409.724	-287.68098	38.179014	-59.6213	2914.6956
18	2.7375	COMB2	Combination	947.1335729	27067.122	-287.68098	38.179014	80.62316	-9876.536

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
18	3.225	COMB2	Combination	947.1335729	28724.52	-287.68098	38.179014	220.8676	-23475.75
18	3.7125	COMB2	Combination	947.1335729	30381.917	-287.68098	38.179014	361.1121	-37882.94
18	4.2	COMB2	Combination	947.1335729	32039.315	-287.68098	38.179014	501.3566	-53098.12
18	0.3	COMB3	Combination	955.9500823	18785.925	-186.6221	158.72075	-417.775	46010.495
18	0.7875	COMB3	Combination	955.9500823	20443.322	-186.6221	158.72075	-326.797	36448.366
18	1.275	COMB3	Combination	955.9500823	22100.72	-186.6221	158.72075	-235.819	26078.256
18	1.7625	COMB3	Combination	955.9500823	23758.118	-186.6221	158.72075	-144.841	14900.164
18	2.25	COMB3	Combination	955.9500823	25415.515	-186.6221	158.72075	-53.8624	2914.0911
18	2.7375	COMB3	Combination	955.9500823	27072.913	-186.6221	158.72075	37.11589	-9879.963
18	3.225	COMB3	Combination	955.9500823	28730.310	-186.6221	158.72075	128.0942	-23482
18	3.7125	COMB3	Combination	955.9500823	30387.708	-186.6221	158.72075	219.0724	-37892.02
18	4.2	COMB3	Combination	955.9500823	32045.106	-186.6221	158.72075	310.0507	-53110.01
18	0.3	COMB4	Combination	104.0374121	-10986.55	-87.757449	-138.2869	-162.234	-12271.79
18	0.7875	COMB4	Combination	104.0374121	-9329.151	-87.757449	-138.2869	-119.452	-7319.837
18	1.275	COMB4	Combination	104.0374121	-7671.754	-87.757449	-138.2869	-76.6704	-3175.866
18	1.7625	COMB4	Combination	104.0374121	-6014.356	-87.757449	-138.2869	-33.8886	160.12289
18	2.25	COMB4	Combination	104.0374121	-4356.959	-87.757449	-138.2869	8.893158	2688.1308
18	2.7375	COMB4	Combination	104.0374121	-2699.561	-87.757449	-138.2869	51.67491	4408.1575
18	3.225	COMB4	Combination	104.0374121	-1042.163	-87.757449	-138.2869	94.45667	5320.2028
18	3.7125	COMB4	Combination	104.0374121	615.23424	-87.757449	-138.2869	137.2384	5424.2667
18	4.2	COMB4	Combination	104.0374121	2272.6318	-87.757449	-138.2869	180.0202	4720.3494
18	0.3	COMB5	Combination	133.4257769	-10967.25	249.105494	263.51885	513.8453	-12236.16
18	0.7875	COMB5	Combination	133.4257769	-9309.849	249.105494	263.51885	392.4064	-7293.622
18	1.275	COMB5	Combination	133.4257769	-7652.451	249.105494	263.51885	270.9675	-3159.062
18	1.7625	COMB5	Combination	133.4257769	-5995.054	249.105494	263.51885	149.5285	167.51777
18	2.25	COMB5	Combination	133.4257769	-4337.656	249.105494	263.51885	28.08961	2686.1158
18	2.7375	COMB5	Combination	133.4257769	-2680.259	249.105494	263.51885	-93.3493	4396.7326
18	3.225	COMB5	Combination	133.4257769	-1022.861	249.105494	263.51885	-214.788	5299.3680
18	3.7125	COMB5	Combination	133.4257769	634.53656	249.105494	263.51885	-336.227	5394.0221
18	4.2	COMB5	Combination	133.4257769	2291.9342	249.105494	263.51885	-457.666	4680.6949
19	0.3	DEAD	LinStatic	142.6151703	-3592.907	3.53062763	-67.61596	5.184563	1462.4291
19	0.7875	DEAD	LinStatic	142.6151703	-2091.214	3.53062763	-67.61596	3.463382	2847.9336
19	1.275	DEAD	LinStatic	142.6151703	-589.5215	3.53062763	-67.61596	1.742201	3501.3628
19	1.7625	DEAD	LinStatic	142.6151703	912.1712	3.53062763	-67.61596	0.021020	3422.717
19	2.25	DEAD	LinStatic	142.6151703	2413.8638	3.53062763	-67.61596	-1.70016	2611.9959
19	2.7375	DEAD	LinStatic	142.6151703	3915.5565	3.53062763	-67.61596	-3.42134	1069.1997
19	3.225	DEAD	LinStatic	142.6151703	5417.2491	3.53062763	-67.61596	-5.14252	-1205.672
19	3.7125	DEAD	LinStatic	142.6151703	6918.9418	3.53062763	-67.61596	-6.86370	-4212.618
19	4.2	DEAD	LinStatic	142.6151703	8420.6345	3.53062763	-67.61596	-8.58488	-7951.64
19	0.3	COMB1	Combination	196.8922467	-5291.649	3.84709068	-91.31711	5.393193	1226.5449
19	0.7875	COMB1	Combination	196.8922467	-3243.918	3.84709068	-91.31711	3.517737	3307.0892
19	1.275	COMB1	Combination	196.8922467	-1196.186	3.84709068	-91.31711	1.642280	4389.3645
19	1.7625	COMB1	Combination	196.8922467	851.54484	3.84709068	-91.31711	-0.23318	4473.3709
19	2.25	COMB1	Combination	196.8922467	2899.2760	3.84709068	-91.31711	-2.10863	3559.1083
19	2.7375	COMB1	Combination	196.8922467	4947.0072	3.84709068	-91.31711	-3.98409	1646.5768
19	3.225	COMB1	Combination	196.8922467	6994.7384	3.84709068	-91.31711	-5.85955	-1264.224
19	3.7125	COMB1	Combination	196.8922467	9042.4696	3.84709068	-91.31711	-7.73500	-5173.293
19	4.2	COMB1	Combination	196.8922467	11090.201	3.84709068	-91.31711	-9.61046	-10080.63
19	0.3	COMB2	Combination	600.4199997	18638.780	-393.83424	-165.4998	-663.849	45827.592
19	0.7875	COMB2	Combination	600.4199997	20296.178	-393.83424	-165.4998	-471.855	36337.196
19	1.275	COMB2	Combination	600.4199997	21953.576	-393.83424	-165.4998	-279.860	26038.819
19	1.7625	COMB2	Combination	600.4199997	23610.973	-393.83424	-165.4998	-87.8661	14932.460
19	2.25	COMB2	Combination	600.4199997	25268.371	-393.83424	-165.4998	104.1281	3018.12
19	2.7375	COMB2	Combination	600.4199997	26925.768	-393.83424	-165.4998	296.1223	-9704.201

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
19	3.225	COMB2	Combination	600.4199997	28583.166	-393.83424	-165.4998	488.1165	-23234.50
19	3.7125	COMB2	Combination	600.4199997	30240.564	-393.83424	-165.4998	680.1106	-37572.79
19	4.2	COMB2	Combination	600.4199997	31897.961	-393.83424	-165.4998	872.1048	-52719.05
19	0.3	COMB3	Combination	530.693284	18644.412	-256.95604	-56.18556	-432.972	45838.316
19	0.7875	COMB3	Combination	530.693284	20301.809	-256.95604	-56.18556	-307.706	36345.175
19	1.275	COMB3	Combination	530.693284	21959.207	-256.95604	-56.18556	-182.44	26044.052
19	1.7625	COMB3	Combination	530.693284	23616.604	-256.95604	-56.18556	-57.1739	14934.948
19	2.25	COMB3	Combination	530.693284	25274.002	-256.95604	-56.18556	68.09220	3017.8626
19	2.7375	COMB3	Combination	530.693284	26931.4	-256.95604	-56.18556	193.3583	-9707.204
19	3.225	COMB3	Combination	530.693284	28588.797	-256.95604	-56.18556	318.6243	-23240.25
19	3.7125	COMB3	Combination	530.693284	30246.195	-256.95604	-56.18556	443.8904	-37581.28
19	4.2	COMB3	Combination	530.693284	31903.592	-256.95604	-56.18556	569.1565	-52730.29
19	0.3	COMB4	Combination	152.1996164	-10924.28	-125.85870	-245.5749	-213.548	-11996.93
19	0.7875	COMB4	Combination	152.1996164	-9266.884	-125.85870	-245.5749	-152.192	-7075.329
19	1.275	COMB4	Combination	152.1996164	-7609.486	-125.85870	-245.5749	-90.8354	-2961.714
19	1.7625	COMB4	Combination	152.1996164	-5952.089	-125.85870	-245.5749	-29.4793	343.92009
19	2.25	COMB4	Combination	152.1996164	-4294.691	-125.85870	-245.5749	31.87682	2841.5727
19	2.7375	COMB4	Combination	152.1996164	-2637.294	-125.85870	-245.5749	93.23294	4531.244
19	3.225	COMB4	Combination	152.1996164	-979.896	-125.85870	-245.5749	154.5891	5412.9339
19	3.7125	COMB4	Combination	152.1996164	677.50162	-125.85870	-245.5749	215.9452	5486.6425
19	4.2	COMB4	Combination	152.1996164	2334.8992	-125.85870	-245.5749	277.3013	4752.3698
19	0.3	COMB5	Combination	-80.2227692	-10905.51	330.401966	118.80582	556.0411	-11961.18
19	0.7875	COMB5	Combination	-80.2227692	-9248.113	330.401966	118.80582	394.9701	-7048.735
19	1.275	COMB5	Combination	-80.2227692	-7590.716	330.401966	118.80582	233.8992	-2944.270
19	1.7625	COMB5	Combination	-80.2227692	-5933.318	330.401966	118.80582	72.82822	352.21289
19	2.25	COMB5	Combination	-80.2227692	-4275.921	330.401966	118.80582	-88.2427	2840.7149
19	2.7375	COMB5	Combination	-80.2227692	-2618.523	330.401966	118.80582	-249.314	4521.2355
19	3.225	COMB5	Combination	-80.2227692	-961.1254	330.401966	118.80582	-410.385	5393.7748
19	3.7125	COMB5	Combination	-80.2227692	696.27216	330.401966	118.80582	-571.456	5458.3328
19	4.2	COMB5	Combination	-80.2227692	2353.6698	330.401966	118.80582	-732.527	4714.9094
20	0.3	DEAD	LinStatic	141.0988224	-3609.07	7.21861971	66.845443	14.83612	1400.9769
20	0.7875	DEAD	LinStatic	141.0988224	-2107.377	7.21861971	66.845443	11.31704	2794.3607
20	1.275	DEAD	LinStatic	141.0988224	-605.6844	7.21861971	66.845443	7.797964	3455.6694
20	1.7625	DEAD	LinStatic	141.0988224	896.0083	7.21861971	66.845443	4.278887	3384.903
20	2.25	DEAD	LinStatic	141.0988224	2397.701	7.21861971	66.845443	0.75981	2582.0614
20	2.7375	DEAD	LinStatic	141.0988224	3899.3936	7.21861971	66.845443	-2.75927	1047.1446
20	3.225	DEAD	LinStatic	141.0988224	5401.0863	7.21861971	66.845443	-6.27834	-1219.847
20	3.7125	DEAD	LinStatic	141.0988224	6902.7789	7.21861971	66.845443	-9.79742	-4218.915
20	4.2	DEAD	LinStatic	141.0988224	8404.4716	7.21861971	66.845443	-13.3165	-7950.057
20	0.3	COMB1	Combination	195.1616416	-5316.883	9.00497277	90.403117	18.38547	1141.4190
20	0.7875	COMB1	Combination	195.1616416	-3269.151	9.00497277	90.403117	13.99554	3234.2648
20	1.275	COMB1	Combination	195.1616416	-1221.420	9.00497277	90.403117	9.60562	4328.8417
20	1.7625	COMB1	Combination	195.1616416	826.31094	9.00497277	90.403117	5.215696	4425.1495
20	2.25	COMB1	Combination	195.1616416	2874.0421	9.00497277	90.403117	0.825772	3523.1885
20	2.7375	COMB1	Combination	195.1616416	4921.7733	9.00497277	90.403117	-3.56415	1622.9585
20	3.225	COMB1	Combination	195.1616416	6969.5045	9.00497277	90.403117	-7.95408	-1275.540
20	3.7125	COMB1	Combination	195.1616416	9017.2357	9.00497277	90.403117	-12.3440	-5172.308
20	4.2	COMB1	Combination	195.1616416	11064.967	9.00497277	90.403117	-16.7339	-10067.35
20	0.3	COMB2	Combination	-215.899139	18623.785	-257.69864	88.484858	-572.426	45494.896
20	0.7875	COMB2	Combination	-215.899139	20281.182	-257.69864	88.484858	-446.798	36011.810
20	1.275	COMB2	Combination	-215.899139	21938.58	-257.69864	88.484858	-321.17	25720.743
20	1.7625	COMB2	Combination	-215.899139	23595.977	-257.69864	88.484858	-195.541	14621.695
20	2.25	COMB2	Combination	-215.899139	25253.375	-257.69864	88.484858	-69.9134	2714.6655
20	2.7375	COMB2	Combination	-215.899139	26910.772	-257.69864	88.484858	55.71467	-10000.35

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
20	3.225	COMB2	Combination	-215.899139	28568.170	-257.69864	88.484858	181.3428	-23523.34
20	3.7125	COMB2	Combination	-215.899139	30225.568	-257.69864	88.484858	306.9708	-37854.31
20	4.2	COMB2	Combination	-215.899139	31882.965	-257.69864	88.484858	432.5989	-52993.27
20	0.3	COMB3	Combination	-285.521515	18617.539	-394.69729	-21.45552	-875.510	45482.483
20	0.7875	COMB3	Combination	-285.521515	20274.936	-394.69729	-21.45552	-683.095	36002.442
20	1.275	COMB3	Combination	-285.521515	21932.334	-394.69729	-21.45552	-490.680	25714.42
20	1.7625	COMB3	Combination	-285.521515	23589.732	-394.69729	-21.45552	-298.265	14618.416
20	2.25	COMB3	Combination	-285.521515	25247.129	-394.69729	-21.45552	-105.850	2714.4313
20	2.7375	COMB3	Combination	-285.521515	26904.527	-394.69729	-21.45552	86.56452	-9997.535
20	3.225	COMB3	Combination	-285.521515	28561.924	-394.69729	-21.45552	278.9794	-23517.48
20	3.7125	COMB3	Combination	-285.521515	30219.322	-394.69729	-21.45552	471.3944	-37845.41
20	4.2	COMB3	Combination	-285.521515	31876.72	-394.69729	-21.45552	663.8093	-52981.32
20	0.3	COMB4	Combination	394.8739619	-10922.76	336.190053	268.76966	742.8306	-11943.82
20	0.7875	COMB4	Combination	394.8739619	-9265.362	336.190053	268.76966	578.938	-7022.969
20	1.275	COMB4	Combination	394.8739619	-7607.964	336.190053	268.76966	415.0453	-2910.095
20	1.7625	COMB4	Combination	394.8739619	-5950.567	336.190053	268.76966	251.1527	394.79654
20	2.25	COMB4	Combination	394.8739619	-4293.169	336.190053	268.76966	87.26003	2891.7071
20	2.7375	COMB4	Combination	394.8739619	-2635.771	336.190053	268.76966	-76.6326	4580.6363
20	3.225	COMB4	Combination	394.8739619	-978.3738	336.190053	268.76966	-240.525	5461.5841
20	3.7125	COMB4	Combination	394.8739619	679.02384	336.190053	268.76966	-404.418	5534.5507
20	4.2	COMB4	Combination	394.8739619	2336.4214	336.190053	268.76966	-568.311	4799.5359
20	0.3	COMB5	Combination	162.7993754	-10943.58	-120.47214	-97.69827	-267.451	-11985.20
20	0.7875	COMB5	Combination	162.7993754	-9286.181	-120.47214	-97.69827	-208.720	-7054.197
20	1.275	COMB5	Combination	162.7993754	-7628.783	-120.47214	-97.69827	-149.990	-2931.175
20	1.7625	COMB5	Combination	162.7993754	-5971.385	-120.47214	-97.69827	-91.2601	383.86651
20	2.25	COMB5	Combination	162.7993754	-4313.988	-120.47214	-97.69827	-32.53	2890.9263
20	2.7375	COMB5	Combination	162.7993754	-2656.590	-120.47214	-97.69827	26.2002	4590.0047
20	3.225	COMB5	Combination	162.7993754	-999.1927	-120.47214	-97.69827	84.93036	5481.1017
20	3.7125	COMB5	Combination	162.7993754	658.20494	-120.47214	-97.69827	143.6605	5564.2175
20	4.2	COMB5	Combination	162.7993754	2315.6025	-120.47214	-97.69827	202.3907	4839.3519
21	0.3	DEAD	LinStatic	119.1128626	-3585.889	2.32398887	-52.73359	2.967172	1312.8109
21	0.7875	DEAD	LinStatic	119.1128626	-2084.197	2.32398887	-52.73359	1.834227	2694.8945
21	1.275	DEAD	LinStatic	119.1128626	-582.5041	2.32398887	-52.73359	0.701283	3344.9028
21	1.7625	DEAD	LinStatic	119.1128626	919.18852	2.32398887	-52.73359	-0.43166	3262.836
21	2.25	DEAD	LinStatic	119.1128626	2420.8812	2.32398887	-52.73359	-1.56461	2448.694
21	2.7375	DEAD	LinStatic	119.1128626	3922.5738	2.32398887	-52.73359	-2.69755	902.47683
21	3.225	DEAD	LinStatic	119.1128626	5424.2665	2.32398887	-52.73359	-3.8305	-1375.815
21	3.7125	DEAD	LinStatic	119.1128626	6925.9591	2.32398887	-52.73359	-4.96344	-4386.183
21	4.2	DEAD	LinStatic	119.1128626	8427.6518	2.32398887	-52.73359	-6.09638	-8128.626
21	0.3	COMB1	Combination	183.4297789	-5280.666	2.2081869	-96.06925	2.426693	1024.4163
21	0.7875	COMB1	Combination	183.4297789	-3232.935	2.2081869	-96.06925	1.350202	3099.6067
21	1.275	COMB1	Combination	183.4297789	-1185.204	2.2081869	-96.06925	0.273711	4176.5282
21	1.7625	COMB1	Combination	183.4297789	862.52707	2.2081869	-96.06925	-0.80278	4255.1807
21	2.25	COMB1	Combination	183.4297789	2910.2583	2.2081869	-96.06925	-1.87927	3335.5643
21	2.7375	COMB1	Combination	183.4297789	4957.9894	2.2081869	-96.06925	-2.95576	1417.6789
21	3.225	COMB1	Combination	183.4297789	7005.7206	2.2081869	-96.06925	-4.03225	-1498.475
21	3.7125	COMB1	Combination	183.4297789	9053.4518	2.2081869	-96.06925	-5.10874	-5412.899
21	4.2	COMB1	Combination	183.4297789	11101.183	2.2081869	-96.06925	-6.18524	-10325.59
21	0.3	COMB2	Combination	-507.846699	18811.61	-191.61384	21.501989	-319.406	45673.515
21	0.7875	COMB2	Combination	-507.846699	20469.007	-191.61384	21.501989	-225.995	36098.864
21	1.275	COMB2	Combination	-507.846699	22126.405	-191.61384	21.501989	-132.583	25716.233
21	1.7625	COMB2	Combination	-507.846699	23783.803	-191.61384	21.501989	-39.1710	14525.62
21	2.25	COMB2	Combination	-507.846699	25441.200	-191.61384	21.501989	54.24072	2527.0252
21	2.7375	COMB2	Combination	-507.846699	27098.598	-191.61384	21.501989	147.6525	-10279.55

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
21	3.225	COMB2	Combination	-507.846699	28755.995	-191.61384	21.501989	241.0642	-23894.11
21	3.7125	COMB2	Combination	-507.846699	30413.393	-191.61384	21.501989	334.476	-38316.65
21	4.2	COMB2	Combination	-507.846699	32070.791	-191.61384	21.501989	427.8877	-53547.17
21	0.3	COMB3	Combination	-499.256084	18805.483	-292.56695	-99.35018	-510.465	45660.974
21	0.7875	COMB3	Combination	-499.256084	20462.880	-292.56695	-99.35018	-367.838	36089.311
21	1.275	COMB3	Combination	-499.256084	22120.278	-292.56695	-99.35018	-225.212	25709.666
21	1.7625	COMB3	Combination	-499.256084	23777.676	-292.56695	-99.35018	-82.5857	14522.039
21	2.25	COMB3	Combination	-499.256084	25435.073	-292.56695	-99.35018	60.04067	2526.432
21	2.7375	COMB3	Combination	-499.256084	27092.471	-292.56695	-99.35018	202.6671	-10277.16
21	3.225	COMB3	Combination	-499.256084	28749.868	-292.56695	-99.35018	345.2934	-23888.73
21	3.7125	COMB3	Combination	-499.256084	30407.266	-292.56695	-99.35018	487.9198	-38308.28
21	4.2	COMB3	Combination	-499.256084	32064.664	-292.56695	-99.35018	630.5462	-53535.81
21	0.3	COMB4	Combination	316.6101518	-10944.1	243.806881	127.12963	446.4782	-12122.30
21	0.7875	COMB4	Combination	316.6101518	-9286.701	243.806881	127.12963	327.6223	-7191.045
21	1.275	COMB4	Combination	316.6101518	-7629.303	243.806881	127.12963	208.7665	-3067.769
21	1.7625	COMB4	Combination	316.6101518	-5971.906	243.806881	127.12963	89.91063	247.52544
21	2.25	COMB4	Combination	316.6101518	-4314.508	243.806881	127.12963	-28.9452	2754.8388
21	2.7375	COMB4	Combination	316.6101518	-2657.111	243.806881	127.12963	-147.801	4454.1709
21	3.225	COMB4	Combination	316.6101518	-999.713	243.806881	127.12963	-266.657	5345.5216
21	3.7125	COMB4	Combination	316.6101518	657.68464	243.806881	127.12963	-385.513	5428.8910
21	4.2	COMB4	Combination	316.6101518	2315.0822	243.806881	127.12963	-504.369	4704.2791
21	0.3	COMB5	Combination	345.2455349	-10964.52	-92.703479	-275.7109	-190.384	-12164.11
21	0.7875	COMB5	Combination	345.2455349	-9307.124	-92.703479	-275.7109	-145.191	-7222.892
21	1.275	COMB5	Combination	345.2455349	-7649.726	-92.703479	-275.7109	-99.9979	-3089.659
21	1.7625	COMB5	Combination	345.2455349	-5992.329	-92.703479	-275.7109	-54.8050	235.59177
21	2.25	COMB5	Combination	345.2455349	-4334.931	-92.703479	-275.7109	-9.61206	2752.8614
21	2.7375	COMB5	Combination	345.2455349	-2677.534	-92.703479	-275.7109	35.58089	4462.1498
21	3.225	COMB5	Combination	345.2455349	-1020.136	-92.703479	-275.7109	80.77384	5363.4568
21	3.7125	COMB5	Combination	345.2455349	637.26151	-92.703479	-275.7109	125.9668	5456.7825
21	4.2	COMB5	Combination	345.2455349	2294.6591	-92.703479	-275.7109	171.1597	4742.1268
22	0.3	DEAD	LinStatic	22.39496497	-8262.841	4.8472768	7.0135568	13.0505	-3634.716
22	0.79091	DEAD	LinStatic	22.39496497	-6487.923	4.8472768	7.0135568	10.67093	-14.07365
22	1.28182	DEAD	LinStatic	22.39496497	-4713.004	4.8472768	7.0135568	8.291354	2735.2448
22	1.77273	DEAD	LinStatic	22.39496497	-2938.086	4.8472768	7.0135568	5.911782	4613.2398
22	2.26364	DEAD	LinStatic	22.39496497	-1163.168	4.8472768	7.0135568	3.53221	5619.9114
22	2.75455	DEAD	LinStatic	22.39496497	611.74980	4.8472768	7.0135568	1.152637	5755.2596
22	3.24545	DEAD	LinStatic	22.39496497	2386.6679	4.8472768	7.0135568	-1.22693	5019.2843
22	3.73636	DEAD	LinStatic	22.39496497	4161.586	4.8472768	7.0135568	-3.60651	3411.9857
22	4.22727	DEAD	LinStatic	22.39496497	5936.5041	4.8472768	7.0135568	-5.98608	933.36357
22	4.71818	DEAD	LinStatic	22.39496497	7711.4222	4.8472768	7.0135568	-8.36565	-2416.582
22	5.20909	DEAD	LinStatic	22.39496497	9486.3402	4.8472768	7.0135568	-10.7452	-6637.851
22	5.7	DEAD	LinStatic	22.39496497	11261.258	4.8472768	7.0135568	-13.1248	-11730.44
22	0.3	COMB1	Combination	45.58796879	-11747.51	5.93291949	27.857848	15.99686	-5782.348
22	0.79091	COMB1	Combination	45.58796879	-9283.089	5.93291949	27.857848	13.08434	-620.292
22	1.28182	COMB1	Combination	45.58796879	-6818.668	5.93291949	27.857848	10.17181	3331.9575
22	1.77273	COMB1	Combination	45.58796879	-4354.247	5.93291949	27.857848	7.259288	6074.4001
22	2.26364	COMB1	Combination	45.58796879	-1889.825	5.93291949	27.857848	4.346764	7607.0359
22	2.75455	COMB1	Combination	45.58796879	574.59629	5.93291949	27.857848	1.43424	7929.8648
22	3.24545	COMB1	Combination	45.58796879	3039.0177	5.93291949	27.857848	-1.47828	7042.8868
22	3.73636	COMB1	Combination	45.58796879	5503.4391	5.93291949	27.857848	-4.39081	4946.102
22	4.22727	COMB1	Combination	45.58796879	7967.8605	5.93291949	27.857848	-7.30333	1639.5103
22	4.71818	COMB1	Combination	45.58796879	10432.282	5.93291949	27.857848	-10.2159	-2876.888
22	5.20909	COMB1	Combination	45.58796879	12896.703	5.93291949	27.857848	-13.1284	-8603.094
22	5.7	COMB1	Combination	45.58796879	15361.125	5.93291949	27.857848	-16.0409	-15539.11

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
22	0.3	COMB2	Combination	-974.232504	4377.9369	-124.41221	71.509462	-347.804	32394.756
22	0.79091	COMB2	Combination	-974.232504	6351.3652	-124.41221	71.509462	-286.729	29761.200
22	1.28182	COMB2	Combination	-974.232504	8324.7934	-124.41221	71.509462	-225.654	26158.870
22	1.77273	COMB2	Combination	-974.232504	10298.222	-124.41221	71.509462	-164.579	21587.767
22	2.26364	COMB2	Combination	-974.232504	12271.65	-124.41221	71.509462	-103.504	16047.889
22	2.75455	COMB2	Combination	-974.232504	14245.078	-124.41221	71.509462	-42.4284	9539.2375
22	3.24545	COMB2	Combination	-974.232504	16218.506	-124.41221	71.509462	18.64666	2061.8122
22	3.73636	COMB2	Combination	-974.232504	18191.935	-124.41221	71.509462	79.72175	-6384.387
22	4.22727	COMB2	Combination	-974.232504	20165.363	-124.41221	71.509462	140.7968	-15799.36
22	4.71818	COMB2	Combination	-974.232504	22138.791	-124.41221	71.509462	201.8719	-26183.11
22	5.20909	COMB2	Combination	-974.232504	24112.22	-124.41221	71.509462	262.9470	-37535.63
22	5.7	COMB2	Combination	-974.232504	26085.648	-124.41221	71.509462	324.0221	-49856.92
22	0.3	COMB3	Combination	-959.911830	4374.4902	-195.13089	-55.99102	-533.360	32385.426
22	0.79091	COMB3	Combination	-959.911830	6347.9184	-195.13089	-55.99102	-437.569	29753.562
22	1.28182	COMB3	Combination	-959.911830	8321.3467	-195.13089	-55.99102	-341.777	26152.924
22	1.77273	COMB3	Combination	-959.911830	10294.775	-195.13089	-55.99102	-245.986	21583.513
22	2.26364	COMB3	Combination	-959.911830	12268.203	-195.13089	-55.99102	-150.194	16045.327
22	2.75455	COMB3	Combination	-959.911830	14241.631	-195.13089	-55.99102	-54.4025	9538.3677
22	3.24545	COMB3	Combination	-959.911830	16215.06	-195.13089	-55.99102	41.38898	2062.6344
22	3.73636	COMB3	Combination	-959.911830	18188.488	-195.13089	-55.99102	137.1805	-6381.873
22	4.22727	COMB3	Combination	-959.911830	20161.916	-195.13089	-55.99102	232.9720	-15795.15
22	4.71818	COMB3	Combination	-959.911830	22135.345	-195.13089	-55.99102	328.7636	-26177.21
22	5.20909	COMB3	Combination	-959.911830	24108.773	-195.13089	-55.99102	424.5551	-37528.04
22	5.7	COMB3	Combination	-959.911830	26082.201	-195.13089	-55.99102	520.3466	-49847.64
22	0.3	COMB4	Combination	304.8056835	-13367.40	172.462015	228.03959	459.3925	-15268.88
22	0.79091	COMB4	Combination	304.8056835	-11393.97	172.462015	228.03959	374.7293	-9191.084
22	1.28182	COMB4	Combination	304.8056835	-9420.546	172.462015	228.03959	290.0662	-4082.066
22	1.77273	COMB4	Combination	304.8056835	-7447.118	172.462015	228.03959	205.403	58.179412
22	2.26364	COMB4	Combination	304.8056835	-5473.69	172.462015	228.03959	120.7398	3229.6505
22	2.75455	COMB4	Combination	304.8056835	-3500.262	172.462015	228.03959	36.07666	5432.3477
22	3.24545	COMB4	Combination	304.8056835	-1526.833	172.462015	228.03959	-48.5865	6666.271
22	3.73636	COMB4	Combination	304.8056835	446.5949	172.462015	228.03959	-133.25	6931.4204
22	4.22727	COMB4	Combination	304.8056835	2420.0232	172.462015	228.03959	-217.913	6227.7960
22	4.71818	COMB4	Combination	304.8056835	4393.4514	172.462015	228.03959	-302.576	4555.3977
22	5.20909	COMB4	Combination	304.8056835	6366.8797	172.462015	228.03959	-387.239	1914.2255
22	5.7	COMB4	Combination	304.8056835	8340.308	172.462015	228.03959	-471.902	-1695.721
22	0.3	COMB5	Combination	352.5412615	-13378.89	-63.266897	-196.9620	-159.129	-15299.98
22	0.79091	COMB5	Combination	352.5412615	-11405.46	-63.266897	-196.9620	-128.070	-9216.544
22	1.28182	COMB5	Combination	352.5412615	-9432.036	-63.266897	-196.9620	-97.012	-4101.885
22	1.77273	COMB5	Combination	352.5412615	-7458.607	-63.266897	-196.9620	-65.9537	43.999856
22	2.26364	COMB5	Combination	352.5412615	-5485.179	-63.266897	-196.9620	-34.8954	3221.1110
22	2.75455	COMB5	Combination	352.5412615	-3511.751	-63.266897	-196.9620	-3.83709	5429.4483
22	3.24545	COMB5	Combination	352.5412615	-1538.322	-63.266897	-196.9620	27.22120	6669.0117
22	3.73636	COMB5	Combination	352.5412615	435.10581	-63.266897	-196.9620	58.2795	6939.8013
22	4.22727	COMB5	Combination	352.5412615	2408.5341	-63.266897	-196.9620	89.33779	6241.8169
22	4.71818	COMB5	Combination	352.5412615	4381.9623	-63.266897	-196.9620	120.3961	4575.0587
22	5.20909	COMB5	Combination	352.5412615	6355.3906	-63.266897	-196.9620	151.4544	1939.5266
22	5.7	COMB5	Combination	352.5412615	8328.8189	-63.266897	-196.9620	182.5127	-1664.779
23	0.3	DEAD	LinStatic	-73.1302199	-8337.699	5.54373315	16.53484	14.65933	-3734.937
23	0.79091	DEAD	LinStatic	-73.1302199	-6562.781	5.54373315	16.53484	11.93787	-77.54684
23	1.28182	DEAD	LinStatic	-73.1302199	-4787.863	5.54373315	16.53484	9.216397	2708.5204
23	1.77273	DEAD	LinStatic	-73.1302199	-3012.945	5.54373315	16.53484	6.494928	4623.2641
23	2.26364	DEAD	LinStatic	-73.1302199	-1238.027	5.54373315	16.53484	3.773459	5666.6845
23	2.75455	DEAD	LinStatic	-73.1302199	536.89124	5.54373315	16.53484	1.05199	5838.7814

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
23	3.24545	DEAD	LinStatic	-73.1302199	2311.8093	5.54373315	16.53484	-1.66948	5139.5549
23	3.73636	DEAD	LinStatic	-73.1302199	4086.7274	5.54373315	16.53484	-4.39095	3569.005
23	4.22727	DEAD	LinStatic	-73.1302199	5861.6455	5.54373315	16.53484	-7.11242	1127.1316
23	4.71818	DEAD	LinStatic	-73.1302199	7636.5636	5.54373315	16.53484	-9.83389	-2186.065
23	5.20909	DEAD	LinStatic	-73.1302199	9411.4817	5.54373315	16.53484	-12.5554	-6370.585
23	5.7	DEAD	LinStatic	-73.1302199	11186.4	5.54373315	16.53484	-15.2768	-11426.43
23	0.3	COMB1	Combination	-83.4466338	-11848.88	6.64140842	3.7963998	17.57996	-5924.94
23	0.79091	COMB1	Combination	-83.4466338	-9384.459	6.64140842	3.7963998	14.31963	-713.1201
23	1.28182	COMB1	Combination	-83.4466338	-6920.038	6.64140842	3.7963998	11.05930	3288.8929
23	1.77273	COMB1	Combination	-83.4466338	-4455.617	6.64140842	3.7963998	7.798976	6081.099
23	2.26364	COMB1	Combination	-83.4466338	-1991.195	6.64140842	3.7963998	4.538648	7663.4983
23	2.75455	COMB1	Combination	-83.4466338	473.2262	6.64140842	3.7963998	1.278320	8036.0906
23	3.24545	COMB1	Combination	-83.4466338	2937.6476	6.64140842	3.7963998	-1.98201	7198.8762
23	3.73636	COMB1	Combination	-83.4466338	5402.069	6.64140842	3.7963998	-5.24234	5151.8548
23	4.22727	COMB1	Combination	-83.4466338	7866.4904	6.64140842	3.7963998	-8.50266	1895.0266
23	4.71818	COMB1	Combination	-83.4466338	10330.912	6.64140842	3.7963998	-11.763	-2571.608
23	5.20909	COMB1	Combination	-83.4466338	12795.333	6.64140842	3.7963998	-15.0233	-8248.050
23	5.7	COMB1	Combination	-83.4466338	15259.755	6.64140842	3.7963998	-18.2836	-15134.3
23	0.3	COMB2	Combination	-1246.01004	4235.8461	-107.56872	102.54661	-313.17	32599.343
23	0.79091	COMB2	Combination	-1246.01004	6209.2743	-107.56872	102.54661	-260.363	30035.540
23	1.28182	COMB2	Combination	-1246.01004	8182.7026	-107.56872	102.54661	-207.557	26502.964
23	1.77273	COMB2	Combination	-1246.01004	10156.131	-107.56872	102.54661	-154.750	22001.614
23	2.26364	COMB2	Combination	-1246.01004	12129.559	-107.56872	102.54661	-101.944	16531.490
23	2.75455	COMB2	Combination	-1246.01004	14102.987	-107.56872	102.54661	-49.1376	10092.592
23	3.24545	COMB2	Combination	-1246.01004	16076.416	-107.56872	102.54661	3.668883	2684.9208
23	3.73636	COMB2	Combination	-1246.01004	18049.844	-107.56872	102.54661	56.47534	-5691.525
23	4.22727	COMB2	Combination	-1246.01004	20023.272	-107.56872	102.54661	109.2818	-15036.74
23	4.71818	COMB2	Combination	-1246.01004	21996.700	-107.56872	102.54661	162.0883	-25350.74
23	5.20909	COMB2	Combination	-1246.01004	23970.129	-107.56872	102.54661	214.8947	-36633.50
23	5.7	COMB2	Combination	-1246.01004	25943.557	-107.56872	102.54661	267.7012	-48885.05
23	0.3	COMB3	Combination	-1235.86016	4233.2848	-154.4561	15.761308	-433.209	32591.157
23	0.79091	COMB3	Combination	-1235.86016	6206.7131	-154.4561	15.761308	-357.385	30028.612
23	1.28182	COMB3	Combination	-1235.86016	8180.1414	-154.4561	15.761308	-281.561	26497.293
23	1.77273	COMB3	Combination	-1235.86016	10153.57	-154.4561	15.761308	-205.738	21997.201
23	2.26364	COMB3	Combination	-1235.86016	12126.998	-154.4561	15.761308	-129.914	16528.334
23	2.75455	COMB3	Combination	-1235.86016	14100.426	-154.4561	15.761308	-54.0898	10090.694
23	3.24545	COMB3	Combination	-1235.86016	16073.854	-154.4561	15.761308	21.73412	2684.2793
23	3.73636	COMB3	Combination	-1235.86016	18047.283	-154.4561	15.761308	97.55802	-5690.909
23	4.22727	COMB3	Combination	-1235.86016	20020.711	-154.4561	15.761308	173.3819	-15034.87
23	4.71818	COMB3	Combination	-1235.86016	21994.139	-154.4561	15.761308	249.2058	-25347.61
23	5.20909	COMB3	Combination	-1235.86016	23967.567	-154.4561	15.761308	325.0297	-36629.12
23	5.7	COMB3	Combination	-1235.86016	25940.996	-154.4561	15.761308	400.8536	-48879.40
23	0.3	COMB4	Combination	257.3796355	-13433.49	125.011833	142.62168	332.0278	-15478.66
23	0.79091	COMB4	Combination	257.3796355	-11460.06	125.011833	142.62168	270.6583	-9368.423
23	1.28182	COMB4	Combination	257.3796355	-9486.632	125.011833	142.62168	209.2889	-4226.963
23	1.77273	COMB4	Combination	257.3796355	-7513.204	125.011833	142.62168	147.9194	-54.27548
23	2.26364	COMB4	Combination	257.3796355	-5539.776	125.011833	142.62168	86.55	3149.6377
23	2.75455	COMB4	Combination	257.3796355	-3566.347	125.011833	142.62168	25.18055	5384.7770
23	3.24545	COMB4	Combination	257.3796355	-1592.919	125.011833	142.62168	-36.1889	6651.1425
23	3.73636	COMB4	Combination	257.3796355	380.50909	125.011833	142.62168	-97.5583	6948.7340
23	4.22727	COMB4	Combination	257.3796355	2353.9374	125.011833	142.62168	-158.928	6277.5517
23	4.71818	COMB4	Combination	257.3796355	4327.3656	125.011833	142.62168	-220.297	4637.5955
23	5.20909	COMB4	Combination	257.3796355	6300.7939	125.011833	142.62168	-281.667	2028.8655
23	5.7	COMB4	Combination	257.3796355	8274.2222	125.011833	142.62168	-343.036	-1548.638

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
23	0.3	COMB5	Combination	291.2125785	-13442.03	-31.279443	-146.6627	-68.1036	-15505.94
23	0.79091	COMB5	Combination	291.2125785	-11468.6	-31.279443	-146.6627	-52.7483	-9391.517
23	1.28182	COMB5	Combination	291.2125785	-9495.17	-31.279443	-146.6627	-37.3929	-4245.865
23	1.77273	COMB5	Combination	291.2125785	-7521.741	-31.279443	-146.6627	-22.0375	-68.98694
23	2.26364	COMB5	Combination	291.2125785	-5548.313	-31.279443	-146.6627	-6.68218	3139.1173
23	2.75455	COMB5	Combination	291.2125785	-3574.885	-31.279443	-146.6627	8.673184	5378.4478
23	3.24545	COMB5	Combination	291.2125785	-1601.457	-31.279443	-146.6627	24.02855	6649.0043
23	3.73636	COMB5	Combination	291.2125785	371.97168	-31.279443	-146.6627	39.38391	6950.7869
23	4.22727	COMB5	Combination	291.2125785	2345.3999	-31.279443	-146.6627	54.73927	6283.7957
23	4.71818	COMB5	Combination	291.2125785	4318.8282	-31.279443	-146.6627	70.09463	4648.0306
23	5.20909	COMB5	Combination	291.2125785	6292.2565	-31.279443	-146.6627	85.45	2043.4917
23	5.7	COMB5	Combination	291.2125785	8265.6847	-31.279443	-146.6627	100.8054	-1529.821
24	0.3	DEAD	LinStatic	-57.4227879	-3178.137	7.62020546	45.981284	17.6971	2114.7995
24	0.7875	DEAD	LinStatic	-57.4227879	-1676.444	7.62020546	45.981284	13.98225	3298.1037
24	1.275	DEAD	LinStatic	-57.4227879	-174.7518	7.62020546	45.981284	10.2674	3749.3328
24	1.7625	DEAD	LinStatic	-57.4227879	1326.9409	7.62020546	45.981284	6.552548	3468.4867
24	2.25	DEAD	LinStatic	-57.4227879	2828.6335	7.62020546	45.981284	2.837698	2455.5654
24	2.7375	DEAD	LinStatic	-57.4227879	4330.3262	7.62020546	45.981284	-0.87715	710.56901
24	3.225	DEAD	LinStatic	-57.4227879	5832.0188	7.62020546	45.981284	-4.59200	-1766.503
24	3.7125	DEAD	LinStatic	-57.4227879	7333.7115	7.62020546	45.981284	-8.30685	-4975.649
24	4.2	DEAD	LinStatic	-57.4227879	8835.4041	7.62020546	45.981284	-12.0217	-8916.871
24	0.3	COMB1	Combination	-56.8891505	-4748.064	9.60128212	73.920165	21.97777	2087.1710
24	0.7875	COMB1	Combination	-56.8891505	-2700.333	9.60128212	73.920165	17.29714	3902.7179
24	1.275	COMB1	Combination	-56.8891505	-652.6019	9.60128212	73.920165	12.61652	4719.9958
24	1.7625	COMB1	Combination	-56.8891505	1395.1292	9.60128212	73.920165	7.935892	4539.0048
24	2.25	COMB1	Combination	-56.8891505	3442.8604	9.60128212	73.920165	3.255266	3359.7448
24	2.7375	COMB1	Combination	-56.8891505	5490.5916	9.60128212	73.920165	-1.42536	1182.2159
24	3.225	COMB1	Combination	-56.8891505	7538.3228	9.60128212	73.920165	-6.10598	-1993.582
24	3.7125	COMB1	Combination	-56.8891505	9586.054	9.60128212	73.920165	-10.7866	-6167.649
24	4.2	COMB1	Combination	-56.8891505	11633.785	9.60128212	73.920165	-15.4672	-11339.98
24	0.3	COMB2	Combination	-961.129342	20149.012	-255.68688	-54.31608	-446.688	47410.602
24	0.7875	COMB2	Combination	-961.129342	21806.41	-255.68688	-54.31608	-322.040	37183.968
24	1.275	COMB2	Combination	-961.129342	23463.808	-255.68688	-54.31608	-197.393	26149.352
24	1.7625	COMB2	Combination	-961.129342	25121.205	-255.68688	-54.31608	-72.7455	14306.755
24	2.25	COMB2	Combination	-961.129342	26778.603	-255.68688	-54.31608	51.90187	1656.1772
24	2.7375	COMB2	Combination	-961.129342	28436.000	-255.68688	-54.31608	176.5492	-11802.38
24	3.225	COMB2	Combination	-961.129342	30093.398	-255.68688	-54.31608	301.1966	-26068.92
24	3.7125	COMB2	Combination	-961.129342	31750.795	-255.68688	-54.31608	425.8439	-41143.45
24	4.2	COMB2	Combination	-961.129342	33408.193	-255.68688	-54.31608	550.4913	-57025.95
24	0.3	COMB3	Combination	-954.222802	20111.892	-283.47711	-112.7915	-491.074	47336.672
24	0.7875	COMB3	Combination	-954.222802	21769.29	-283.47711	-112.7915	-352.879	37128.134
24	1.275	COMB3	Combination	-954.222802	23426.687	-283.47711	-112.7915	-214.684	26111.615
24	1.7625	COMB3	Combination	-954.222802	25084.085	-283.47711	-112.7915	-76.4886	14287.114
24	2.25	COMB3	Combination	-954.222802	26741.482	-283.47711	-112.7915	61.70650	1654.6318
24	2.7375	COMB3	Combination	-954.222802	28398.880	-283.47711	-112.7915	199.9016	-11785.83
24	3.225	COMB3	Combination	-954.222802	30056.278	-283.47711	-112.7915	338.0967	-26034.28
24	3.7125	COMB3	Combination	-954.222802	31713.675	-283.47711	-112.7915	476.2918	-41090.70
24	4.2	COMB3	Combination	-954.222802	33371.073	-283.47711	-112.7915	614.4869	-56955.11
24	0.3	COMB4	Combination	202.5363274	-10713.96	137.78818	193.28449	239.1141	-11394.38
24	0.7875	COMB4	Combination	202.5363274	-9056.565	137.78818	193.28449	171.9424	-6575.311
24	1.275	COMB4	Combination	202.5363274	-7399.168	137.78818	193.28449	104.7706	-2564.226
24	1.7625	COMB4	Combination	202.5363274	-5741.770	137.78818	193.28449	37.59891	638.87736
24	2.25	COMB4	Combination	202.5363274	-4084.373	137.78818	193.28449	-29.5728	3033.9996
24	2.7375	COMB4	Combination	202.5363274	-2426.975	137.78818	193.28449	-96.7446	4621.1406

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
24	3.225	COMB4	Combination	202.5363274	-769.5774	137.78818	193.28449	-163.916	5400.3002
24	3.7125	COMB4	Combination	202.5363274	887.82023	137.78818	193.28449	-231.088	5371.4785
24	4.2	COMB4	Combination	202.5363274	2545.2178	137.78818	193.28449	-298.26	4534.6755
24	0.3	COMB5	Combination	225.5581276	-10837.7	45.1540847	-1.633513	91.15975	-11640.81
24	0.7875	COMB5	Combination	225.5581276	-9180.299	45.1540847	-1.633513	69.14713	-6761.424
24	1.275	COMB5	Combination	225.5581276	-7522.902	45.1540847	-1.633513	47.13452	-2690.018
24	1.7625	COMB5	Combination	225.5581276	-5865.504	45.1540847	-1.633513	25.12190	573.40576
24	2.25	COMB5	Combination	225.5581276	-4208.107	45.1540847	-1.633513	3.109284	3028.8484
24	2.7375	COMB5	Combination	225.5581276	-2550.709	45.1540847	-1.633513	-18.9033	4676.3098
24	3.225	COMB5	Combination	225.5581276	-893.3115	45.1540847	-1.633513	-40.9159	5515.7898
24	3.7125	COMB5	Combination	225.5581276	764.08608	45.1540847	-1.633513	-62.9286	5547.2885
24	4.2	COMB5	Combination	225.5581276	2421.4837	45.1540847	-1.633513	-84.9412	4770.8059
25	0.3	DEAD	LinStatic	87.20008457	-3870.547	0.91915922	76.528422	4.68414	983.92670
25	0.7875	DEAD	LinStatic	87.20008457	-2368.855	0.91915922	76.528422	4.23605	2504.7809
25	1.275	DEAD	LinStatic	87.20008457	-867.162	0.91915922	76.528422	3.78796	3293.56
25	1.7625	DEAD	LinStatic	87.20008457	634.53067	0.91915922	76.528422	3.33987	3350.2639
25	2.25	DEAD	LinStatic	87.20008457	2136.2233	0.91915922	76.528422	2.891779	2674.8926
25	2.7375	DEAD	LinStatic	87.20008457	3637.916	0.91915922	76.528422	2.443689	1267.4461
25	3.225	DEAD	LinStatic	87.20008457	5139.6086	0.91915922	76.528422	1.995599	-872.0755
25	3.7125	DEAD	LinStatic	87.20008457	6641.3013	0.91915922	76.528422	1.547509	-3743.672
25	4.2	DEAD	LinStatic	87.20008457	8142.9939	0.91915922	76.528422	1.099419	-7347.344
25	0.3	COMB1	Combination	114.1559749	-5675.458	1.56344246	110.52106	6.640442	541.92852
25	0.7875	COMB1	Combination	114.1559749	-3627.726	1.56344246	110.52106	5.878264	2809.5796
25	1.275	COMB1	Combination	114.1559749	-1579.995	1.56344246	110.52106	5.116086	4078.9617
25	1.7625	COMB1	Combination	114.1559749	467.73602	1.56344246	110.52106	4.353908	4350.0749
25	2.25	COMB1	Combination	114.1559749	2515.4672	1.56344246	110.52106	3.59173	3622.9191
25	2.7375	COMB1	Combination	114.1559749	4563.1984	1.56344246	110.52106	2.829551	1897.4944
25	3.225	COMB1	Combination	114.1559749	6610.9296	1.56344246	110.52106	2.067373	-826.1993
25	3.7125	COMB1	Combination	114.1559749	8658.6607	1.56344246	110.52106	1.305195	-4548.162
25	4.2	COMB1	Combination	114.1559749	10706.392	1.56344246	110.52106	0.543017	-9268.394
25	0.3	COMB2	Combination	928.7704230	19370.797	265.556264	215.36035	569.3482	48236.984
25	0.7875	COMB2	Combination	928.7704230	21028.194	265.556264	215.36035	439.8896	38389.730
25	1.275	COMB2	Combination	928.7704230	22685.592	265.556264	215.36035	310.4309	27734.495
25	1.7625	COMB2	Combination	928.7704230	24342.989	265.556264	215.36035	180.9722	16271.278
25	2.25	COMB2	Combination	928.7704230	26000.387	265.556264	215.36035	51.51352	4000.0803
25	2.7375	COMB2	Combination	928.7704230	27657.785	265.556264	215.36035	-77.9452	-9079.099
25	3.225	COMB2	Combination	928.7704230	29315.182	265.556264	215.36035	-207.404	-22966.26
25	3.7125	COMB2	Combination	928.7704230	30972.58	265.556264	215.36035	-336.863	-37661.40
25	4.2	COMB2	Combination	928.7704230	32629.977	265.556264	215.36035	-466.321	-53164.53
25	0.3	COMB3	Combination	926.7235038	19333.278	293.515872	274.37925	633.6994	48165.321
25	0.7875	COMB3	Combination	926.7235038	20990.676	293.515872	274.37925	490.6104	38336.357
25	1.275	COMB3	Combination	926.7235038	22648.073	293.515872	274.37925	347.5215	27699.412
25	1.7625	COMB3	Combination	926.7235038	24305.471	293.515872	274.37925	204.4325	16254.486
25	2.25	COMB3	Combination	926.7235038	25962.869	293.515872	274.37925	61.34348	4001.5778
25	2.7375	COMB3	Combination	926.7235038	27620.266	293.515872	274.37925	-81.7455	-9059.311
25	3.225	COMB3	Combination	926.7235038	29277.664	293.515872	274.37925	-224.834	-22928.18
25	3.7125	COMB3	Combination	926.7235038	30935.061	293.515872	274.37925	-367.923	-37605.03
25	4.2	COMB3	Combination	926.7235038	32592.459	293.515872	274.37925	-511.012	-53089.87
25	0.3	COMB4	Combination	-151.825327	-11466.08	-129.00910	-59.39332	-280.880	-13270.33
25	0.7875	COMB4	Combination	-151.825327	-9808.681	-129.00910	-59.39332	-217.988	-8084.605
25	1.275	COMB4	Combination	-151.825327	-8151.283	-129.00910	-59.39332	-155.097	-3706.864
25	1.7625	COMB4	Combination	-151.825327	-6493.886	-129.00910	-59.39332	-92.2046	-137.104
25	2.25	COMB4	Combination	-151.825327	-4836.488	-129.00910	-59.39332	-29.3127	2624.6746
25	2.7375	COMB4	Combination	-151.825327	-3179.090	-129.00910	-59.39332	33.57927	4578.4718

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
40	2.74286	DEAD	LinStatic	-328.574376	10357.225	4.61007235	826.03134	2.147841	-6809.611
40	3.20000	DEAD	LinStatic	-328.574376	11756.432	4.61007235	826.03134	0.040379	-11864.16
40	0	COMB1	Combination	-411.928333	2673.3106	5.11493066	1013.6187	16.88687	13333.267
40	0.45714	COMB1	Combination	-411.928333	4501.1591	5.11493066	1013.6187	14.54862	11693.388
40	0.91429	COMB1	Combination	-411.928333	6329.0076	5.11493066	1013.6187	12.21036	9217.9213
40	1.37143	COMB1	Combination	-411.928333	8156.8561	5.11493066	1013.6187	9.872109	5906.8668
40	1.82857	COMB1	Combination	-411.928333	9984.7046	5.11493066	1013.6187	7.533855	1760.2244
40	2.28571	COMB1	Combination	-411.928333	11812.553	5.11493066	1013.6187	5.195601	-3222.006
40	2.74286	COMB1	Combination	-411.928333	13640.402	5.11493066	1013.6187	2.857347	-9039.824
40	3.20000	COMB1	Combination	-411.928333	15468.250	5.11493066	1013.6187	0.519092	-15693.23
40	0	COMB2	Combination	-358.930704	2722.5679	-439.13727	7409.7422	-1004.4	10543.191
40	0.45714	COMB2	Combination	-358.930704	4240.5603	-439.13727	7409.7422	-803.651	8951.6185
40	0.91429	COMB2	Combination	-358.930704	5758.5527	-439.13727	7409.7422	-602.903	6666.1069
40	1.37143	COMB2	Combination	-358.930704	7276.5452	-439.13727	7409.7422	-402.154	3686.656
40	1.82857	COMB2	Combination	-358.930704	8794.5376	-439.13727	7409.7422	-201.406	13.265653
40	2.28571	COMB2	Combination	-358.930704	10312.530	-439.13727	7409.7422	-0.65726	-4354.064
40	2.74286	COMB2	Combination	-358.930704	11830.522	-439.13727	7409.7422	200.0912	-9415.333
40	3.20000	COMB2	Combination	-358.930704	13348.515	-439.13727	7409.7422	400.8397	-15170.54
40	0	COMB3	Combination	-348.815233	980.75505	-540.08050	7410.4798	-1136.22	10547.159
40	0.45714	COMB3	Combination	-348.815233	2498.7475	-540.08050	7410.4798	-889.329	9751.8438
40	0.91429	COMB3	Combination	-348.815233	4016.7399	-540.08050	7410.4798	-642.435	8262.5896
40	1.37143	COMB3	Combination	-348.815233	5534.7323	-540.08050	7410.4798	-395.541	6079.3959
40	1.82857	COMB3	Combination	-348.815233	7052.7247	-540.08050	7410.4798	-148.648	3202.2629
40	2.28571	COMB3	Combination	-348.815233	8570.7172	-540.08050	7410.4798	98.24641	-368.8096
40	2.74286	COMB3	Combination	-348.815233	10088.71	-540.08050	7410.4798	345.1404	-4633.821
40	3.20000	COMB3	Combination	-348.815233	11606.702	-540.08050	7410.4798	592.0343	-9592.773
40	0	COMB4	Combination	-366.725422	5161.6736	321.236196	-1087.183	560.6229	11121.33
40	0.45714	COMB4	Combination	-366.725422	6679.6660	321.236196	-1087.183	413.7721	8414.7378
40	0.91429	COMB4	Combination	-366.725422	8197.6585	321.236196	-1087.183	266.9212	5014.2065
40	1.37143	COMB4	Combination	-366.725422	9715.6509	321.236196	-1087.183	120.0704	919.73582
40	1.82857	COMB4	Combination	-366.725422	11233.643	321.236196	-1087.183	-26.7804	-3868.674
40	2.28571	COMB4	Combination	-366.725422	12751.636	321.236196	-1087.183	-173.631	-9351.024
40	2.74286	COMB4	Combination	-366.725422	14269.628	321.236196	-1087.183	-320.482	-15527.31
40	3.20000	COMB4	Combination	-366.725422	15787.621	321.236196	-1087.183	-467.333	-22397.54
40	0	COMB5	Combination	-333.007185	-644.3692	-15.241253	-1084.724	121.2105	11134.556
40	0.45714	COMB5	Combination	-333.007185	873.62321	-15.241253	-1084.724	128.1779	11082.156
40	0.91429	COMB5	Combination	-333.007185	2391.6156	-15.241253	-1084.724	135.1453	10335.815
40	1.37143	COMB5	Combination	-333.007185	3909.6081	-15.241253	-1084.724	142.1128	8895.5355
40	1.82857	COMB5	Combination	-333.007185	5427.6005	-15.241253	-1084.724	149.0802	6761.3164
40	2.28571	COMB5	Combination	-333.007185	6945.5929	-15.241253	-1084.724	156.0476	3933.158
40	2.74286	COMB5	Combination	-333.007185	8463.5853	-15.241253	-1084.724	163.0151	411.06007
40	3.20000	COMB5	Combination	-333.007185	9981.5778	-15.241253	-1084.724	169.9825	-3804.977
41	0.3	DEAD	LinStatic	1634.176328	-11580.05	-78.155152	-1092.582	-111.506	-11491.23
41	0.75714	DEAD	LinStatic	1634.176328	-10176.73	-78.155152	-1092.582	-75.7781	-6518.247
41	1.21429	DEAD	LinStatic	1634.176328	-8773.414	-78.155152	-1092.582	-40.0501	-2186.784
41	1.67143	DEAD	LinStatic	1634.176328	-7370.094	-78.155152	-1092.582	-4.32199	1503.1604
41	2.12857	DEAD	LinStatic	1634.176328	-5966.774	-78.155152	-1092.582	31.40608	4551.5874
41	2.58571	DEAD	LinStatic	1634.176328	-4563.454	-78.155152	-1092.582	67.13415	6958.4966
41	3.04286	DEAD	LinStatic	1634.176328	-3160.134	-78.155152	-1092.582	102.8622	8723.888
41	3.5	DEAD	LinStatic	1634.176328	-1756.813	-78.155152	-1092.582	138.5903	9847.7616
41	0.3	COMB1	Combination	2308.891199	-16077.11	-94.470654	-1326.01	-134.524	-15841.39
41	0.75714	COMB1	Combination	2308.891199	-14115.53	-94.470654	-1326.01	-91.3376	-8940.221
41	1.21429	COMB1	Combination	2308.891199	-12153.94	-94.470654	-1326.01	-48.151	-2935.771
41	1.67143	COMB1	Combination	2308.891199	-10192.36	-94.470654	-1326.01	-4.9644	2171.9545

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
41	2.12857	COMB1	Combination	2308.891199	-8230.773	-94.470654	-1326.01	38.22219	6382.9556
41	2.58571	COMB1	Combination	2308.891199	-6269.188	-94.470654	-1326.01	81.40877	9697.2325
41	3.04286	COMB1	Combination	2308.891199	-4307.604	-94.470654	-1326.01	124.5954	12114.785
41	3.5	COMB1	Combination	2308.891199	-2346.02	-94.470654	-1326.01	167.7819	13635.613
41	0.3	COMB2	Combination	1050.746126	-11064.12	1531.62294	-10127.08	1426.428	-7503.283
41	0.75714	COMB2	Combination	1050.746126	-9499.545	1531.62294	-10127.08	726.2578	-2803.017
41	1.21429	COMB2	Combination	1050.746126	-7934.971	1531.62294	-10127.08	26.08727	1182.0152
41	1.67143	COMB2	Combination	1050.746126	-6370.397	1531.62294	-10127.08	-674.083	4451.8137
41	2.12857	COMB2	Combination	1050.746126	-4805.824	1531.62294	-10127.08	-1374.25	7006.3786
41	2.58571	COMB2	Combination	1050.746126	-3241.250	1531.62294	-10127.08	-2074.42	8845.7097
41	3.04286	COMB2	Combination	1050.746126	-1676.676	1531.62294	-10127.08	-2774.59	9969.8072
41	3.5	COMB2	Combination	1050.746126	-112.1025	1531.62294	-10127.08	-3474.77	10378.671
41	0.3	COMB3	Combination	914.6927916	-14484.07	934.425249	-10125.15	361.3703	-18447.06
41	0.75714	COMB3	Combination	914.6927916	-12919.49	934.425249	-10125.15	-65.7955	-12183.39
41	1.21429	COMB3	Combination	914.6927916	-11354.92	934.425249	-10125.15	-492.961	-6634.948
41	1.67143	COMB3	Combination	914.6927916	-9790.347	934.425249	-10125.15	-920.127	-1801.744
41	2.12857	COMB3	Combination	914.6927916	-8225.773	934.425249	-10125.15	-1347.29	2316.2265
41	2.58571	COMB3	Combination	914.6927916	-6661.199	934.425249	-10125.15	-1774.46	5718.9631
41	3.04286	COMB3	Combination	914.6927916	-5096.626	934.425249	-10125.15	-2201.62	8406.466
41	3.5	COMB3	Combination	914.6927916	-3532.052	934.425249	-10125.15	-2628.79	10378.735
41	0.3	COMB4	Combination	2310.982801	-7204.983	518.448500	1536.8723	1354.415	5571.3758
41	0.75714	COMB4	Combination	2310.982801	-5640.409	518.448500	1536.8723	1117.410	8507.4654
41	1.21429	COMB4	Combination	2310.982801	-4075.835	518.448500	1536.8723	880.4050	10728.321
41	1.67143	COMB4	Combination	2310.982801	-2511.262	518.448500	1536.8723	643.4	12233.943
41	2.12857	COMB4	Combination	2310.982801	-946.6879	518.448500	1536.8723	406.395	13024.332
41	2.58571	COMB4	Combination	2310.982801	617.88587	518.448500	1536.8723	169.3899	13099.487
41	3.04286	COMB4	Combination	2310.982801	2182.4596	518.448500	1536.8723	-67.6151	12459.408
41	3.5	COMB4	Combination	2310.982801	3747.0333	518.448500	1536.8723	-304.620	11104.095
41	0.3	COMB5	Combination	1857.471688	-18604.81	-1472.2105	1543.3254	-2195.78	-30907.87
41	0.75714	COMB5	Combination	1857.471688	-17040.24	-1472.2105	1543.3254	-1522.77	-22760.43
41	1.21429	COMB5	Combination	1857.471688	-15475.67	-1472.2105	1543.3254	-849.757	-15328.22
41	1.67143	COMB5	Combination	1857.471688	-13911.09	-1472.2105	1543.3254	-176.747	-8611.248
41	2.12857	COMB5	Combination	1857.471688	-12346.52	-1472.2105	1543.3254	496.264	-2609.508
41	2.58571	COMB5	Combination	1857.471688	-10781.95	-1472.2105	1543.3254	1169.274	2676.9978
41	3.04286	COMB5	Combination	1857.471688	-9217.372	-1472.2105	1543.3254	1842.285	7248.2703
41	3.5	COMB5	Combination	1857.471688	-7652.798	-1472.2105	1543.3254	2515.295	11104.309
42	0	DEAD	LinStatic	1639.335022	1790.3991	43.1039331	1073.2293	101.8520	9825.8327
42	0.45714	DEAD	LinStatic	1639.335022	3193.7193	43.1039331	1073.2293	82.14738	8686.6056
42	0.91429	DEAD	LinStatic	1639.335022	4597.0395	43.1039331	1073.2293	62.44272	6905.8608
42	1.37143	DEAD	LinStatic	1639.335022	6000.3597	43.1039331	1073.2293	42.73807	4483.5981
42	1.82857	DEAD	LinStatic	1639.335022	7403.6798	43.1039331	1073.2293	23.03341	1419.8177
42	2.28571	DEAD	LinStatic	1639.335022	8807.0000	43.1039331	1073.2293	3.328756	-2285.481
42	2.74286	DEAD	LinStatic	1639.335022	10210.320	43.1039331	1073.2293	-16.3759	-6632.297
42	3.20000	DEAD	LinStatic	1639.335022	11613.640	43.1039331	1073.2293	-36.0806	-11620.63
42	0	COMB1	Combination	2315.421792	2393.5339	52.3590145	1299.2517	123.1747	13603.579
42	0.45714	COMB1	Combination	2315.421792	4355.1183	52.3590145	1299.2517	99.23911	12061.030
42	0.91429	COMB1	Combination	2315.421792	6316.7027	52.3590145	1299.2517	75.30356	9621.7569
42	1.37143	COMB1	Combination	2315.421792	8278.2870	52.3590145	1299.2517	51.36801	6285.7593
42	1.82857	COMB1	Combination	2315.421792	10239.871	52.3590145	1299.2517	27.43246	2053.0374
42	2.28571	COMB1	Combination	2315.421792	12201.456	52.3590145	1299.2517	3.496908	-3076.409
42	2.74286	COMB1	Combination	2315.421792	14163.040	52.3590145	1299.2517	-20.4386	-9102.579
42	3.20000	COMB1	Combination	2315.421792	16124.624	52.3590145	1299.2517	-44.3742	-16025.47
42	0	COMB2	Combination	984.6049762	3204.8072	-1147.8381	10148.597	-2814.90	10369.26
42	0.45714	COMB2	Combination	984.6049762	4769.3809	-1147.8381	10148.597	-2290.18	8546.5881

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
42	0.91429	COMB2	Combination	984.6049762	6333.9547	-1147.8381	10148.597	-1765.45	6008.6829
42	1.37143	COMB2	Combination	984.6049762	7898.5284	-1147.8381	10148.597	-1240.73	2755.5439
42	1.82857	COMB2	Combination	984.6049762	9463.1021	-1147.8381	10148.597	-716.001	-1212.829
42	2.28571	COMB2	Combination	984.6049762	11027.676	-1147.8381	10148.597	-191.275	-5896.435
42	2.74286	COMB2	Combination	984.6049762	12592.25	-1147.8381	10148.597	333.4509	-11295.28
42	3.20000	COMB2	Combination	984.6049762	14156.823	-1147.8381	10148.597	858.1769	-17409.35
42	0	COMB3	Combination	1003.791202	-217.2167	-1767.4866	10150.699	-3678.15	10365.830
42	0.45714	COMB3	Combination	1003.791202	1347.3571	-1767.4866	10150.699	-2870.15	10107.512
42	0.91429	COMB3	Combination	1003.791202	2911.9308	-1767.4866	10150.699	-2062.16	9133.9607
42	1.37143	COMB3	Combination	1003.791202	4476.5046	-1767.4866	10150.699	-1254.17	7445.1755
42	1.82857	COMB3	Combination	1003.791202	6041.0783	-1767.4866	10150.699	-446.172	5041.1566
42	2.28571	COMB3	Combination	1003.791202	7605.6520	-1767.4866	10150.699	361.8214	1921.9039
42	2.74286	COMB3	Combination	1003.791202	9170.2258	-1767.4866	10150.699	1169.815	-1912.582
42	3.20000	COMB3	Combination	1003.791202	10734.8	-1767.4866	10150.699	1977.809	-6462.303
42	0	COMB4	Combination	2055.993330	7803.6605	1529.15367	-1578.587	2552.130	11080.893
42	0.45714	COMB4	Combination	2055.993330	9368.2343	1529.15367	-1578.587	1853.089	7155.8884
42	0.91429	COMB4	Combination	2055.993330	10932.808	1529.15367	-1578.587	1154.047	2515.6502
42	1.37143	COMB4	Combination	2055.993330	12497.382	1529.15367	-1578.587	455.0054	-2839.822
42	1.82857	COMB4	Combination	2055.993330	14061.956	1529.15367	-1578.587	-244.036	-8910.527
42	2.28571	COMB4	Combination	2055.993330	15626.529	1529.15367	-1578.587	-943.078	-15696.47
42	2.74286	COMB4	Combination	2055.993330	17191.103	1529.15367	-1578.587	-1642.12	-23197.64
42	3.20000	COMB4	Combination	2055.993330	18755.677	1529.15367	-1578.587	-2341.16	-31414.05
42	0	COMB5	Combination	2119.947415	-3603.086	-536.34140	-1571.580	-325.346	11069.461
42	0.45714	COMB5	Combination	2119.947415	-2038.512	-536.34140	-1571.580	-80.1616	12358.969
42	0.91429	COMB5	Combination	2119.947415	-473.9381	-536.34140	-1571.580	165.0231	12933.243
42	1.37143	COMB5	Combination	2119.947415	1090.6356	-536.34140	-1571.580	410.2077	12792.284
42	1.82857	COMB5	Combination	2119.947415	2655.2093	-536.34140	-1571.580	655.3923	11936.091
42	2.28571	COMB5	Combination	2119.947415	4219.7831	-536.34140	-1571.580	900.577	10364.664
42	2.74286	COMB5	Combination	2119.947415	5784.3568	-536.34140	-1571.580	1145.762	8078.0031
42	3.20000	COMB5	Combination	2119.947415	7348.9306	-536.34140	-1571.580	1390.946	5076.1089
43	0.3	DEAD	LinStatic	-552.024988	-12535.04	-14.190674	279.67270	-20.2742	-12873.11
43	0.75714	DEAD	LinStatic	-552.024988	-11131.72	-14.190674	279.67270	-13.7870	-7463.562
43	1.21429	DEAD	LinStatic	-552.024988	-9728.398	-14.190674	279.67270	-7.29984	-2695.535
43	1.67143	DEAD	LinStatic	-552.024988	-8325.078	-14.190674	279.67270	-0.81267	1430.9740
43	2.12857	DEAD	LinStatic	-552.024988	-6921.758	-14.190674	279.67270	5.674491	4915.9652
43	2.58571	DEAD	LinStatic	-552.024988	-5518.438	-14.190674	279.67270	12.16166	7759.4386
43	3.04286	DEAD	LinStatic	-552.024988	-4115.118	-14.190674	279.67270	18.64882	9961.3941
43	3.5	DEAD	LinStatic	-552.024988	-2711.798	-14.190674	279.67270	25.13599	11521.832
43	0.3	COMB1	Combination	-752.691982	-17378.79	-16.628886	507.01108	-24.0079	-17731.41
43	0.75714	COMB1	Combination	-752.691982	-15417.20	-16.628886	507.01108	-16.4062	-10235.18
43	1.21429	COMB1	Combination	-752.691982	-13455.62	-16.628886	507.01108	-8.80439	-3635.681
43	1.67143	COMB1	Combination	-752.691982	-11494.04	-16.628886	507.01108	-1.20262	2067.0973
43	2.12857	COMB1	Combination	-752.691982	-9532.451	-16.628886	507.01108	6.399161	6873.1512
43	2.58571	COMB1	Combination	-752.691982	-7570.866	-16.628886	507.01108	14.00094	10782.481
43	3.04286	COMB1	Combination	-752.691982	-5609.282	-16.628886	507.01108	21.60271	13795.086
43	3.5	COMB1	Combination	-752.691982	-3647.698	-16.628886	507.01108	29.20449	15910.967
43	0.3	COMB2	Combination	-973.683827	-13539.31	681.56802	-5410.493	730.8472	-11614.98
43	0.75714	COMB2	Combination	-973.683827	-11974.73	681.56802	-5410.493	419.2732	-5783.198
43	1.21429	COMB2	Combination	-973.683827	-10410.16	681.56802	-5410.493	107.6993	-666.6507
43	1.67143	COMB2	Combination	-973.683827	-8845.586	681.56802	-5410.493	-203.875	3734.6628
43	2.12857	COMB2	Combination	-973.683827	-7281.013	681.56802	-5410.493	-515.449	7420.7426
43	2.58571	COMB2	Combination	-973.683827	-5716.439	681.56802	-5410.493	-827.023	10391.589
43	3.04286	COMB2	Combination	-973.683827	-4151.865	681.56802	-5410.493	-1138.6	12647.201
43	3.5	COMB2	Combination	-973.683827	-2587.291	681.56802	-5410.493	-1450.17	14187.58

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
43	0.3	COMB3	Combination	-975.09213	-16076.32	565.296609	-5409.912	492.2329	-19731.84
43	0.75714	COMB3	Combination	-975.09213	-14511.75	565.296609	-5409.912	233.8116	-12740.29
43	1.21429	COMB3	Combination	-975.09213	-12947.17	565.296609	-5409.912	-24.6097	-6463.960
43	1.67143	COMB3	Combination	-975.09213	-11382.60	565.296609	-5409.912	-283.031	-902.8686
43	2.12857	COMB3	Combination	-975.09213	-9818.027	565.296609	-5409.912	-541.452	3942.9892
43	2.58571	COMB3	Combination	-975.09213	-8253.453	565.296609	-5409.912	-799.874	8073.6132
43	3.04286	COMB3	Combination	-975.09213	-6688.879	565.296609	-5409.912	-1058.29	11489.004
43	3.5	COMB3	Combination	-975.09213	-5124.306	565.296609	-5409.912	-1316.72	14189.160
43	0.3	COMB4	Combination	-497.352927	-9436.393	-12.443686	2076.9609	186.6911	-315.7912
43	0.75714	COMB4	Combination	-497.352927	-7871.819	-12.443686	2076.9609	192.3796	3640.3715
43	1.21429	COMB4	Combination	-497.352927	-6307.245	-12.443686	2076.9609	198.0681	6881.3004
43	1.67143	COMB4	Combination	-497.352927	-4742.672	-12.443686	2076.9609	203.7567	9406.9957
43	2.12857	COMB4	Combination	-497.352927	-3178.098	-12.443686	2076.9609	209.4452	11217.457
43	2.58571	COMB4	Combination	-497.352927	-1613.524	-12.443686	2076.9609	215.1338	12312.685
43	3.04286	COMB4	Combination	-497.352927	-48.95028	-12.443686	2076.9609	220.8223	12692.679
43	3.5	COMB4	Combination	-497.352927	1515.6235	-12.443686	2076.9609	226.5109	12357.44
43	0.3	COMB5	Combination	-502.04727	-17893.11	-400.01506	2078.8958	-608.69	-27372.01
43	0.75714	COMB5	Combination	-502.04727	-16328.53	-400.01506	2078.8958	-425.826	-19549.92
43	1.21429	COMB5	Combination	-502.04727	-14763.96	-400.01506	2078.8958	-242.962	-12443.06
43	1.67143	COMB5	Combination	-502.04727	-13199.39	-400.01506	2078.8958	-60.0976	-6051.442
43	2.12857	COMB5	Combination	-502.04727	-11634.81	-400.01506	2078.8958	122.7664	-375.0540
43	2.58571	COMB5	Combination	-502.04727	-10070.24	-400.01506	2078.8958	305.6305	4586.1004
43	3.04286	COMB5	Combination	-502.04727	-8505.665	-400.01506	2078.8958	488.4945	8832.0210
43	3.5	COMB5	Combination	-502.04727	-6941.091	-400.01506	2078.8958	671.3585	12362.708
44	0	DEAD	LinStatic	-552.713161	2724.4698	5.6264613	-290.2363	17.71421	11508.948
44	0.45714	DEAD	LinStatic	-552.713161	4127.7900	5.6264613	-290.2363	15.14211	9942.7176
44	0.91429	DEAD	LinStatic	-552.713161	5531.1102	5.6264613	-290.2363	12.57001	7734.9690
44	1.37143	DEAD	LinStatic	-552.713161	6934.4304	5.6264613	-290.2363	9.997916	4885.7026
44	1.82857	DEAD	LinStatic	-552.713161	8337.7506	5.6264613	-290.2363	7.42582	1394.9184
44	2.28571	DEAD	LinStatic	-552.713161	9741.0708	5.6264613	-290.2363	4.853723	-2737.384
44	2.74286	DEAD	LinStatic	-552.713161	11144.391	5.6264613	-290.2363	2.281627	-7511.204
44	3.20000	DEAD	LinStatic	-552.713161	12547.711	5.6264613	-290.2363	-0.29047	-12926.54
44	0	COMB1	Combination	-753.513309	3665.4244	6.04048345	-519.8206	20.02712	15892.334
44	0.45714	COMB1	Combination	-753.513309	5627.0088	6.04048345	-519.8206	17.26575	13768.349
44	0.91429	COMB1	Combination	-753.513309	7588.5931	6.04048345	-519.8206	14.50439	10747.640
44	1.37143	COMB1	Combination	-753.513309	9550.1775	6.04048345	-519.8206	11.74303	6830.2070
44	1.82857	COMB1	Combination	-753.513309	11511.762	6.04048345	-519.8206	8.981663	2016.0495
44	2.28571	COMB1	Combination	-753.513309	13473.346	6.04048345	-519.8206	6.220299	-3694.832
44	2.74286	COMB1	Combination	-753.513309	15434.931	6.04048345	-519.8206	3.458935	-10302.44
44	3.20000	COMB1	Combination	-753.513309	17396.515	6.04048345	-519.8206	0.697572	-17806.77
44	0	COMB2	Combination	-958.432480	4870.4585	-623.77355	5371.653	-1364.7	14169.693
44	0.45714	COMB2	Combination	-958.432480	6435.0323	-623.77355	5371.653	-1079.54	11585.581
44	0.91429	COMB2	Combination	-958.432480	7999.6060	-623.77355	5371.653	-794.388	8286.2351
44	1.37143	COMB2	Combination	-958.432480	9564.1797	-623.77355	5371.653	-509.235	4271.6555
44	1.82857	COMB2	Combination	-958.432480	11128.753	-623.77355	5371.653	-224.081	-458.1578
44	2.28571	COMB2	Combination	-958.432480	12693.327	-623.77355	5371.653	61.07261	-5903.205
44	2.74286	COMB2	Combination	-958.432480	14257.901	-623.77355	5371.653	346.2262	-12063.49
44	3.20000	COMB2	Combination	-958.432480	15822.475	-623.77355	5371.653	631.3799	-18939
44	0	COMB3	Combination	-990.256842	2333.0150	-747.80111	5372.8594	-1504.57	14167.734
44	0.45714	COMB3	Combination	-990.256842	3897.5888	-747.80111	5372.8594	-1162.72	12743.596
44	0.91429	COMB3	Combination	-990.256842	5462.1625	-747.80111	5372.8594	-820.870	10604.225
44	1.37143	COMB3	Combination	-990.256842	7026.7363	-747.80111	5372.8594	-479.018	7749.6191
44	1.82857	COMB3	Combination	-990.256842	8591.31	-747.80111	5372.8594	-137.166	4179.78
44	2.28571	COMB3	Combination	-990.256842	10155.884	-747.80111	5372.8594	204.6856	-105.2929

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
44	2.74286	COMB3	Combination	-990.256842	11720.457	-747.80111	5372.8594	546.5375	-5105.599
44	3.20000	COMB3	Combination	-990.256842	13285.031	-747.80111	5372.8594	888.3895	-10821.14
44	0	COMB4	Combination	-447.609935	7036.3974	419.825528	-2083.031	687.1767	12350.296
44	0.45714	COMB4	Combination	-447.609935	8600.9711	419.825528	-2083.031	495.2565	8776.0404
44	0.91429	COMB4	Combination	-447.609935	10165.545	419.825528	-2083.031	303.3362	4486.5510
44	1.37143	COMB4	Combination	-447.609935	11730.119	419.825528	-2083.031	111.416	-518.1720
44	1.82857	COMB4	Combination	-447.609935	13294.692	419.825528	-2083.031	-80.5043	-6238.129
44	2.28571	COMB4	Combination	-447.609935	14859.266	419.825528	-2083.031	-272.425	-12673.32
44	2.74286	COMB4	Combination	-447.609935	16423.84	419.825528	-2083.031	-464.345	-19823.74
44	3.20000	COMB4	Combination	-447.609935	17988.414	419.825528	-2083.031	-656.265	-27689.40
44	0	COMB5	Combination	-553.691140	-1421.748	6.40030813	-2079.01	220.9147	12343.767
44	0.45714	COMB5	Combination	-553.691140	142.82616	6.40030813	-2079.01	217.9888	12636.091
44	0.91429	COMB5	Combination	-553.691140	1707.3999	6.40030813	-2079.01	215.063	12213.183
44	1.37143	COMB5	Combination	-553.691140	3271.9736	6.40030813	-2079.01	212.1371	11075.040
44	1.82857	COMB5	Combination	-553.691140	4836.5474	6.40030813	-2079.01	209.2113	9221.6638
44	2.28571	COMB5	Combination	-553.691140	6401.1211	6.40030813	-2079.01	206.2854	6655.0539
44	2.74286	COMB5	Combination	-553.691140	7965.6949	6.40030813	-2079.01	203.3596	3369.2102
44	3.20000	COMB5	Combination	-553.691140	9530.2686	6.40030813	-2079.01	200.4337	-629.8671
45	0.3	DEAD	LinStatic	1190.605032	-11087.83	-88.680416	-1194.015	-125.837	-10126.48
45	0.75714	DEAD	LinStatic	1190.605032	-9680.395	-88.680416	-1194.015	-85.2976	-5379.46
45	1.21429	DEAD	LinStatic	1190.605032	-8272.962	-88.680416	-1194.015	-44.758	-1275.835
45	1.67143	DEAD	LinStatic	1190.605032	-6865.529	-88.680416	-1194.015	-4.21836	2184.3909
45	2.12857	DEAD	LinStatic	1190.605032	-5458.095	-88.680416	-1194.015	36.32126	5001.2192
45	2.58571	DEAD	LinStatic	1190.605032	-4050.662	-88.680416	-1194.015	76.86088	7174.6494
45	3.04286	DEAD	LinStatic	1190.605032	-2643.229	-88.680416	-1194.015	117.4005	8704.6815
45	3.5	DEAD	LinStatic	1190.605032	-1235.795	-88.680416	-1194.015	157.9401	9591.3156
45	0.3	COMB1	Combination	1560.133579	-14510.07	-106.14859	-1432.484	-150.676	-13198.33
45	0.75714	COMB1	Combination	1560.133579	-12668.75	-106.14859	-1432.484	-102.151	-6986.027
45	1.21429	COMB1	Combination	1560.133579	-10827.43	-106.14859	-1432.484	-53.6264	-1615.474
45	1.67143	COMB1	Combination	1560.133579	-8986.105	-106.14859	-1432.484	-5.10129	2913.3331
45	2.12857	COMB1	Combination	1560.133579	-7144.785	-106.14859	-1432.484	43.42378	6600.3938
45	2.58571	COMB1	Combination	1560.133579	-5303.465	-106.14859	-1432.484	91.94885	9445.7082
45	3.04286	COMB1	Combination	1560.133579	-3462.145	-106.14859	-1432.484	140.4739	11449.276
45	3.5	COMB1	Combination	1560.133579	-1620.825	-106.14859	-1432.484	188.999	12611.098
45	0.3	COMB2	Combination	2983.688327	-9680.267	2496.9362	-12191.44	2438.395	-3462.488
45	0.75714	COMB2	Combination	2983.688327	-8152.456	2496.9362	-12191.44	1296.939	613.56276
45	1.21429	COMB2	Combination	2983.688327	-6624.645	2496.9362	-12191.44	155.482	3991.1858
45	1.67143	COMB2	Combination	2983.688327	-5096.834	2496.9362	-12191.44	-985.975	6670.3809
45	2.12857	COMB2	Combination	2983.688327	-3569.022	2496.9362	-12191.44	-2127.43	8651.148
45	2.58571	COMB2	Combination	2983.688327	-2041.211	2496.9362	-12191.44	-3268.89	9933.4871
45	3.04286	COMB2	Combination	2983.688327	-513.3999	2496.9362	-12191.44	-4410.34	10517.398
45	3.5	COMB2	Combination	2983.688327	1014.4113	2496.9362	-12191.44	-5551.80	10402.881
45	0.3	COMB3	Combination	-114.766049	-14447.48	2495.18372	-12192.16	2434.633	-18694.89
45	0.75714	COMB3	Combination	-114.766049	-12919.67	2495.18372	-12192.16	1293.977	-12439.54
45	1.21429	COMB3	Combination	-114.766049	-11391.86	2495.18372	-12192.16	153.3217	-6882.617
45	1.67143	COMB3	Combination	-114.766049	-9864.051	2495.18372	-12192.16	-987.334	-2024.122
45	2.12857	COMB3	Combination	-114.766049	-8336.24	2495.18372	-12192.16	-2127.99	2135.9442
45	2.58571	COMB3	Combination	-114.766049	-6808.429	2495.18372	-12192.16	-3268.64	5597.5828
45	3.04286	COMB3	Combination	-114.766049	-5280.618	2495.18372	-12192.16	-4409.3	8360.7934
45	3.5	COMB3	Combination	-114.766049	-3752.806	2495.18372	-12192.16	-5549.96	10425.576
45	0.3	COMB4	Combination	6414.981684	-4084.228	-866.83167	2029.046	-896.311	14441.876
45	0.75714	COMB4	Combination	6414.981684	-2556.417	-866.83167	2029.046	-500.045	15959.738
45	1.21429	COMB4	Combination	6414.981684	-1028.605	-866.83167	2029.046	-103.779	16779.172
45	1.67143	COMB4	Combination	6414.981684	499.20586	-866.83167	2029.046	292.4867	16900.177

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
417	0.3	COMB4	Combination	1951.839921	-11531.77	-43.686306	20.122308	-103.528	-12901.6
417	0.7875	COMB4	Combination	1951.839921	-9874.377	-43.686306	20.122308	-82.2313	-7683.85
417	1.275	COMB4	Combination	1951.839921	-8216.979	-43.686306	20.122308	-60.9342	-3274.082
417	1.7625	COMB4	Combination	1951.839921	-6559.582	-43.686306	20.122308	-39.6372	327.70502
417	2.25	COMB4	Combination	1951.839921	-4902.184	-43.686306	20.122308	-18.3401	3121.5104
417	2.7375	COMB4	Combination	1951.839921	-3244.786	-43.686306	20.122308	2.956978	5107.3345
417	3.225	COMB4	Combination	1951.839921	-1587.389	-43.686306	20.122308	24.25405	6285.1772
417	3.7125	COMB4	Combination	1951.839921	70.008743	-43.686306	20.122308	45.55113	6655.0386
417	4.2	COMB4	Combination	1951.839921	1727.4063	-43.686306	20.122308	66.84820	6216.9187
417	0.3	COMB5	Combination	2034.747209	-11299.88	-579.33583	-252.7998	-1014.20	-12440.11
417	0.7875	COMB5	Combination	2034.747209	-9642.487	-579.33583	-252.7998	-731.776	-7335.402
417	1.275	COMB5	Combination	2034.747209	-7985.089	-579.33583	-252.7998	-449.349	-3038.681
417	1.7625	COMB5	Combination	2034.747209	-6327.691	-579.33583	-252.7998	-166.923	450.05942
417	2.25	COMB5	Combination	2034.747209	-4670.294	-579.33583	-252.7998	115.5031	3130.8183
417	2.7375	COMB5	Combination	2034.747209	-3012.896	-579.33583	-252.7998	397.9293	5003.5959
417	3.225	COMB5	Combination	2034.747209	-1355.499	-579.33583	-252.7998	680.3555	6068.3922
417	3.7125	COMB5	Combination	2034.747209	301.89891	-579.33583	-252.7998	962.7817	6325.2072
417	4.2	COMB5	Combination	2034.747209	1959.2965	-579.33583	-252.7998	1245.208	5774.0408
418	0.3	DEAD	LinStatic	1344.231857	-3787.88	1.29511233	-85.17988	-8.47445	1201.7369
418	0.7875	DEAD	LinStatic	1344.231857	-2286.187	1.29511233	-85.17988	-9.10582	2682.2908
418	1.275	DEAD	LinStatic	1344.231857	-784.4947	1.29511233	-85.17988	-9.73718	3430.7696
418	1.7625	DEAD	LinStatic	1344.231857	717.19799	1.29511233	-85.17988	-10.3686	3447.1731
418	2.25	DEAD	LinStatic	1344.231857	2218.8906	1.29511233	-85.17988	-10.9999	2731.5015
418	2.7375	DEAD	LinStatic	1344.231857	3720.5833	1.29511233	-85.17988	-11.6313	1283.7548
418	3.225	DEAD	LinStatic	1344.231857	5222.2759	1.29511233	-85.17988	-12.2627	-896.0672
418	3.7125	DEAD	LinStatic	1344.231857	6723.9686	1.29511233	-85.17988	-12.8940	-3807.964
418	4.2	DEAD	LinStatic	1344.231857	8225.6612	1.29511233	-85.17988	-13.5254	-7451.937
418	0.3	COMB1	Combination	1733.054825	-5724.421	0.53398659	-122.1593	-12.4872	512.17356
418	0.7875	COMB1	Combination	1733.054825	-3676.690	0.53398659	-122.1593	-12.7475	2803.6944
418	1.275	COMB1	Combination	1733.054825	-1628.959	0.53398659	-122.1593	-13.0079	4096.9464
418	1.7625	COMB1	Combination	1733.054825	418.77232	0.53398659	-122.1593	-13.2682	4391.9293
418	2.25	COMB1	Combination	1733.054825	2466.5035	0.53398659	-122.1593	-13.5285	3688.6433
418	2.7375	COMB1	Combination	1733.054825	4514.2347	0.53398659	-122.1593	-13.7888	1987.0884
418	3.225	COMB1	Combination	1733.054825	6561.9659	0.53398659	-122.1593	-14.0491	-712.7355
418	3.7125	COMB1	Combination	1733.054825	8609.6970	0.53398659	-122.1593	-14.3095	-4410.828
418	4.2	COMB1	Combination	1733.054825	10657.428	0.53398659	-122.1593	-14.5698	-9107.190
418	0.3	COMB2	Combination	8114.117516	28022.511	-1033.7143	-318.1691	-2234.49	65779.641
418	0.7875	COMB2	Combination	8114.117516	29679.908	-1033.7143	-318.1691	-1730.55	51714.677
418	1.275	COMB2	Combination	8114.117516	31337.306	-1033.7143	-318.1691	-1226.62	36841.731
418	1.7625	COMB2	Combination	8114.117516	32994.703	-1033.7143	-318.1691	-722.681	21160.803
418	2.25	COMB2	Combination	8114.117516	34652.101	-1033.7143	-318.1691	-218.745	4671.8947
418	2.7375	COMB2	Combination	8114.117516	36309.499	-1033.7143	-318.1691	285.1909	-12625
418	3.225	COMB2	Combination	8114.117516	37966.896	-1033.7143	-318.1691	789.1266	-30729.87
418	3.7125	COMB2	Combination	8114.117516	39624.294	-1033.7143	-318.1691	1293.062	-49642.72
418	4.2	COMB2	Combination	8114.117516	41281.691	-1033.7143	-318.1691	1796.998	-69363.55
418	0.3	COMB3	Combination	8087.537183	28107.265	-869.10202	-235.5800	-1873.1	65942.669
418	0.7875	COMB3	Combination	8087.537183	29764.662	-869.10202	-235.5800	-1449.41	51836.387
418	1.275	COMB3	Combination	8087.537183	31422.06	-869.10202	-235.5800	-1025.72	36922.124
418	1.7625	COMB3	Combination	8087.537183	33079.457	-869.10202	-235.5800	-602.036	21199.879
418	2.25	COMB3	Combination	8087.537183	34736.855	-869.10202	-235.5800	-178.349	4669.6528
418	2.7375	COMB3	Combination	8087.537183	36394.252	-869.10202	-235.5800	245.3383	-12668.55
418	3.225	COMB3	Combination	8087.537183	38051.650	-869.10202	-235.5800	669.0255	-30814.74
418	3.7125	COMB3	Combination	8087.537183	39709.048	-869.10202	-235.5800	1092.713	-49768.91
418	4.2	COMB3	Combination	8087.537183	41366.445	-869.10202	-235.5800	1516.4	-69531.06

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
418	0.3	COMB4	Combination	-499.893649	-14234.08	12.4013593	-179.3637	1.265170	-18786.35
418	0.7875	COMB4	Combination	-499.893649	-12576.68	12.4013593	-179.3637	-4.78049	-12251.23
418	1.275	COMB4	Combination	-499.893649	-10919.29	12.4013593	-179.3637	-10.8262	-6524.088
418	1.7625	COMB4	Combination	-499.893649	-9261.888	12.4013593	-179.3637	-16.8718	-1604.926
418	2.25	COMB4	Combination	-499.893649	-7604.491	12.4013593	-179.3637	-22.9175	2506.2535
418	2.7375	COMB4	Combination	-499.893649	-5947.093	12.4013593	-179.3637	-28.9631	5809.4521
418	3.225	COMB4	Combination	-499.893649	-4289.696	12.4013593	-179.3637	-35.0088	8304.6694
418	3.7125	COMB4	Combination	-499.893649	-2632.298	12.4013593	-179.3637	-41.0545	9991.9053
418	4.2	COMB4	Combination	-499.893649	-974.9004	12.4013593	-179.3637	-47.1001	10871.16
418	0.3	COMB5	Combination	-588.494758	-13951.57	561.108871	95.933120	1205.898	-18242.93
418	0.7875	COMB5	Combination	-588.494758	-12294.17	561.108871	95.933120	932.3572	-11845.53
418	1.275	COMB5	Combination	-588.494758	-10636.77	561.108871	95.933120	658.8166	-6256.111
418	1.7625	COMB5	Combination	-588.494758	-8979.376	561.108871	95.933120	385.2761	-1474.674
418	2.25	COMB5	Combination	-588.494758	-7321.978	561.108871	95.933120	111.7355	2498.7806
418	2.7375	COMB5	Combination	-588.494758	-5664.580	561.108871	95.933120	-161.805	5664.2542
418	3.225	COMB5	Combination	-588.494758	-4007.183	561.108871	95.933120	-435.346	8021.7465
418	3.7125	COMB5	Combination	-588.494758	-2349.785	561.108871	95.933120	-708.886	9571.2575
418	4.2	COMB5	Combination	-588.494758	-692.3877	561.108871	95.933120	-982.427	10312.787
419	0.3	DEAD	LinStatic	2147.018168	-7754.818	8.16647066	-13.25431	21.33539	-2170.655
419	0.79091	DEAD	LinStatic	2147.018168	-5979.9	8.16647066	-13.25431	17.32639	1200.5941
419	1.28182	DEAD	LinStatic	2147.018168	-4204.982	8.16647066	-13.25431	13.3174	3700.5197
419	1.77273	DEAD	LinStatic	2147.018168	-2430.064	8.16647066	-13.25431	9.308401	5329.1218
419	2.26364	DEAD	LinStatic	2147.018168	-655.1457	8.16647066	-13.25431	5.299406	6086.4005
419	2.75455	DEAD	LinStatic	2147.018168	1119.7724	8.16647066	-13.25431	1.290412	5972.3558
419	3.24545	DEAD	LinStatic	2147.018168	2894.6905	8.16647066	-13.25431	-2.71858	4986.9876
419	3.73636	DEAD	LinStatic	2147.018168	4669.6085	8.16647066	-13.25431	-6.72758	3130.2960
419	4.22727	DEAD	LinStatic	2147.018168	6444.5266	8.16647066	-13.25431	-10.7366	402.28104
419	4.71818	DEAD	LinStatic	2147.018168	8219.4447	8.16647066	-13.25431	-14.7456	-3197.057
419	5.20909	DEAD	LinStatic	2147.018168	9994.3628	8.16647066	-13.25431	-18.7546	-7667.719
419	5.7	DEAD	LinStatic	2147.018168	11769.281	8.16647066	-13.25431	-22.7636	-13009.70
419	0.3	COMB1	Combination	2874.810102	-11163.07	9.09526745	-1.470293	23.54447	-4075.338
419	0.79091	COMB1	Combination	2874.810102	-8698.65	9.09526745	-1.470293	19.07952	799.81174
419	1.28182	COMB1	Combination	2874.810102	-6234.228	9.09526745	-1.470293	14.61457	4465.1544
419	1.77273	COMB1	Combination	2874.810102	-3769.807	9.09526745	-1.470293	10.14962	6920.6903
419	2.26364	COMB1	Combination	2874.810102	-1305.385	9.09526745	-1.470293	5.684669	8166.4192
419	2.75455	COMB1	Combination	2874.810102	1159.0361	9.09526745	-1.470293	1.219719	8202.3413
419	3.24545	COMB1	Combination	2874.810102	3623.4575	9.09526745	-1.470293	-3.24523	7028.4566
419	3.73636	COMB1	Combination	2874.810102	6087.8788	9.09526745	-1.470293	-7.71018	4644.7649
419	4.22727	COMB1	Combination	2874.810102	8552.3002	9.09526745	-1.470293	-12.1751	1051.2664
419	4.71818	COMB1	Combination	2874.810102	11016.722	9.09526745	-1.470293	-16.6401	-3752.039
419	5.20909	COMB1	Combination	2874.810102	13481.143	9.09526745	-1.470293	-21.1050	-9765.151
419	5.7	COMB1	Combination	2874.810102	15945.564	9.09526745	-1.470293	-25.57	-16988.07
419	0.3	COMB2	Combination	7945.548945	10154.593	-576.75369	0.5181463	-1523.47	47909.698
419	0.79091	COMB2	Combination	7945.548945	12128.022	-576.75369	0.5181463	-1240.34	42440.329
419	1.28182	COMB2	Combination	7945.548945	14101.45	-576.75369	0.5181463	-957.204	36002.186
419	1.77273	COMB2	Combination	7945.548945	16074.878	-576.75369	0.5181463	-674.071	28595.269
419	2.26364	COMB2	Combination	7945.548945	18048.306	-576.75369	0.5181463	-390.937	20219.578
419	2.75455	COMB2	Combination	7945.548945	20021.735	-576.75369	0.5181463	-107.803	10875.114
419	3.24545	COMB2	Combination	7945.548945	21995.163	-576.75369	0.5181463	175.3303	561.87513
419	3.73636	COMB2	Combination	7945.548945	23968.591	-576.75369	0.5181463	458.4639	-10720.14
419	4.22727	COMB2	Combination	7945.548945	25942.019	-576.75369	0.5181463	741.5975	-22970.92
419	4.71818	COMB2	Combination	7945.548945	27915.448	-576.75369	0.5181463	1024.731	-36190.48
419	5.20909	COMB2	Combination	7945.548945	29888.876	-576.75369	0.5181463	1307.865	-50378.82
419	5.7	COMB2	Combination	7945.548945	31862.304	-576.75369	0.5181463	1590.998	-65535.93

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
419	0.3	COMB3	Combination	7939.798240	10158.733	-311.21835	117.86112	-779.374	47916.996
419	0.79091	COMB3	Combination	7939.798240	12132.161	-311.21835	117.86112	-626.594	42445.595
419	1.28182	COMB3	Combination	7939.798240	14105.589	-311.21835	117.86112	-473.814	36005.42
419	1.77273	COMB3	Combination	7939.798240	16079.017	-311.21835	117.86112	-321.034	28596.471
419	2.26364	COMB3	Combination	7939.798240	18052.446	-311.21835	117.86112	-168.254	20218.748
419	2.75455	COMB3	Combination	7939.798240	20025.874	-311.21835	117.86112	-15.4739	10872.252
419	3.24545	COMB3	Combination	7939.798240	21999.302	-311.21835	117.86112	137.3060	556.98108
419	3.73636	COMB3	Combination	7939.798240	23972.730	-311.21835	117.86112	290.0859	-10727.06
419	4.22727	COMB3	Combination	7939.798240	25946.159	-311.21835	117.86112	442.8658	-22979.88
419	4.71818	COMB3	Combination	7939.798240	27919.587	-311.21835	117.86112	595.6458	-36201.47
419	5.20909	COMB3	Combination	7939.798240	29893.015	-311.21835	117.86112	748.4257	-50391.84
419	5.7	COMB3	Combination	7939.798240	31866.443	-311.21835	117.86112	901.2056	-65550.98
419	0.3	COMB4	Combination	684.7434888	-14431.47	-298.51637	-225.2633	-866.492	-17976.39
419	0.79091	COMB4	Combination	684.7434888	-12458.05	-298.51637	-225.2633	-719.947	-11376.24
419	1.28182	COMB4	Combination	684.7434888	-10484.62	-298.51637	-225.2633	-573.403	-5744.857
419	1.77273	COMB4	Combination	684.7434888	-8511.189	-298.51637	-225.2633	-426.858	-1082.250
419	2.26364	COMB4	Combination	684.7434888	-6537.761	-298.51637	-225.2633	-280.314	2611.5832
419	2.75455	COMB4	Combination	684.7434888	-4564.333	-298.51637	-225.2633	-133.77	5336.6426
419	3.24545	COMB4	Combination	684.7434888	-2590.905	-298.51637	-225.2633	12.77476	7092.9281
419	3.73636	COMB4	Combination	684.7434888	-617.4763	-298.51637	-225.2633	159.3192	7880.4398
419	4.22727	COMB4	Combination	684.7434888	1355.9520	-298.51637	-225.2633	305.8636	7699.1775
419	4.71818	COMB4	Combination	684.7434888	3329.3803	-298.51637	-225.2633	452.408	6549.1414
419	5.20909	COMB4	Combination	684.7434888	5302.8085	-298.51637	-225.2633	598.9524	4430.3314
419	5.7	COMB4	Combination	684.7434888	7276.2368	-298.51637	-225.2633	745.4968	1342.7476
419	0.3	COMB5	Combination	665.574473	-14417.68	586.601422	165.87998	1613.835	-17952.07
419	0.79091	COMB5	Combination	665.574473	-12444.25	586.601422	165.87998	1325.867	-11358.69
419	1.28182	COMB5	Combination	665.574473	-10470.82	586.601422	165.87998	1037.899	-5734.078
419	1.77273	COMB5	Combination	665.574473	-8497.392	586.601422	165.87998	749.9311	-1078.244
419	2.26364	COMB5	Combination	665.574473	-6523.964	586.601422	165.87998	461.9631	2608.8161
419	2.75455	COMB5	Combination	665.574473	-4550.536	586.601422	165.87998	173.9952	5327.1023
419	3.24545	COMB5	Combination	665.574473	-2577.107	586.601422	165.87998	-113.973	7076.6146
419	3.73636	COMB5	Combination	665.574473	-603.6790	586.601422	165.87998	-401.941	7857.3531
419	4.22727	COMB5	Combination	665.574473	1369.7493	586.601422	165.87998	-689.909	7669.3177
419	4.71818	COMB5	Combination	665.574473	3343.1775	586.601422	165.87998	-977.877	6512.5084
419	5.20909	COMB5	Combination	665.574473	5316.6058	586.601422	165.87998	-1265.84	4386.9252
419	5.7	COMB5	Combination	665.574473	7290.0341	586.601422	165.87998	-1553.81	1292.5681
420	0.3	DEAD	LinStatic	2043.87497	-7681.494	9.48858331	11.814092	24.70936	-1970.144
420	0.79091	DEAD	LinStatic	2043.87497	-5906.575	9.48858331	11.814092	20.05133	1365.1095
420	1.28182	DEAD	LinStatic	2043.87497	-4131.657	9.48858331	11.814092	15.39330	3829.0394
420	1.77273	DEAD	LinStatic	2043.87497	-2356.739	9.48858331	11.814092	10.73527	5421.6459
420	2.26364	DEAD	LinStatic	2043.87497	-581.8212	9.48858331	11.814092	6.077237	6142.9289
420	2.75455	DEAD	LinStatic	2043.87497	1193.0969	9.48858331	11.814092	1.419205	5992.8885
420	3.24545	DEAD	LinStatic	2043.87497	2968.0149	9.48858331	11.814092	-3.23883	4971.5247
420	3.73636	DEAD	LinStatic	2043.87497	4742.9330	9.48858331	11.814092	-7.89686	3078.8375
420	4.22727	DEAD	LinStatic	2043.87497	6517.8511	9.48858331	11.814092	-12.5549	314.82683
420	4.71818	DEAD	LinStatic	2043.87497	8292.7692	9.48858331	11.814092	-17.2129	-3320.507
420	5.20909	DEAD	LinStatic	2043.87497	10067.687	9.48858331	11.814092	-21.871	-7827.165
420	5.7	DEAD	LinStatic	2043.87497	11842.605	9.48858331	11.814092	-26.529	-13205.15
420	0.3	COMB1	Combination	2738.379802	-11048.71	11.3745636	-1.263587	29.50864	-3773.163
420	0.79091	COMB1	Combination	2738.379802	-8584.285	11.3745636	-1.263587	23.92476	1045.8444
420	1.28182	COMB1	Combination	2738.379802	-6119.863	11.3745636	-1.263587	18.34088	4655.0444
420	1.77273	COMB1	Combination	2738.379802	-3655.442	11.3745636	-1.263587	12.75701	7054.4376
420	2.26364	COMB1	Combination	2738.379802	-1191.021	11.3745636	-1.263587	7.17313	8244.0239
420	2.75455	COMB1	Combination	2738.379802	1273.4007	11.3745636	-1.263587	1.589253	8223.8033

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
420	3.24545	COMB1	Combination	2738.379802	3737.8221	11.3745636	-1.263587	-3.99462	6993.7759
420	3.73636	COMB1	Combination	2738.379802	6202.2435	11.3745636	-1.263587	-9.57850	4553.9416
420	4.22727	COMB1	Combination	2738.379802	8666.6649	11.3745636	-1.263587	-15.1624	904.30044
420	4.71818	COMB1	Combination	2738.379802	11131.086	11.3745636	-1.263587	-20.7463	-3955.148
420	5.20909	COMB1	Combination	2738.379802	13595.508	11.3745636	-1.263587	-26.3301	-10024.40
420	5.7	COMB1	Combination	2738.379802	16059.929	11.3745636	-1.263587	-31.9140	-17303.46
420	0.3	COMB2	Combination	8004.579475	10239.503	-698.49211	-59.24046	-1889.12	48815.027
420	0.79091	COMB2	Combination	8004.579475	12212.931	-698.49211	-59.24046	-1546.22	43303.975
420	1.28182	COMB2	Combination	8004.579475	14186.36	-698.49211	-59.24046	-1203.32	36824.149
420	1.77273	COMB2	Combination	8004.579475	16159.788	-698.49211	-59.24046	-860.428	29375.549
420	2.26364	COMB2	Combination	8004.579475	18133.216	-698.49211	-59.24046	-517.532	20958.175
420	2.75455	COMB2	Combination	8004.579475	20106.644	-698.49211	-59.24046	-174.636	11572.028
420	3.24545	COMB2	Combination	8004.579475	22080.073	-698.49211	-59.24046	168.2606	1217.1064
420	3.73636	COMB2	Combination	8004.579475	24053.501	-698.49211	-59.24046	511.1567	-10106.59
420	4.22727	COMB2	Combination	8004.579475	26026.929	-698.49211	-59.24046	854.0528	-22399.06
420	4.71818	COMB2	Combination	8004.579475	28000.357	-698.49211	-59.24046	1196.949	-35660.30
420	5.20909	COMB2	Combination	8004.579475	29973.786	-698.49211	-59.24046	1539.845	-49890.32
420	5.7	COMB2	Combination	8004.579475	31947.214	-698.49211	-59.24046	1882.741	-65089.11
420	0.3	COMB3	Combination	8043.81408	10246.340	-301.00653	110.73596	-796.386	48833.301
420	0.79091	COMB3	Combination	8043.81408	12219.768	-301.00653	110.73596	-648.619	43318.893
420	1.28182	COMB3	Combination	8043.81408	14193.197	-301.00653	110.73596	-500.852	36835.711
420	1.77273	COMB3	Combination	8043.81408	16166.625	-301.00653	110.73596	-353.085	29383.754
420	2.26364	COMB3	Combination	8043.81408	18140.053	-301.00653	110.73596	-205.319	20963.024
420	2.75455	COMB3	Combination	8043.81408	20113.482	-301.00653	110.73596	-57.5517	11573.520
420	3.24545	COMB3	Combination	8043.81408	22086.91	-301.00653	110.73596	90.21515	1215.2423
420	3.73636	COMB3	Combination	8043.81408	24060.338	-301.00653	110.73596	237.982	-10111.81
420	4.22727	COMB3	Combination	8043.81408	26033.766	-301.00653	110.73596	385.7488	-22407.64
420	4.71818	COMB3	Combination	8043.81408	28007.195	-301.00653	110.73596	533.5157	-35672.23
420	5.20909	COMB3	Combination	8043.81408	29980.623	-301.00653	110.73596	681.2825	-49905.61
420	5.7	COMB3	Combination	8043.81408	31954.051	-301.00653	110.73596	829.0494	-65107.76
420	0.3	COMB4	Combination	439.1209261	-14350.51	-499.60426	-281.4785	-1384.72	-17967.98
420	0.79091	COMB4	Combination	439.1209261	-12377.08	-499.60426	-281.4785	-1139.46	-11407.57
420	1.28182	COMB4	Combination	439.1209261	-10403.65	-499.60426	-281.4785	-894.204	-5815.932
420	1.77273	COMB4	Combination	439.1209261	-8430.225	-499.60426	-281.4785	-648.944	-1193.071
420	2.26364	COMB4	Combination	439.1209261	-6456.797	-499.60426	-281.4785	-403.683	2461.0164
420	2.75455	COMB4	Combination	439.1209261	-4483.368	-499.60426	-281.4785	-158.423	5146.3296
420	3.24545	COMB4	Combination	439.1209261	-2509.940	-499.60426	-281.4785	86.83727	6862.869
420	3.73636	COMB4	Combination	439.1209261	-536.5118	-499.60426	-281.4785	332.0975	7610.6344
420	4.22727	COMB4	Combination	439.1209261	1436.9164	-499.60426	-281.4785	577.3578	7389.6260
420	4.71818	COMB4	Combination	439.1209261	3410.3447	-499.60426	-281.4785	822.6181	6199.8437
420	5.20909	COMB4	Combination	439.1209261	5383.773	-499.60426	-281.4785	1067.878	4041.2876
420	5.7	COMB4	Combination	439.1209261	7357.2012	-499.60426	-281.4785	1313.139	913.95755
420	0.3	COMB5	Combination	569.9029433	-14327.72	825.347674	285.10960	2257.71	-17907.06
420	0.79091	COMB5	Combination	569.9029433	-12354.29	825.347674	285.10960	1852.539	-11357.84
420	1.28182	COMB5	Combination	569.9029433	-10380.86	825.347674	285.10960	1447.369	-5777.393
420	1.77273	COMB5	Combination	569.9029433	-8407.434	825.347674	285.10960	1042.198	-1165.720
420	2.26364	COMB5	Combination	569.9029433	-6434.006	825.347674	285.10960	637.0272	2477.1790
420	2.75455	COMB5	Combination	569.9029433	-4460.578	825.347674	285.10960	231.8565	5151.3042
420	3.24545	COMB5	Combination	569.9029433	-2487.15	825.347674	285.10960	-173.314	6856.6555
420	3.73636	COMB5	Combination	569.9029433	-513.7214	825.347674	285.10960	-578.485	7593.233
420	4.22727	COMB5	Combination	569.9029433	1459.7069	825.347674	285.10960	-983.656	7361.0365
420	4.71818	COMB5	Combination	569.9029433	3433.1352	825.347674	285.10960	-1388.83	6160.0662
420	5.20909	COMB5	Combination	569.9029433	5406.5634	825.347674	285.10960	-1794	3990.322
420	5.7	COMB5	Combination	569.9029433	7379.9917	825.347674	285.10960	-2199.17	851.80392

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
421	0.3	DEAD	LinStatic	1239.226518	-2549.723	22.1349428	-3.277704	43.44389	3371.6775
421	0.7875	DEAD	LinStatic	1239.226518	-1048.031	22.1349428	-3.277704	32.65310	4248.63
421	1.275	DEAD	LinStatic	1239.226518	453.662	22.1349428	-3.277704	21.86232	4393.5073
421	1.7625	DEAD	LinStatic	1239.226518	1955.3546	22.1349428	-3.277704	11.07153	3806.3095
421	2.25	DEAD	LinStatic	1239.226518	3457.0473	22.1349428	-3.277704	0.280747	2487.0366
421	2.7375	DEAD	LinStatic	1239.226518	4958.74	22.1349428	-3.277704	-10.5100	435.68842
421	3.225	DEAD	LinStatic	1239.226518	6460.4326	22.1349428	-3.277704	-21.3008	-2347.735
421	3.7125	DEAD	LinStatic	1239.226518	7962.1253	22.1349428	-3.277704	-32.0916	-5863.233
421	4.2	DEAD	LinStatic	1239.226518	9463.8179	22.1349428	-3.277704	-42.8824	-10110.81
421	0.3	COMB1	Combination	1630.901319	-4021.672	27.2981033	19.091919	53.53008	3521.1464
421	0.7875	COMB1	Combination	1630.901319	-1973.941	27.2981033	19.091919	40.22225	4982.5771
421	1.275	COMB1	Combination	1630.901319	73.790219	27.2981033	19.091919	26.91443	5445.7388
421	1.7625	COMB1	Combination	1630.901319	2121.5214	27.2981033	19.091919	13.60660	4910.6316
421	2.25	COMB1	Combination	1630.901319	4169.2526	27.2981033	19.091919	0.298776	3377.2555
421	2.7375	COMB1	Combination	1630.901319	6216.9838	27.2981033	19.091919	-13.0090	845.61037
421	3.225	COMB1	Combination	1630.901319	8264.7149	27.2981033	19.091919	-26.3169	-2684.304
421	3.7125	COMB1	Combination	1630.901319	10312.446	27.2981033	19.091919	-39.6247	-7212.487
421	4.2	COMB1	Combination	1630.901319	12360.177	27.2981033	19.091919	-52.9325	-12738.94
421	0.3	COMB2	Combination	6082.321232	27870.869	-1230.3907	-92.65873	-2418.71	64005.486
421	0.7875	COMB2	Combination	6082.321232	29528.267	-1230.3907	-92.65873	-1818.89	50014.446
421	1.275	COMB2	Combination	6082.321232	31185.664	-1230.3907	-92.65873	-1219.07	35215.426
421	1.7625	COMB2	Combination	6082.321232	32843.062	-1230.3907	-92.65873	-619.259	19608.424
421	2.25	COMB2	Combination	6082.321232	34500.459	-1230.3907	-92.65873	-19.4435	3193.4407
421	2.7375	COMB2	Combination	6082.321232	36157.857	-1230.3907	-92.65873	580.372	-14029.52
421	3.225	COMB2	Combination	6082.321232	37815.254	-1230.3907	-92.65873	1180.187	-32060.47
421	3.7125	COMB2	Combination	6082.321232	39472.652	-1230.3907	-92.65873	1780.003	-50899.4
421	4.2	COMB2	Combination	6082.321232	41130.05	-1230.3907	-92.65873	2379.818	-70546.31
421	0.3	COMB3	Combination	6195.879180	27882.607	-635.03320	61.969013	-1253.35	64027.678
421	0.7875	COMB3	Combination	6195.879180	29540.005	-635.03320	61.969013	-943.769	50030.916
421	1.275	COMB3	Combination	6195.879180	31197.402	-635.03320	61.969013	-634.190	35226.173
421	1.7625	COMB3	Combination	6195.879180	32854.8	-635.03320	61.969013	-324.612	19613.449
421	2.25	COMB3	Combination	6195.879180	34512.198	-635.03320	61.969013	-15.0329	3192.7431
421	2.7375	COMB3	Combination	6195.879180	36169.595	-635.03320	61.969013	294.5458	-14035.94
421	3.225	COMB3	Combination	6195.879180	37826.993	-635.03320	61.969013	604.1245	-32072.61
421	3.7125	COMB3	Combination	6195.879180	39484.390	-635.03320	61.969013	913.7032	-50917.26
421	4.2	COMB3	Combination	6195.879180	41141.788	-635.03320	61.969013	1223.282	-70569.89
421	0.3	COMB4	Combination	-278.096843	-12273.31	-681.92064	-247.7618	-1331.56	-14863.51
421	0.7875	COMB4	Combination	-278.096843	-10615.91	-681.92064	-247.7618	-999.121	-9284.261
421	1.275	COMB4	Combination	-278.096843	-8958.517	-681.92064	-247.7618	-666.685	-4512.993
421	1.7625	COMB4	Combination	-278.096843	-7301.12	-681.92064	-247.7618	-334.249	-549.7065
421	2.25	COMB4	Combination	-278.096843	-5643.722	-681.92064	-247.7618	-1.81255	2605.5986
421	2.7375	COMB4	Combination	-278.096843	-3986.324	-681.92064	-247.7618	330.6238	4952.9224
421	3.225	COMB4	Combination	-278.096843	-2328.927	-681.92064	-247.7618	663.0601	6492.2648
421	3.7125	COMB4	Combination	-278.096843	-671.5292	-681.92064	-247.7618	995.4964	7223.626
421	4.2	COMB4	Combination	-278.096843	985.86843	-681.92064	-247.7618	1327.933	7147.0058
421	0.3	COMB5	Combination	100.4296536	-12234.18	1302.60424	267.66396	2552.968	-14789.54
421	0.7875	COMB5	Combination	100.4296536	-10576.79	1302.60424	267.66396	1917.948	-9229.362
421	1.275	COMB5	Combination	100.4296536	-8919.39	1302.60424	267.66396	1282.929	-4477.169
421	1.7625	COMB5	Combination	100.4296536	-7261.992	1302.60424	267.66396	647.9089	-532.9570
421	2.25	COMB5	Combination	100.4296536	-5604.595	1302.60424	267.66396	12.88938	2603.2735
421	2.7375	COMB5	Combination	100.4296536	-3947.197	1302.60424	267.66396	-622.130	4931.5226
421	3.225	COMB5	Combination	100.4296536	-2289.799	1302.60424	267.66396	-1257.15	6451.7905
421	3.7125	COMB5	Combination	100.4296536	-632.4017	1302.60424	267.66396	-1892.17	7164.077
421	4.2	COMB5	Combination	100.4296536	1024.9959	1302.60424	267.66396	-2527.19	7068.3822

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
422	0.3	DEAD	LinStatic	797.9965939	-2635.715	23.1693774	22.570855	44.01563	3298.105
422	0.7875	DEAD	LinStatic	797.9965939	-1134.022	23.1693774	22.570855	32.72056	4216.9785
422	1.275	DEAD	LinStatic	797.9965939	367.67016	23.1693774	22.570855	21.42549	4403.7769
422	1.7625	DEAD	LinStatic	797.9965939	1869.3628	23.1693774	22.570855	10.13042	3858.5001
422	2.25	DEAD	LinStatic	797.9965939	3371.0555	23.1693774	22.570855	-1.16465	2581.1482
422	2.7375	DEAD	LinStatic	797.9965939	4872.7481	23.1693774	22.570855	-12.4597	571.72107
422	3.225	DEAD	LinStatic	797.9965939	6374.4408	23.1693774	22.570855	-23.7548	-2169.781
422	3.7125	DEAD	LinStatic	797.9965939	7876.1334	23.1693774	22.570855	-35.0499	-5643.359
422	4.2	DEAD	LinStatic	797.9965939	9377.8261	23.1693774	22.570855	-46.3449	-9849.011
422	0.3	COMB1	Combination	1064.207678	-4139.903	27.9391779	32.830911	53.04745	3430.8099
422	0.7875	COMB1	Combination	1064.207678	-2092.171	27.9391779	32.830911	39.42710	4949.878
422	1.275	COMB1	Combination	1064.207678	-44.44030	27.9391779	32.830911	25.80676	5470.6771
422	1.7625	COMB1	Combination	1064.207678	2003.2909	27.9391779	32.830911	12.18641	4993.2073
422	2.25	COMB1	Combination	1064.207678	4051.0221	27.9391779	32.830911	-1.43394	3517.4685
422	2.7375	COMB1	Combination	1064.207678	6098.7532	27.9391779	32.830911	-15.0543	1043.4608
422	3.225	COMB1	Combination	1064.207678	8146.4844	27.9391779	32.830911	-28.6746	-2428.816
422	3.7125	COMB1	Combination	1064.207678	10194.216	27.9391779	32.830911	-42.295	-6899.362
422	4.2	COMB1	Combination	1064.207678	12241.947	27.9391779	32.830911	-55.9153	-12368.18
422	0.3	COMB2	Combination	2504.754988	27783.863	-1527.1684	-63.32208	-2858.76	63497.542
422	0.7875	COMB2	Combination	2504.754988	29441.261	-1527.1684	-63.32208	-2114.27	49548.918
422	1.275	COMB2	Combination	2504.754988	31098.659	-1527.1684	-63.32208	-1369.77	34792.313
422	1.7625	COMB2	Combination	2504.754988	32756.056	-1527.1684	-63.32208	-625.277	19227.726
422	2.25	COMB2	Combination	2504.754988	34413.454	-1527.1684	-63.32208	119.2172	2855.1579
422	2.7375	COMB2	Combination	2504.754988	36070.851	-1527.1684	-63.32208	863.7118	-14325.39
422	3.225	COMB2	Combination	2504.754988	37728.249	-1527.1684	-63.32208	1608.206	-32313.92
422	3.7125	COMB2	Combination	2504.754988	39385.647	-1527.1684	-63.32208	2352.701	-51110.43
422	4.2	COMB2	Combination	2504.754988	41043.044	-1527.1684	-63.32208	3097.196	-70714.93
422	0.3	COMB3	Combination	2702.362020	27796.555	-874.94816	67.110926	-1713.32	63519.787
422	0.7875	COMB3	Combination	2702.362020	29453.953	-874.94816	67.110926	-1286.78	49564.975
422	1.275	COMB3	Combination	2702.362020	31111.350	-874.94816	67.110926	-860.242	34802.183
422	1.7625	COMB3	Combination	2702.362020	32768.748	-874.94816	67.110926	-433.704	19231.409
422	2.25	COMB3	Combination	2702.362020	34426.145	-874.94816	67.110926	-7.16727	2852.654
422	2.7375	COMB3	Combination	2702.362020	36083.543	-874.94816	67.110926	419.37	-14334.08
422	3.225	COMB3	Combination	2702.362020	37740.940	-874.94816	67.110926	845.9072	-32328.80
422	3.7125	COMB3	Combination	2702.362020	39398.338	-874.94816	67.110926	1272.444	-51131.5
422	4.2	COMB3	Combination	2702.362020	41055.736	-874.94816	67.110926	1698.982	-70742.18
422	0.3	COMB4	Combination	24.32932594	-12372.74	-695.03207	-184.6965	-1163.08	-14812.52
422	0.7875	COMB4	Combination	24.32932594	-10715.34	-695.03207	-184.6965	-824.256	-9184.804
422	1.275	COMB4	Combination	24.32932594	-9057.942	-695.03207	-184.6965	-485.428	-4365.067
422	1.7625	COMB4	Combination	24.32932594	-7400.544	-695.03207	-184.6965	-146.600	-353.3110
422	2.25	COMB4	Combination	24.32932594	-5743.147	-695.03207	-184.6965	192.2281	2850.4636
422	2.7375	COMB4	Combination	24.32932594	-4085.749	-695.03207	-184.6965	531.0562	5246.257
422	3.225	COMB4	Combination	24.32932594	-2428.351	-695.03207	-184.6965	869.8843	6834.0690
422	3.7125	COMB4	Combination	24.32932594	-770.9539	-695.03207	-184.6965	1208.712	7613.8997
422	4.2	COMB4	Combination	24.32932594	886.4437	-695.03207	-184.6965	1547.541	7585.7491
422	0.3	COMB5	Combination	683.0194351	-12330.43	1479.0354	250.08022	2655.065	-14738.37
422	0.7875	COMB5	Combination	683.0194351	-10673.03	1479.0354	250.08022	1934.036	-9131.279
422	1.275	COMB5	Combination	683.0194351	-9015.637	1479.0354	250.08022	1213.006	-4332.166
422	1.7625	COMB5	Combination	683.0194351	-7358.239	1479.0354	250.08022	491.9762	-341.0337
422	2.25	COMB5	Combination	683.0194351	-5700.841	1479.0354	250.08022	-229.054	2842.1172
422	2.7375	COMB5	Combination	683.0194351	-4043.444	1479.0354	250.08022	-950.083	5217.2867
422	3.225	COMB5	Combination	683.0194351	-2386.046	1479.0354	250.08022	-1671.11	6784.4749
422	3.7125	COMB5	Combination	683.0194351	-728.6486	1479.0354	250.08022	-2392.14	7543.6818
422	4.2	COMB5	Combination	683.0194351	928.74895	1479.0354	250.08022	-3113.17	7494.9074

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
423	0.3	DEAD	LinStatic	551.5347554	-2682.213	16.1944895	-20.30305	30.85542	3201.6705
423	0.7875	DEAD	LinStatic	551.5347554	-1180.520	16.1944895	-20.30305	22.96061	4143.2116
423	1.275	DEAD	LinStatic	551.5347554	321.17253	16.1944895	-20.30305	15.06579	4352.6776
423	1.7625	DEAD	LinStatic	551.5347554	1822.8652	16.1944895	-20.30305	7.170978	3830.0684
423	2.25	DEAD	LinStatic	551.5347554	3324.5578	16.1944895	-20.30305	-0.72384	2575.3841
423	2.7375	DEAD	LinStatic	551.5347554	4826.2505	16.1944895	-20.30305	-8.61865	588.62455
423	3.225	DEAD	LinStatic	551.5347554	6327.9431	16.1944895	-20.30305	-16.5135	-2130.210
423	3.7125	DEAD	LinStatic	551.5347554	7829.6358	16.1944895	-20.30305	-24.4083	-5581.120
423	4.2	DEAD	LinStatic	551.5347554	9331.3284	16.1944895	-20.30305	-32.3031	-9764.105
423	0.3	COMB1	Combination	768.7200332	-4208.553	19.1812822	-30.08547	36.48302	3290.0573
423	0.7875	COMB1	Combination	768.7200332	-2160.822	19.1812822	-30.08547	27.13215	4842.5925
423	1.275	COMB1	Combination	768.7200332	-113.0908	19.1812822	-30.08547	17.78127	5396.8587
423	1.7625	COMB1	Combination	768.7200332	1934.6404	19.1812822	-30.08547	8.430397	4952.856
423	2.25	COMB1	Combination	768.7200332	3982.3716	19.1812822	-30.08547	-0.92048	3510.5843
423	2.7375	COMB1	Combination	768.7200332	6030.1028	19.1812822	-30.08547	-10.2714	1070.0437
423	3.225	COMB1	Combination	768.7200332	8077.8339	19.1812822	-30.08547	-19.6222	-2368.766
423	3.7125	COMB1	Combination	768.7200332	10125.565	19.1812822	-30.08547	-28.9731	-6805.844
423	4.2	COMB1	Combination	768.7200332	12173.296	19.1812822	-30.08547	-38.324	-12241.19
423	0.3	COMB2	Combination	-1224.94824	27735.285	-925.17701	1.2559158	-1802.49	63386.21
423	0.7875	COMB2	Combination	-1224.94824	29392.682	-925.17701	1.2559158	-1351.47	49461.268
423	1.275	COMB2	Combination	-1224.94824	31050.080	-925.17701	1.2559158	-900.445	34728.344
423	1.7625	COMB2	Combination	-1224.94824	32707.478	-925.17701	1.2559158	-449.422	19187.44
423	2.25	COMB2	Combination	-1224.94824	34364.875	-925.17701	1.2559158	1.602115	2838.5536
423	2.7375	COMB2	Combination	-1224.94824	36022.273	-925.17701	1.2559158	452.6259	-14318.31
423	3.225	COMB2	Combination	-1224.94824	37679.670	-925.17701	1.2559158	903.6497	-32283.16
423	3.7125	COMB2	Combination	-1224.94824	39337.068	-925.17701	1.2559158	1354.673	-51055.99
423	4.2	COMB2	Combination	-1224.94824	40994.466	-925.17701	1.2559158	1805.697	-70636.80
423	0.3	COMB3	Combination	-1028.18533	27725.304	-1579.2143	-130.3723	-3203.87	63364.322
423	0.7875	COMB3	Combination	-1028.18533	29382.701	-1579.2143	-130.3723	-2434	49444.245
423	1.275	COMB3	Combination	-1028.18533	31040.099	-1579.2143	-130.3723	-1664.13	34716.188
423	1.7625	COMB3	Combination	-1028.18533	32697.496	-1579.2143	-130.3723	-894.265	19180.149
423	2.25	COMB3	Combination	-1028.18533	34354.894	-1579.2143	-130.3723	-124.398	2836.1287
423	2.7375	COMB3	Combination	-1028.18533	36012.292	-1579.2143	-130.3723	645.469	-14315.87
423	3.225	COMB3	Combination	-1028.18533	37669.689	-1579.2143	-130.3723	1415.336	-32275.86
423	3.7125	COMB3	Combination	-1028.18533	39327.087	-1579.2143	-130.3723	2185.203	-51043.82
423	4.2	COMB3	Combination	-1028.18533	40984.484	-1579.2143	-130.3723	2955.07	-70619.77
423	0.3	COMB4	Combination	808.4670785	-12385.93	1487.71876	208.59339	3128.461	-14841.26
423	0.7875	COMB4	Combination	808.4670785	-10728.53	1487.71876	208.59339	2403.198	-9207.111
423	1.275	COMB4	Combination	808.4670785	-9071.132	1487.71876	208.59339	1677.935	-4380.943
423	1.7625	COMB4	Combination	808.4670785	-7413.734	1487.71876	208.59339	952.6722	-362.7575
423	2.25	COMB4	Combination	808.4670785	-5756.336	1487.71876	208.59339	227.4093	2847.4472
423	2.7375	COMB4	Combination	808.4670785	-4098.939	1487.71876	208.59339	-497.854	5249.6705
423	3.225	COMB4	Combination	808.4670785	-2441.541	1487.71876	208.59339	-1223.12	6843.9125
423	3.7125	COMB4	Combination	808.4670785	-784.1436	1487.71876	208.59339	-1948.38	7630.1732
423	4.2	COMB4	Combination	808.4670785	873.25399	1487.71876	208.59339	-2673.64	7608.4525
423	0.3	COMB5	Combination	1464.343447	-12419.2	-692.40549	-230.1672	-1542.78	-14914.22
423	0.7875	COMB5	Combination	1464.343447	-10761.8	-692.40549	-230.1672	-1205.23	-9263.852
423	1.275	COMB5	Combination	1464.343447	-9104.402	-692.40549	-230.1672	-867.686	-4421.465
423	1.7625	COMB5	Combination	1464.343447	-7447.004	-692.40549	-230.1672	-530.139	-387.0595
423	2.25	COMB5	Combination	1464.343447	-5789.607	-692.40549	-230.1672	-192.591	2839.3645
423	2.7375	COMB5	Combination	1464.343447	-4132.209	-692.40549	-230.1672	144.9568	5257.8071
423	3.225	COMB5	Combination	1464.343447	-2474.812	-692.40549	-230.1672	482.5044	6868.2685
423	3.7125	COMB5	Combination	1464.343447	-817.4141	-692.40549	-230.1672	820.0521	7670.7485
423	4.2	COMB5	Combination	1464.343447	839.98355	-692.40549	-230.1672	1157.6	7665.2472

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
424	0.3	DEAD	LinStatic	463.1182692	-2823.283	12.2018309	-1.602483	22.75347	2742.002
424	0.7875	DEAD	LinStatic	463.1182692	-1321.591	12.2018309	-1.602483	16.80507	3752.3151
424	1.275	DEAD	LinStatic	463.1182692	180.10184	12.2018309	-1.602483	10.85668	4030.5530
424	1.7625	DEAD	LinStatic	463.1182692	1681.7945	12.2018309	-1.602483	4.908289	3576.7158
424	2.25	DEAD	LinStatic	463.1182692	3183.4871	12.2018309	-1.602483	-1.04010	2390.8034
424	2.7375	DEAD	LinStatic	463.1182692	4685.1798	12.2018309	-1.602483	-6.9885	472.81581
424	3.225	DEAD	LinStatic	463.1182692	6186.8724	12.2018309	-1.602483	-12.9369	-2177.247
424	3.7125	DEAD	LinStatic	463.1182692	7688.5651	12.2018309	-1.602483	-18.8853	-5559.385
424	4.2	DEAD	LinStatic	463.1182692	9190.2577	12.2018309	-1.602483	-24.8337	-9673.598
424	0.3	COMB1	Combination	700.641392	-4392.752	13.5809288	-24.97024	25.1867	2682.0808
424	0.7875	COMB1	Combination	700.641392	-2345.020	13.5809288	-24.97024	18.566	4324.4127
424	1.275	COMB1	Combination	700.641392	-297.2892	13.5809288	-24.97024	11.94529	4968.4757
424	1.7625	COMB1	Combination	700.641392	1750.4419	13.5809288	-24.97024	5.32459	4614.2697
424	2.25	COMB1	Combination	700.641392	3798.1731	13.5809288	-24.97024	-1.29611	3261.7948
424	2.7375	COMB1	Combination	700.641392	5845.9043	13.5809288	-24.97024	-7.91682	911.05096
424	3.225	COMB1	Combination	700.641392	7893.6355	13.5809288	-24.97024	-14.5375	-2437.962
424	3.7125	COMB1	Combination	700.641392	9941.3667	13.5809288	-24.97024	-21.1582	-6785.244
424	4.2	COMB1	Combination	700.641392	11989.098	13.5809288	-24.97024	-27.7789	-12130.79
424	0.3	COMB2	Combination	-4302.74893	27585.270	-638.62148	53.788970	-1226.77	62440.486
424	0.7875	COMB2	Combination	-4302.74893	29242.668	-638.62148	53.788970	-915.444	48588.676
424	1.275	COMB2	Combination	-4302.74893	30900.065	-638.62148	53.788970	-604.116	33928.885
424	1.7625	COMB2	Combination	-4302.74893	32557.463	-638.62148	53.788970	-292.788	18461.112
424	2.25	COMB2	Combination	-4302.74893	34214.860	-638.62148	53.788970	18.54016	2185.3585
424	2.7375	COMB2	Combination	-4302.74893	35872.258	-638.62148	53.788970	329.8681	-14898.38
424	3.225	COMB2	Combination	-4302.74893	37529.656	-638.62148	53.788970	641.1961	-32790.09
424	3.7125	COMB2	Combination	-4302.74893	39187.053	-638.62148	53.788970	952.5241	-51489.79
424	4.2	COMB2	Combination	-4302.74893	40844.451	-638.62148	53.788970	1263.852	-70997.47
424	0.3	COMB3	Combination	-4190.61306	27576.964	-1234.0825	-101.2251	-2383.15	62423.625
424	0.7875	COMB3	Combination	-4190.61306	29234.362	-1234.0825	-101.2251	-1781.53	48575.865
424	1.275	COMB3	Combination	-4190.61306	30891.759	-1234.0825	-101.2251	-1179.92	33920.123
424	1.7625	COMB3	Combination	-4190.61306	32549.157	-1234.0825	-101.2251	-578.301	18456.399
424	2.25	COMB3	Combination	-4190.61306	34206.554	-1234.0825	-101.2251	23.31434	2184.6949
424	2.7375	COMB3	Combination	-4190.61306	35863.952	-1234.0825	-101.2251	624.9296	-14894.99
424	3.225	COMB3	Combination	-4190.61306	37521.35	-1234.0825	-101.2251	1226.545	-32782.66
424	3.7125	COMB3	Combination	-4190.61306	39178.747	-1234.0825	-101.2251	1828.160	-51478.31
424	4.2	COMB3	Combination	-4190.61306	40836.145	-1234.0825	-101.2251	2429.775	-70981.94
424	0.3	COMB4	Combination	1781.076308	-12542.89	1289.54349	253.45378	2498.934	-15218.17
424	0.7875	COMB4	Combination	1781.076308	-10885.49	1289.54349	253.45378	1870.282	-9507.503
424	1.275	COMB4	Combination	1781.076308	-9228.093	1289.54349	253.45378	1241.63	-4604.817
424	1.7625	COMB4	Combination	1781.076308	-7570.696	1289.54349	253.45378	612.9771	-510.1118
424	2.25	COMB4	Combination	1781.076308	-5913.298	1289.54349	253.45378	-15.6753	2776.6116
424	2.7375	COMB4	Combination	1781.076308	-4255.900	1289.54349	253.45378	-644.328	5255.3537
424	3.225	COMB4	Combination	1781.076308	-2598.503	1289.54349	253.45378	-1272.98	6926.1145
424	3.7125	COMB4	Combination	1781.076308	-941.1052	1289.54349	253.45378	-1901.63	7788.8939
424	4.2	COMB4	Combination	1781.076308	716.29239	1289.54349	253.45378	-2530.29	7843.6921
424	0.3	COMB5	Combination	2154.862522	-12570.58	-695.32668	-263.2599	-1355.65	-15274.37
424	0.7875	COMB5	Combination	2154.862522	-10913.18	-695.32668	-263.2599	-1016.68	-9550.207
424	1.275	COMB5	Combination	2154.862522	-9255.780	-695.32668	-263.2599	-677.705	-4634.024
424	1.7625	COMB5	Combination	2154.862522	-7598.383	-695.32668	-263.2599	-338.733	-525.8215
424	2.25	COMB5	Combination	2154.862522	-5940.985	-695.32668	-263.2599	0.238577	2774.3994
424	2.7375	COMB5	Combination	2154.862522	-4283.587	-695.32668	-263.2599	339.2103	5266.6389
424	3.225	COMB5	Combination	2154.862522	-2626.19	-695.32668	-263.2599	678.1821	6950.8971
424	3.7125	COMB5	Combination	2154.862522	-968.7923	-695.32668	-263.2599	1017.154	7827.1740
424	4.2	COMB5	Combination	2154.862522	688.60533	-695.32668	-263.2599	1356.126	7895.4696

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
425	0.3	DEAD	LinStatic	1087.228063	-7713.913	13.7822765	-10.18709	36.03368	-2117.404
425	0.79091	DEAD	LinStatic	1087.228063	-5938.994	13.7822765	-10.18709	29.26783	1233.7643
425	1.28182	DEAD	LinStatic	1087.228063	-4164.076	13.7822765	-10.18709	22.50199	3713.6089
425	1.77273	DEAD	LinStatic	1087.228063	-2389.158	13.7822765	-10.18709	15.73614	5322.1301
425	2.26364	DEAD	LinStatic	1087.228063	-614.2402	13.7822765	-10.18709	8.9703	6059.3279
425	2.75455	DEAD	LinStatic	1087.228063	1160.6779	13.7822765	-10.18709	2.204455	5925.2023
425	3.24545	DEAD	LinStatic	1087.228063	2935.5960	13.7822765	-10.18709	-4.56139	4919.7533
425	3.73636	DEAD	LinStatic	1087.228063	4710.5141	13.7822765	-10.18709	-11.3272	3042.9808
425	4.22727	DEAD	LinStatic	1087.228063	6485.4322	13.7822765	-10.18709	-18.0931	294.88486
425	4.71818	DEAD	LinStatic	1087.228063	8260.3503	13.7822765	-10.18709	-24.8589	-3324.534
425	5.20909	DEAD	LinStatic	1087.228063	10035.268	13.7822765	-10.18709	-31.6248	-7815.277
425	5.7	DEAD	LinStatic	1087.228063	11810.186	13.7822765	-10.18709	-38.3906	-13177.34
425	0.3	COMB1	Combination	1592.128347	-11106.31	16.3744185	3.2087016	42.69732	-4000.372
425	0.79091	COMB1	Combination	1592.128347	-8641.891	16.3744185	3.2087016	34.65897	846.91442
425	1.28182	COMB1	Combination	1592.128347	-6177.469	16.3744185	3.2087016	26.62062	4484.3938
425	1.77273	COMB1	Combination	1592.128347	-3713.048	16.3744185	3.2087016	18.58226	6912.0662
425	2.26364	COMB1	Combination	1592.128347	-1248.627	16.3744185	3.2087016	10.54391	8129.9318
425	2.75455	COMB1	Combination	1592.128347	1215.7948	16.3744185	3.2087016	2.505563	8137.9905
425	3.24545	COMB1	Combination	1592.128347	3680.2162	16.3744185	3.2087016	-5.53279	6936.2424
425	3.73636	COMB1	Combination	1592.128347	6144.6376	16.3744185	3.2087016	-13.5711	4524.6874
425	4.22727	COMB1	Combination	1592.128347	8609.059	16.3744185	3.2087016	-21.6095	903.32551
425	4.71818	COMB1	Combination	1592.128347	11073.480	16.3744185	3.2087016	-29.6478	-3927.843
425	5.20909	COMB1	Combination	1592.128347	13537.902	16.3744185	3.2087016	-37.6862	-9968.819
425	5.7	COMB1	Combination	1592.128347	16002.323	16.3744185	3.2087016	-45.7245	-17219.60
425	0.3	COMB2	Combination	-4568.50601	10204.346	-293.43395	98.967360	-811.334	48057.159
425	0.79091	COMB2	Combination	-4568.50601	12177.774	-293.43395	98.967360	-667.285	42563.366
425	1.28182	COMB2	Combination	-4568.50601	14151.202	-293.43395	98.967360	-523.235	36100.799
425	1.77273	COMB2	Combination	-4568.50601	16124.630	-293.43395	98.967360	-379.186	28669.458
425	2.26364	COMB2	Combination	-4568.50601	18098.059	-293.43395	98.967360	-235.137	20269.344
425	2.75455	COMB2	Combination	-4568.50601	20071.487	-293.43395	98.967360	-91.0872	10900.455
425	3.24545	COMB2	Combination	-4568.50601	22044.915	-293.43395	98.967360	52.96221	562.79280
425	3.73636	COMB2	Combination	-4568.50601	24018.343	-293.43395	98.967360	197.0116	-10743.64
425	4.22727	COMB2	Combination	-4568.50601	25991.772	-293.43395	98.967360	341.061	-23018.85
425	4.71818	COMB2	Combination	-4568.50601	27965.2	-293.43395	98.967360	485.1104	-36262.84
425	5.20909	COMB2	Combination	-4568.50601	29938.628	-293.43395	98.967360	629.1598	-50475.6
425	5.7	COMB2	Combination	-4568.50601	31912.056	-293.43395	98.967360	773.2092	-65657.13
425	0.3	COMB3	Combination	-4530.27965	10199.328	-690.09272	-70.89166	-1862.55	48043.373
425	0.79091	COMB3	Combination	-4530.27965	12172.757	-690.09272	-70.89166	-1523.78	42552.043
425	1.28182	COMB3	Combination	-4530.27965	14146.185	-690.09272	-70.89166	-1185.01	36091.939
425	1.77273	COMB3	Combination	-4530.27965	16119.613	-690.09272	-70.89166	-846.233	28663.061
425	2.26364	COMB3	Combination	-4530.27965	18093.041	-690.09272	-70.89166	-507.461	20265.41
425	2.75455	COMB3	Combination	-4530.27965	20066.47	-690.09272	-70.89166	-168.688	10898.984
425	3.24545	COMB3	Combination	-4530.27965	22039.898	-690.09272	-70.89166	170.0849	563.785
425	3.73636	COMB3	Combination	-4530.27965	24013.326	-690.09272	-70.89166	508.8577	-10740.19
425	4.22727	COMB3	Combination	-4530.27965	25986.755	-690.09272	-70.89166	847.6305	-23012.94
425	4.71818	COMB3	Combination	-4530.27965	27960.183	-690.09272	-70.89166	1186.403	-36254.46
425	5.20909	COMB3	Combination	-4530.27965	29933.611	-690.09272	-70.89166	1525.176	-50464.75
425	5.7	COMB3	Combination	-4530.27965	31907.039	-690.09272	-70.89166	1863.949	-65643.82
425	0.3	COMB4	Combination	2907.790936	-14370.66	827.369675	271.56486	2202.067	-17904.92
425	0.79091	COMB4	Combination	2907.790936	-12397.23	827.369675	271.56486	1795.903	-11334.62
425	1.28182	COMB4	Combination	2907.790936	-10423.80	827.369675	271.56486	1389.740	-5733.098
425	1.77273	COMB4	Combination	2907.790936	-8450.372	827.369675	271.56486	983.5767	-1100.346
425	2.26364	COMB4	Combination	2907.790936	-6476.944	827.369675	271.56486	577.4134	2563.6314
425	2.75455	COMB4	Combination	2907.790936	-4503.516	827.369675	271.56486	171.2502	5258.8352

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
425	3.24545	COMB4	Combination	2907.790936	-2530.087	827.369675	271.56486	-234.913	6985.2651
425	3.73636	COMB4	Combination	2907.790936	-556.6592	827.369675	271.56486	-641.076	7742.9211
425	4.22727	COMB4	Combination	2907.790936	1416.7691	827.369675	271.56486	-1047.24	7531.8032
425	4.71818	COMB4	Combination	2907.790936	3390.1973	827.369675	271.56486	-1453.40	6351.9115
425	5.20909	COMB4	Combination	2907.790936	5363.6256	827.369675	271.56486	-1859.57	4203.2458
425	5.7	COMB4	Combination	2907.790936	7337.0538	827.369675	271.56486	-2265.73	1085.8063
425	0.3	COMB5	Combination	3035.212138	-14387.38	-494.82624	-294.6319	-1301.99	-17950.87
425	0.79091	COMB5	Combination	3035.212138	-12413.95	-494.82624	-294.6319	-1059.08	-11372.37
425	1.28182	COMB5	Combination	3035.212138	-10440.52	-494.82624	-294.6319	-816.163	-5762.630
425	1.77273	COMB5	Combination	3035.212138	-8467.096	-494.82624	-294.6319	-573.248	-1121.669
425	2.26364	COMB5	Combination	3035.212138	-6493.668	-494.82624	-294.6319	-330.333	2550.5189
425	2.75455	COMB5	Combination	3035.212138	-4520.24	-494.82624	-294.6319	-87.4187	5253.9326
425	3.24545	COMB5	Combination	3035.212138	-2546.811	-494.82624	-294.6319	155.496	6988.5724
425	3.73636	COMB5	Combination	3035.212138	-573.3831	-494.82624	-294.6319	398.4107	7754.4383
425	4.22727	COMB5	Combination	3035.212138	1400.0452	-494.82624	-294.6319	641.3254	7551.5303
425	4.71818	COMB5	Combination	3035.212138	3373.4734	-494.82624	-294.6319	884.2401	6379.8485
425	5.20909	COMB5	Combination	3035.212138	5346.9017	-494.82624	-294.6319	1127.155	4239.3927
425	5.7	COMB5	Combination	3035.212138	7320.33	-494.82624	-294.6319	1370.069	1130.1631
426	0.3	DEAD	LinStatic	1160.481092	-7627.729	18.8782831	26.378641	48.91928	-1754.700
426	0.79091	DEAD	LinStatic	1160.481092	-5852.811	18.8782831	26.378641	39.65176	1554.1598
426	1.28182	DEAD	LinStatic	1160.481092	-4077.893	18.8782831	26.378641	30.38424	3991.6962
426	1.77273	DEAD	LinStatic	1160.481092	-2302.975	18.8782831	26.378641	21.11672	5557.9093
426	2.26364	DEAD	LinStatic	1160.481092	-528.0568	18.8782831	26.378641	11.8492	6252.7988
426	2.75455	DEAD	LinStatic	1160.481092	1246.8613	18.8782831	26.378641	2.581677	6076.365
426	3.24545	DEAD	LinStatic	1160.481092	3021.7794	18.8782831	26.378641	-6.68584	5028.6077
426	3.73636	DEAD	LinStatic	1160.481092	4796.6975	18.8782831	26.378641	-15.9534	3109.5270
426	4.22727	DEAD	LinStatic	1160.481092	6571.6156	18.8782831	26.378641	-25.2209	319.12292
426	4.71818	DEAD	LinStatic	1160.481092	8346.5337	18.8782831	26.378641	-34.4884	-3342.605
426	5.20909	DEAD	LinStatic	1160.481092	10121.452	18.8782831	26.378641	-43.7559	-7875.656
426	5.7	DEAD	LinStatic	1160.481092	11896.37	18.8782831	26.378641	-53.0234	-13280.03
426	0.3	COMB1	Combination	1693.233451	-10976.50	23.1814188	17.215774	59.98115	-3484.187
426	0.79091	COMB1	Combination	1693.233451	-8512.081	23.1814188	17.215774	48.60118	1299.3741
426	1.28182	COMB1	Combination	1693.233451	-6047.66	23.1814188	17.215774	37.22121	4873.1288
426	1.77273	COMB1	Combination	1693.233451	-3583.238	23.1814188	17.215774	25.84125	7237.0765
426	2.26364	COMB1	Combination	1693.233451	-1118.817	23.1814188	17.215774	14.46128	8391.2175
426	2.75455	COMB1	Combination	1693.233451	1345.6043	23.1814188	17.215774	3.081307	8335.5515
426	3.24545	COMB1	Combination	1693.233451	3810.0257	23.1814188	17.215774	-8.29866	7070.0787
426	3.73636	COMB1	Combination	1693.233451	6274.4471	23.1814188	17.215774	-19.6786	4594.7990
426	4.22727	COMB1	Combination	1693.233451	8738.8685	23.1814188	17.215774	-31.0586	909.71246
426	4.71818	COMB1	Combination	1693.233451	11203.29	23.1814188	17.215774	-42.4386	-3985.181
426	5.20909	COMB1	Combination	1693.233451	13667.711	23.1814188	17.215774	-53.8185	-10089.88
426	5.7	COMB1	Combination	1693.233451	16132.133	23.1814188	17.215774	-65.1985	-17404.39
426	0.3	COMB2	Combination	-4271.49273	10302.572	-299.89542	150.01272	-874.052	49142.359
426	0.79091	COMB2	Combination	-4271.49273	12276	-299.89542	150.01272	-726.831	43600.346
426	1.28182	COMB2	Combination	-4271.49273	14249.428	-299.89542	150.01272	-579.609	37089.559
426	1.77273	COMB2	Combination	-4271.49273	16222.856	-299.89542	150.01272	-432.388	29609.999
426	2.26364	COMB2	Combination	-4271.49273	18196.285	-299.89542	150.01272	-285.166	21161.664
426	2.75455	COMB2	Combination	-4271.49273	20169.713	-299.89542	150.01272	-137.945	11744.556
426	3.24545	COMB2	Combination	-4271.49273	22143.141	-299.89542	150.01272	9.276301	1358.6731
426	3.73636	COMB2	Combination	-4271.49273	24116.569	-299.89542	150.01272	156.4977	-9995.983
426	4.22727	COMB2	Combination	-4271.49273	26089.998	-299.89542	150.01272	303.7191	-22319.41
426	4.71818	COMB2	Combination	-4271.49273	28063.426	-299.89542	150.01272	450.9405	-35611.62
426	5.20909	COMB2	Combination	-4271.49273	30036.854	-299.89542	150.01272	598.1619	-49872.6
426	5.7	COMB2	Combination	-4271.49273	32010.282	-299.89542	150.01272	745.3832	-65102.35

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
426	0.3	COMB3	Combination	-4277.81275	10300.250	-563.2575	33.309559	-1557.73	49132.215
426	0.79091	COMB3	Combination	-4277.81275	12273.679	-563.2575	33.309559	-1281.22	43591.342
426	1.28182	COMB3	Combination	-4277.81275	14247.107	-563.2575	33.309559	-1004.71	37081.694
426	1.77273	COMB3	Combination	-4277.81275	16220.535	-563.2575	33.309559	-728.206	29603.273
426	2.26364	COMB3	Combination	-4277.81275	18193.964	-563.2575	33.309559	-451.698	21156.078
426	2.75455	COMB3	Combination	-4277.81275	20167.392	-563.2575	33.309559	-175.189	11740.109
426	3.24545	COMB3	Combination	-4277.81275	22140.820	-563.2575	33.309559	101.3189	1355.3659
426	3.73636	COMB3	Combination	-4277.81275	24114.248	-563.2575	33.309559	377.8272	-9998.151
426	4.22727	COMB3	Combination	-4277.81275	26087.677	-563.2575	33.309559	654.3354	-22320.44
426	4.71818	COMB3	Combination	-4277.81275	28061.105	-563.2575	33.309559	930.8436	-35611.51
426	5.20909	COMB3	Combination	-4277.81275	30034.533	-563.2575	33.309559	1207.352	-49871.34
426	5.7	COMB3	Combination	-4277.81275	32007.961	-563.2575	33.309559	1483.860	-65099.96
426	0.3	COMB4	Combination	3005.234521	-14276.13	594.40359	196.85481	1571.551	-17707.48
426	0.79091	COMB4	Combination	3005.234521	-12302.7	594.40359	196.85481	1279.753	-11183.59
426	1.28182	COMB4	Combination	3005.234521	-10329.27	594.40359	196.85481	987.9550	-5628.47
426	1.77273	COMB4	Combination	3005.234521	-8355.841	594.40359	196.85481	696.1569	-1042.125
426	2.26364	COMB4	Combination	3005.234521	-6382.413	594.40359	196.85481	404.3588	2575.4466
426	2.75455	COMB4	Combination	3005.234521	-4408.984	594.40359	196.85481	112.5607	5224.2441
426	3.24545	COMB4	Combination	3005.234521	-2435.556	594.40359	196.85481	-179.237	6904.2676
426	3.73636	COMB4	Combination	3005.234521	-462.1278	594.40359	196.85481	-471.036	7615.5173
426	4.22727	COMB4	Combination	3005.234521	1511.3005	594.40359	196.85481	-762.834	7357.9931
426	4.71818	COMB4	Combination	3005.234521	3484.7287	594.40359	196.85481	-1054.63	6131.6950
426	5.20909	COMB4	Combination	3005.234521	5458.1570	594.40359	196.85481	-1346.43	3936.6230
426	5.7	COMB4	Combination	3005.234521	7431.5853	594.40359	196.85481	-1638.23	772.77721
426	0.3	COMB5	Combination	2984.167774	-14283.86	-283.47	-192.1557	-707.377	-17741.29
426	0.79091	COMB5	Combination	2984.167774	-12310.43	-283.47	-192.1557	-568.219	-11213.60
426	1.28182	COMB5	Combination	2984.167774	-10337.01	-283.47	-192.1557	-429.061	-5654.687
426	1.77273	COMB5	Combination	2984.167774	-8363.578	-283.47	-192.1557	-289.903	-1064.543
426	2.26364	COMB5	Combination	2984.167774	-6390.15	-283.47	-192.1557	-150.745	2556.8262
426	2.75455	COMB5	Combination	2984.167774	-4416.721	-283.47	-192.1557	-11.5866	5209.4218
426	3.24545	COMB5	Combination	2984.167774	-2443.293	-283.47	-192.1557	127.5714	6893.2435
426	3.73636	COMB5	Combination	2984.167774	-469.8648	-283.47	-192.1557	266.7294	7608.2913
426	4.22727	COMB5	Combination	2984.167774	1503.5635	-283.47	-192.1557	405.8874	7354.5653
426	4.71818	COMB5	Combination	2984.167774	3476.9918	-283.47	-192.1557	545.0454	6132.0654
426	5.20909	COMB5	Combination	2984.167774	5450.4200	-283.47	-192.1557	684.2034	3940.7916
426	5.7	COMB5	Combination	2984.167774	7423.8483	-283.47	-192.1557	823.3614	780.74388
427	0.3	DEAD	LinStatic	54.66207145	-1311.370	25.0585672	46.181779	55.43695	5670.4040
427	0.7875	DEAD	LinStatic	54.66207145	190.32243	25.0585672	46.181779	43.2209	5943.6594
427	1.275	DEAD	LinStatic	54.66207145	1692.0151	25.0585672	46.181779	31.00484	5484.8396
427	1.7625	DEAD	LinStatic	54.66207145	3193.7077	25.0585672	46.181779	18.78879	4293.9447
427	2.25	DEAD	LinStatic	54.66207145	4695.4004	25.0585672	46.181779	6.572741	2370.9746
427	2.7375	DEAD	LinStatic	54.66207145	6197.0930	25.0585672	46.181779	-5.64331	-284.0707
427	3.225	DEAD	LinStatic	54.66207145	7698.7857	25.0585672	46.181779	-17.8594	-3671.191
427	3.7125	DEAD	LinStatic	54.66207145	9200.4783	25.0585672	46.181779	-30.0754	-7790.387
427	4.2	DEAD	LinStatic	54.66207145	10702.171	25.0585672	46.181779	-42.2915	-12641.66
427	0.3	COMB1	Combination	188.0367458	-2360.706	30.8698936	75.371623	67.69496	6638.9631
427	0.7875	COMB1	Combination	188.0367458	-312.9753	30.8698936	75.371623	52.64589	7290.673
427	1.275	COMB1	Combination	188.0367458	1734.7559	30.8698936	75.371623	37.59681	6944.1139
427	1.7625	COMB1	Combination	188.0367458	3782.4871	30.8698936	75.371623	22.54774	5599.2859
427	2.25	COMB1	Combination	188.0367458	5830.2183	30.8698936	75.371623	7.498667	3256.1890
427	2.7375	COMB1	Combination	188.0367458	7877.9495	30.8698936	75.371623	-7.55041	-85.17689
427	3.225	COMB1	Combination	188.0367458	9925.6807	30.8698936	75.371623	-22.5995	-4424.812
427	3.7125	COMB1	Combination	188.0367458	11973.412	30.8698936	75.371623	-37.6486	-9762.716
427	4.2	COMB1	Combination	188.0367458	14021.143	30.8698936	75.371623	-52.6976	-16098.89

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
427	0.3	COMB2	Combination	-6541.24811	30834.197	-846.19932	-84.93872	-1476.63	67548.106
427	0.7875	COMB2	Combination	-6541.24811	32491.594	-846.19932	-84.93872	-1064.11	52112.444
427	1.275	COMB2	Combination	-6541.24811	34148.992	-846.19932	-84.93872	-651.584	35868.801
427	1.7625	COMB2	Combination	-6541.24811	35806.389	-846.19932	-84.93872	-239.062	18817.177
427	2.25	COMB2	Combination	-6541.24811	37463.787	-846.19932	-84.93872	173.4605	957.57168
427	2.7375	COMB2	Combination	-6541.24811	39121.185	-846.19932	-84.93872	585.9826	-17710.02
427	3.225	COMB2	Combination	-6541.24811	40778.582	-846.19932	-84.93872	998.5048	-37185.58
427	3.7125	COMB2	Combination	-6541.24811	42435.98	-846.19932	-84.93872	1411.027	-57469.13
427	4.2	COMB2	Combination	-6541.24811	44093.377	-846.19932	-84.93872	1823.549	-78560.66
427	0.3	COMB3	Combination	-6569.16072	30753.257	-1005.9286	-166.7845	-1748	67388.051
427	0.7875	COMB3	Combination	-6569.16072	32410.655	-1005.9286	-166.7845	-1257.61	51991.848
427	1.275	COMB3	Combination	-6569.16072	34068.052	-1005.9286	-166.7845	-767.218	35787.663
427	1.7625	COMB3	Combination	-6569.16072	35725.45	-1005.9286	-166.7845	-276.828	18775.497
427	2.25	COMB3	Combination	-6569.16072	37382.848	-1005.9286	-166.7845	213.5619	955.34916
427	2.7375	COMB3	Combination	-6569.16072	39040.245	-1005.9286	-166.7845	703.9521	-17672.78
427	3.225	COMB3	Combination	-6569.16072	40697.643	-1005.9286	-166.7845	1194.342	-37108.89
427	3.7125	COMB3	Combination	-6569.16072	42355.040	-1005.9286	-166.7845	1684.732	-57352.98
427	4.2	COMB3	Combination	-6569.16072	44012.438	-1005.9286	-166.7845	2175.123	-78405.05
427	0.3	COMB4	Combination	2139.925341	-11228.97	578.580599	245.71770	1012.149	-12304.17
427	0.7875	COMB4	Combination	2139.925341	-9571.573	578.580599	245.71770	730.0910	-7234.037
427	1.275	COMB4	Combination	2139.925341	-7914.175	578.580599	245.71770	448.033	-2971.886
427	1.7625	COMB4	Combination	2139.925341	-6256.778	578.580599	245.71770	165.9749	482.28343
427	2.25	COMB4	Combination	2139.925341	-4599.380	578.580599	245.71770	-116.083	3128.4719
427	2.7375	COMB4	Combination	2139.925341	-2941.982	578.580599	245.71770	-398.141	4966.6790
427	3.225	COMB4	Combination	2139.925341	-1284.585	578.580599	245.71770	-680.199	5996.9048
427	3.7125	COMB4	Combination	2139.925341	372.81271	578.580599	245.71770	-962.257	6219.1493
427	4.2	COMB4	Combination	2139.925341	2030.2103	578.580599	245.71770	-1244.32	5633.4124
427	0.3	COMB5	Combination	2046.883317	-11498.77	46.1498212	-27.10166	107.5806	-12837.69
427	0.7875	COMB5	Combination	2046.883317	-9841.371	46.1498212	-27.10166	85.08256	-7636.026
427	1.275	COMB5	Combination	2046.883317	-8183.974	46.1498212	-27.10166	62.58452	-3242.348
427	1.7625	COMB5	Combination	2046.883317	-6526.576	46.1498212	-27.10166	40.08648	343.34835
427	2.25	COMB5	Combination	2046.883317	-4869.178	46.1498212	-27.10166	17.58845	3121.0635
427	2.7375	COMB5	Combination	2046.883317	-3211.781	46.1498212	-27.10166	-4.90959	5090.7973
427	3.225	COMB5	Combination	2046.883317	-1554.383	46.1498212	-27.10166	-27.4076	6252.5498
427	3.7125	COMB5	Combination	2046.883317	103.01438	46.1498212	-27.10166	-49.9057	6606.3209
427	4.2	COMB5	Combination	2046.883317	1760.412	46.1498212	-27.10166	-72.4037	6152.1108
428	0.3	DEAD	LinStatic	1127.114528	-2608.874	35.159621	-51.01207	95.91011	2534.2878
428	0.7875	DEAD	LinStatic	1127.114528	-1274.901	35.159621	-51.01207	78.7698	3480.9579
428	1.275	DEAD	LinStatic	1127.114528	59.071854	35.159621	-51.01207	61.62948	3777.3162
428	1.7625	DEAD	LinStatic	1127.114528	1393.0446	35.159621	-51.01207	44.48917	3423.3628
428	2.25	DEAD	LinStatic	1127.114528	2727.0173	35.159621	-51.01207	27.34885	2419.0977
428	2.7375	DEAD	LinStatic	1127.114528	4060.99	35.159621	-51.01207	10.20854	764.52095
428	3.225	DEAD	LinStatic	1127.114528	5394.9627	35.159621	-51.01207	-6.93178	-1540.368
428	3.7125	DEAD	LinStatic	1127.114528	6728.9354	35.159621	-51.01207	-24.0721	-4495.568
428	4.2	DEAD	LinStatic	1127.114528	8062.9081	35.159621	-51.01207	-41.2124	-8101.08
428	0.3	COMB1	Combination	1427.904101	-3789.808	44.5098806	-73.31914	120.3157	2534.5061
428	0.7875	COMB1	Combination	1427.904101	-2049.128	44.5098806	-73.31914	98.61715	3957.7466
428	1.275	COMB1	Combination	1427.904101	-308.4479	44.5098806	-73.31914	76.91859	4532.4057
428	1.7625	COMB1	Combination	1427.904101	1432.2320	44.5098806	-73.31914	55.22002	4258.4833
428	2.25	COMB1	Combination	1427.904101	3172.9119	44.5098806	-73.31914	33.52145	3135.9795
428	2.7375	COMB1	Combination	1427.904101	4913.5918	44.5098806	-73.31914	11.82289	1164.8942
428	3.225	COMB1	Combination	1427.904101	6654.2717	44.5098806	-73.31914	-9.87568	-1654.773
428	3.7125	COMB1	Combination	1427.904101	8394.9516	44.5098806	-73.31914	-31.5742	-5323.021
428	4.2	COMB1	Combination	1427.904101	10135.631	44.5098806	-73.31914	-53.2728	-9839.850

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
1558	0.3	COMB2	Combination	-340147.725	37010.557	1305.79202	-779.7731	3147.02	91404.995
1558	2.5	COMB2	Combination	-338049.675	37010.557	1305.79202	-779.7731	274.2772	9981.769
1558	4.7	COMB2	Combination	-335951.624	37010.557	1305.79202	-779.7731	-2598.47	-71441.46
1558	0.3	COMB3	Combination	-333033.122	37012.84	-4749.9024	-1128.992	-11219.8	91405.726
1558	2.5	COMB3	Combination	-330935.072	37012.84	-4749.9024	-1128.992	-770.040	9977.4782
1558	4.7	COMB3	Combination	-328837.022	37012.84	-4749.9024	-1128.992	9679.745	-71450.77
1558	0.3	COMB4	Combination	-429898.864	-5085.964	8839.35293	890.74580	21227.91	-12931.38
1558	2.5	COMB4	Combination	-427800.814	-5085.964	8839.35293	890.74580	1781.331	-1742.255
1558	4.7	COMB4	Combination	-425702.764	-5085.964	8839.35293	890.74580	-17665.2	9446.8667
1558	0.3	COMB5	Combination	-406183.522	-5078.356	-11346.295	-273.3164	-26661.6	-12928.94
1558	2.5	COMB5	Combination	-404085.471	-5078.356	-11346.295	-273.3164	-1699.73	-1756.558
1558	4.7	COMB5	Combination	-401987.421	-5078.356	-11346.295	-273.3164	23262.12	9415.8256
1559	0.3	DEAD	LinStatic	-320136.735	5233.1356	-1763.3963	-25.41341	-2927.46	8916.028
1559	2	DEAD	LinStatic	-318592.715	5233.1356	-1763.3963	-25.41341	70.31088	19.697525
1559	3.7	DEAD	LinStatic	-317048.695	5233.1356	-1763.3963	-25.41341	3068.085	-8876.633
1559	0.3	COMB1	Combination	-429552.565	6620.3018	-2680.6731	-30.94753	-4464.85	11286.274
1559	2	COMB1	Combination	-427699.742	6620.3018	-2680.6731	-30.94753	92.29144	31.760886
1559	3.7	COMB1	Combination	-425846.918	6620.3018	-2680.6731	-30.94753	4649.436	-11222.75
1559	0.3	COMB2	Combination	-303245.987	38435.308	944.201039	-1177.098	1580.533	63460.623
1559	2	COMB2	Combination	-301624.766	38435.308	944.201039	-1177.098	-24.6090	-1879.4
1559	3.7	COMB2	Combination	-300003.545	38435.308	944.201039	-1177.098	-1629.75	-67219.42
1559	0.3	COMB3	Combination	-298223.981	38451.102	-5437.2223	-1518.763	-8978.24	63489.947
1559	2	COMB3	Combination	-296602.760	38451.102	-5437.2223	-1518.763	265.0350	-1876.926
1559	3.7	COMB3	Combination	-294981.539	38451.102	-5437.2223	-1518.763	9508.313	-67243.8
1559	0.3	COMB4	Combination	-374497.183	-4270.793	8661.78668	938.93892	14305.59	-6670.671
1559	2	COMB4	Combination	-372875.962	-4270.793	8661.78668	938.93892	-419.452	589.67757
1559	3.7	COMB4	Combination	-371254.741	-4270.793	8661.78668	938.93892	-15144.5	7850.0263
1559	0.3	COMB5	Combination	-357757.163	-4218.147	-12609.625	-199.9446	-20890.3	-6572.925
1559	2	COMB5	Combination	-356135.942	-4218.147	-12609.625	-199.9446	546.0283	597.92498
1559	3.7	COMB5	Combination	-354514.722	-4218.147	-12609.625	-199.9446	21982.39	7768.7747
1560	0.3	DEAD	LinStatic	-277646.969	5306.165	-1980.9970	-26.60114	-3300.45	8996.8180
1560	2	DEAD	LinStatic	-276102.95	5306.165	-1980.9970	-26.60114	67.24062	-23.66244
1560	3.7	DEAD	LinStatic	-274558.93	5306.165	-1980.9970	-26.60114	3434.936	-9044.143
1560	0.3	COMB1	Combination	-372275.572	6714.3636	-2982.4755	-31.58108	-4970.82	11374.578
1560	2	COMB1	Combination	-370422.748	6714.3636	-2982.4755	-31.58108	99.39217	-39.84005
1560	3.7	COMB1	Combination	-368569.924	6714.3636	-2982.4755	-31.58108	5169.600	-11454.26
1560	0.3	COMB2	Combination	-267207.12	37510.413	432.360523	-1337.598	585.5033	61778.426
1560	2	COMB2	Combination	-265585.899	37510.413	432.360523	-1337.598	-149.51	-1989.276
1560	3.7	COMB2	Combination	-263964.678	37510.413	432.360523	-1337.598	-884.523	-65756.98
1560	0.3	COMB3	Combination	-263853.040	37537.941	-5468.0794	-1673.882	-9130.15	61816.618
1560	2	COMB3	Combination	-262231.819	37537.941	-5468.0794	-1673.882	165.5873	-1997.882
1560	3.7	COMB3	Combination	-260610.598	37537.941	-5468.0794	-1673.882	9461.322	-65812.38
1560	0.3	COMB4	Combination	-321597.478	-3912.216	7627.17409	976.02945	12538.38	-6075.531
1560	2	COMB4	Combination	-319976.257	-3912.216	7627.17409	976.02945	-427.812	575.23635
1560	3.7	COMB4	Combination	-318355.036	-3912.216	7627.17409	976.02945	-13394.0	7226.004
1560	0.3	COMB5	Combination	-310417.213	-3820.454	-12040.959	-144.9164	-19847.1	-5948.224
1560	2	COMB5	Combination	-308795.992	-3820.454	-12040.959	-144.9164	622.5115	546.54842
1560	3.7	COMB5	Combination	-307174.771	-3820.454	-12040.959	-144.9164	21092.14	7041.3209
1561	0.3	DEAD	LinStatic	-235575.203	5432.4196	-2169.7183	-39.67155	-3615.39	9261.0714
1561	2	DEAD	LinStatic	-234031.184	5432.4196	-2169.7183	-39.67155	73.12818	25.958041
1561	3.7	DEAD	LinStatic	-232487.164	5432.4196	-2169.7183	-39.67155	3761.649	-9209.155
1561	0.3	COMB1	Combination	-315589.792	6887.0381	-3252.4514	-47.17669	-5426.32	11732.33
1561	2	COMB1	Combination	-313736.969	6887.0381	-3252.4514	-47.17669	102.845	24.365195
1561	3.7	COMB1	Combination	-311884.145	6887.0381	-3252.4514	-47.17669	5632.012	-11683.6

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
1555	0.3	COMB2	Combination	-85696.4012	18315.885	-2485.5313	-3167.595	-4449.17	24013.015
1555	2	COMB2	Combination	-84075.1804	18315.885	-2485.5313	-3167.595	-223.763	-7123.990
1555	3.7	COMB2	Combination	-82453.9596	18315.885	-2485.5313	-3167.595	4001.640	-38261
1555	0.3	COMB3	Combination	-86122.6924	18326.437	-3985.2944	-3264.926	-6527.86	24033.781
1555	2	COMB3	Combination	-84501.4716	18326.437	-3985.2944	-3264.926	247.1453	-7121.162
1555	3.7	COMB3	Combination	-82880.2508	18326.437	-3985.2944	-3264.926	7022.146	-38276.10
1555	0.3	COMB4	Combination	-84663.9551	82.289421	-703.08340	-291.7099	-2003.98	2712.0084
1555	2	COMB4	Combination	-83042.7343	82.289421	-703.08340	-291.7099	-808.734	2572.1164
1555	3.7	COMB4	Combination	-81421.5135	82.289421	-703.08340	-291.7099	386.5082	2432.2244
1555	0.3	COMB5	Combination	-86084.9259	117.46136	-5702.2937	-616.1474	-8932.94	2781.229
1555	2	COMB5	Combination	-84463.7051	117.46136	-5702.2937	-616.1474	760.9615	2581.5446
1555	3.7	COMB5	Combination	-82842.4843	117.46136	-5702.2937	-616.1474	10454.86	2381.8603
1556	0.3	DEAD	LinStatic	-32773.0803	5226.9338	-3373.3801	-2282.741	-5223.15	7204.2878
1556	2	DEAD	LinStatic	-31229.0605	5226.9338	-3373.3801	-2282.741	511.5962	-1681.5
1556	3.7	DEAD	LinStatic	-29685.0407	5226.9338	-3373.3801	-2282.741	6246.342	-10567.29
1556	0.3	COMB1	Combination	-42456.4814	6299.7452	-4480.2774	-2734.952	-6893.02	8705.2705
1556	2	COMB1	Combination	-40603.6576	6299.7452	-4480.2774	-2734.952	723.4537	-2004.296
1556	3.7	COMB1	Combination	-38750.8338	6299.7452	-4480.2774	-2734.952	8339.925	-12713.86
1556	0.3	COMB2	Combination	-35582.871	10936.545	-3254.9349	-1169.269	-5184.45	9436.8574
1556	2	COMB2	Combination	-33961.6502	10936.545	-3254.9349	-1169.269	348.9420	-9155.269
1556	3.7	COMB2	Combination	-32340.4294	10936.545	-3254.9349	-1169.269	5882.331	-27747.39
1556	0.3	COMB3	Combination	-35863.8037	10953.649	-4181.1802	-1241.169	-6253.48	9466.2677
1556	2	COMB3	Combination	-34242.5829	10953.649	-4181.1802	-1241.169	854.5258	-9154.936
1556	3.7	COMB3	Combination	-32621.3621	10953.649	-4181.1802	-1241.169	7962.532	-27776.14
1556	0.3	COMB4	Combination	-34884.6546	3834.4261	-2129.8739	-2632.692	-3898.89	6975.0142
1556	2	COMB4	Combination	-33263.4338	3834.4261	-2129.8739	-2632.692	-278.106	456.48988
1556	3.7	COMB4	Combination	-31642.2130	3834.4261	-2129.8739	-2632.692	3342.68	-6062.034
1556	0.3	COMB5	Combination	-35821.0969	3891.4417	-5217.3582	-2872.36	-7462.34	7073.0483
1556	2	COMB5	Combination	-34199.8761	3891.4417	-5217.3582	-2872.36	1407.173	457.59745
1556	3.7	COMB5	Combination	-32578.6553	3891.4417	-5217.3582	-2872.36	10276.68	-6157.853
1557	0	DEAD	LinStatic	-408392.487	4415.6234	-1499.6708	11.681548	-1384.44	10296.821
1557	1.35	DEAD	LinStatic	-407166.354	4415.6234	-1499.6708	11.681548	640.1135	4335.7291
1557	2.7	DEAD	LinStatic	-405940.220	4415.6234	-1499.6708	11.681548	2664.669	-1625.363
1557	0	COMB1	Combination	-548586.651	5519.5956	-2271.2640	13.387468	-2101.02	12559.655
1557	1.35	COMB1	Combination	-547115.291	5519.5956	-2271.2640	13.387468	965.1873	5108.2011
1557	2.7	COMB1	Combination	-545643.931	5519.5956	-2271.2640	13.387468	4031.394	-2343.253
1557	0	COMB2	Combination	-381257.962	37294.680	708.808424	-678.0153	4568.43	100096.22
1557	1.35	COMB2	Combination	-379970.522	37294.680	708.808424	-678.0153	3611.538	49748.399
1557	2.7	COMB2	Combination	-378683.082	37294.680	708.808424	-678.0153	2654.647	-599.4201
1557	0	COMB3	Combination	-372449.032	37307.066	-5397.9182	-870.2685	-9803.79	100110.65
1557	1.35	COMB3	Combination	-371161.592	37307.066	-5397.9182	-870.2685	-2516.60	49746.112
1557	2.7	COMB3	Combination	-369874.152	37307.066	-5397.9182	-870.2685	4770.587	-618.427
1557	0	COMB4	Combination	-484041.834	-5089.373	8633.00150	568.34098	22661.69	-15913.13
1557	1.35	COMB4	Combination	-482754.394	-5089.373	8633.00150	568.34098	11007.14	-9042.479
1557	2.7	COMB4	Combination	-481466.954	-5089.373	8633.00150	568.34098	-647.414	-2171.826
1557	0	COMB5	Combination	-454678.735	-5048.089	-11722.754	-72.50303	-25245.7	-15865.02
1557	1.35	COMB5	Combination	-453391.295	-5048.089	-11722.754	-72.50303	-9420	-9050.102
1557	2.7	COMB5	Combination	-452103.855	-5048.089	-11722.754	-72.50303	6405.719	-2235.182
1558	0.3	DEAD	LinStatic	-364046.297	4349.2524	-1179.8325	16.446629	-2620.59	10487.625
1558	2.5	DEAD	LinStatic	-362048.153	4349.2524	-1179.8325	16.446629	-24.959	919.26936
1558	4.7	DEAD	LinStatic	-360050.010	4349.2524	-1179.8325	16.446629	2570.672	-8649.086
1558	0.3	COMB1	Combination	-488653.652	5417.4789	-1789.9912	19.619492	-3966.74	12997.379
1558	2.5	COMB1	Combination	-486255.88	5417.4789	-1789.9912	19.619492	-28.7629	1078.9252
1558	4.7	COMB1	Combination	-483858.108	5417.4789	-1789.9912	19.619492	3909.218	-10839.53



TABEL PUSAT MASSA LANTAI

Lantai	Pusat Massa (m)	
	Sumbu X	Sumbu Y
Atap	28.2377	8.9548
9	28.4128	8.9552
8	28.4477	8.9553
7	28.4626	8.9554
6	28.4709	8.9554
5	28.4762	8.9554
4	28.4799	8.9554
3	28.4826	8.9554
2	28.4846	8.9554
1	28.4863	8.9567



TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEDUNG ATC
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
PROGRAM S-I JURUSAN TEKNIK SIPIL/ FTSP/ ITS SURABAYA
2004

BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA



BAB VI

PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA

6.1 Umum

Penulangan struktur utama dalam Tugas Akhir ini direncanakan dengan menggunakan metode daktilitas tingkat tiga (Daktilitas Penuh), atau yang lebih dikenal dengan istilah “Disain Kapasitas” yaitu struktur beton diproporsikan berdasarkan suatu persyaratan penyelesaian detail khusus yang memungkinkan struktur memberikan respon inelastis terhadap beban siklis gempa yang bekerja dan mampu menjamin pengembangan mekanisme sendi plastis dengan kapasitas disipasi energi yang diperlukan tanpa mengalami keruntuhan.

Karena itu keruntuhan yang terjadi pada balok harus bersifat daktail yaitu bukan karena akibat keruntuhan geser tetapi keruntuhan lentur. Hal ini bertujuan untuk memberi peringatan sebelum terjadinya keruntuhan yaitu dengan terjadinya perubahan bentuk. Dengan demikian terjadinya mekanisme sendi plastis harus dikendalikan atau dipaksakan agar terjadi di tempat-tempat yang diinginkan (pada balok) dengan cara meningkatkan unsur-unsur yang berbatasan dengannya yaitu pada kolom. Pengertian ini mengandung arti yaitu “*Strong Column Weak Beam*” (kolom kuat balok lemah).

Dalam perencanaan struktur gedung dengan daktilitas penuh, kolom harus direncanakan lebih kuat dari baloknya, dengan memperhitungkan pengaruh terbentuknya sendi plastis pada ujung balok kiri dan kanan kolom dan pengaruh *overstrength* balok. Dengan demikian struktur harus mampu melakukan perubahan secara daktail dengan memencarkan energi gempa dan membatasi gaya gempa yang masuk ke dalam struktur utama. Untuk pemencaran energi itu ditandai dengan terbentuknya sendi-sendi plastis pada tempat-tempat yang telah direncanakan yaitu pada balok.



6.2 Perhitungan Penulangan Balok Induk

6.2.1 Perhitungan Lentur Balok Induk

Penulangan lentur balok dilakukan berdasarkan atas kekuatan penampang dari struktur, ukuran mutu dan pengaturan tulangan telah memberikan kekuatan momen kapasitas yang disediakan oleh penampang. Dalam perencanaan balok induk ini dipakai tulangan rangkap yaitu penampang persegi dengan tulangan tarik dan tekan. Untuk perhitungan tulangan lentur lapangan pada momen positif balok dianalisa sebagai balok T. Sedangkan pada momen negatif balok dianalisa sebagai balok persegi biasa.

Pada prinsipnya, perhitungan penulangan lentur balok induk hampir sama dengan penulangan lentur pada balok anak. Tetapi pada penulangan lentur balok induk banyak dijumpai momen yang terbalik arah akibat beban gempa. Sehingga penulangannya berdasarkan masing-masing arah momen yang terjadi dengan kondisi sistem penulangan sebagai berikut :

1. Apabila $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$, maka tulangan tekan dipasang praktis saja.
2. Apabila $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$, maka tulangan tekan dibutuhkan untuk menambah kekuatan.

Contoh perhitungan :

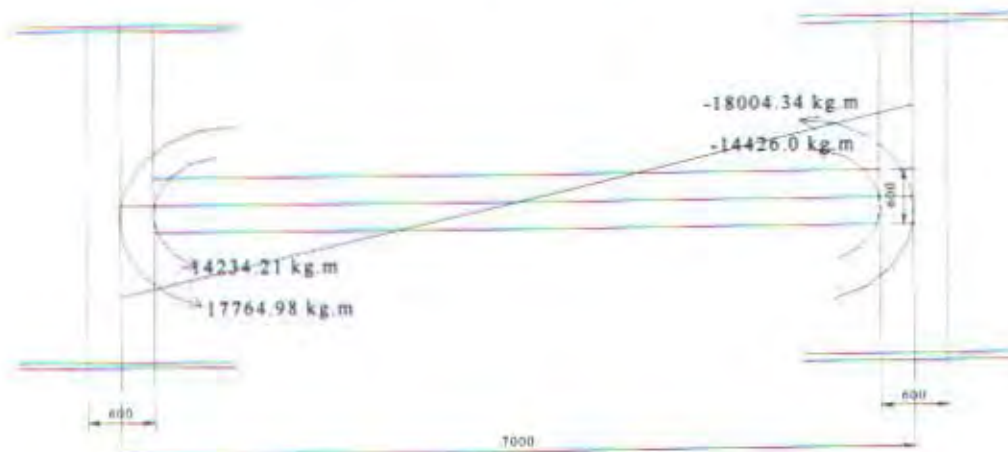
Sebagai contoh perhitungan tulangan balok induk diambil balok induk lantai satu dengan momen muka kolom hasil analisa struktur yang telah didistribusi dengan bentang 7 m.

Data-data umum penulangan balok :

- tinggi balok (h)	= 600 mm	- mutu baja (f_y)	= 390 MPa
- lebar balok (b)	= 400 mm	- E_s	= 20000 MPa
- decking	= 40 mm	- $d' = 40 + 12 + 25/2$	= 64,5 mm
- bentang	= 7000 mm	- $d = 600 - 64,5$	= 535,5 mm
- tulangan sengkang	= D12 mm		
- tulangan utama	= D25 mm		
- mutu beton (f_c')	= 30 Mpa		



Analisa SAP 2000 v8.08
Frame 43 - 44 (Balok Melintang Bentang 3 - 5; As E)



Gambar Distribusi Momen Balok
Gambar 6.1 Distribusi Momen Balok

- Momen rencana pada tumpuan

$$\begin{aligned} \text{Mu (-)} &= -18.00434 \text{ t-m} \\ &= -180043400 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu (+)} &= 17.76498 \text{ t-m} \\ &= 177649800 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

a. Penulangan lentur pada tumpuan negatif

$$\begin{aligned} \text{Mu (-)} &= -18.00434 \text{ t-m} \\ &= -180043400 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{\text{Mu}}{\phi \times f_y \times (d - d')} \\ &= \frac{180043400}{0,8 \times 390 \times (535,5 - 64,5)} \\ &= 1225.185 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk peningkatan daktilitas dan momen balik, disyaratkan dalam SK SNI'91 pasal

3.14.3 : $A_s' \geq 0,5 A_s$

$$\begin{aligned} \text{Maka digunakan tulangan : - tulangan atas} &= 4 \text{ D22 } (1520.531 \text{ mm}^2) \\ \text{- tulangan bawah} &= 2 \text{ D22 } (760.265 \text{ mm}^2) \end{aligned}$$



Cek (redistribusi momen) apakah momen negatif memenuhi syarat $(\rho - \rho') \leq 0,5 \rho_b$ untuk perencanaan kapasitas blok portal setelah tulangan lentur direncanakan :

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{1520.531}{400 \times 535,5} = 0,0071$$

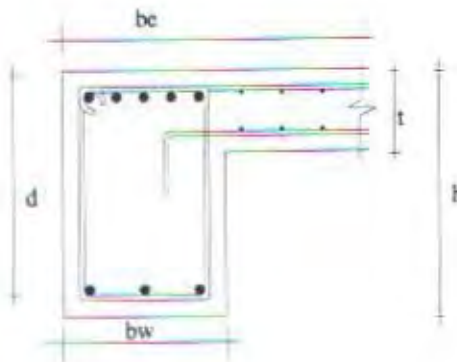
$$\rho' = \frac{A_s'}{b \times d} = \frac{760.265}{400 \times 535,5} = 0,00355$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \frac{600}{600 + 390} = 0,03368 \end{aligned}$$

$$((\rho - \rho') \leq 0,5 \rho_b)$$

$$\begin{aligned} 0,0071 - 0,00355 &= 0,00355 < 0,5 \times 0,03368 \\ &= 0,00355 < 0,01684 \dots\dots\dots\text{oke!} \end{aligned}$$

b. Penulangan lentur pada tumpuan positif



Pelat eksterior :

- $be \leq 400 + 1/12.7000 = 983,33mm$ menentukan !
- $be \leq 400 + 6.120 = 1120mm$
- $be \leq 400 + 1/2.6200 = 3500mm$



$$M_u (+) = 17.76498 \text{ t-m}$$

$$= 177649800 \text{ N-mm}$$

Periksa apakah tinggi a lebih besar dari tebal pelat :

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b_e \times (0,85 \times X)$$

$$= 0,85 \times 30 \times 983,33 \times (0,85 \times X) = 21313.678X \text{ N-mm}$$

$$M_n = \frac{177649800}{0,8} = 222062250 \text{ N-mm}$$

$$222062250 = 21313.678X \times \left(535,5 - \frac{0,85 \times X}{2} \right)$$

$$0 = 9058.313 X^2 - 11413474.57X + 222602250$$

dengan rumus ABC didapat :

$$X_{\max} = 19,820 \text{ mm} < t = 120 \text{ mm} \rightarrow \text{T palsu}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00358$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \beta \times 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,75 \times 0,85 \times 0,85 \times \frac{30}{390} \times \frac{600}{600 + 390} = 0,02526$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{b_e}{b_w} \times \frac{a_{\max}}{d}$$

$$= 0,85 \times \frac{30}{390} \times \frac{983,33}{400} \times \frac{19,820}{535,5} = 0,01058 > \rho_{\min}$$

$$\text{syarat : } \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$\text{dipakai : } \rho_{\text{perlu}} = 0,01058$$

$$\text{sebagai syarat tulangan tumpuan positif : } \frac{A_s'}{A_s} = 1$$

tulangan akibat tarik :

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b_w \times d$$

$$= 0,01058 \times 400 \times 535,5 = 2266.236 \text{ mm}^2$$

$$\text{maka digunakan tulangan : atas} = 5 \text{ D25 (2454.369 mm}^2\text{)}$$

$$\text{bawah} = 3 \text{ D25 (1472.622 mm}^2\text{)}$$



Rencana tulangan tumpuan dari momen rencana yang ada pakai :

- tulangan atas = 5 D25 (2454.369 mm²) → $\rho_{act} = \frac{2454.369}{400 \times 535.5} = 0,01146$

- tulangan bawah = 3 D25 (1472.622 mm²) → $\rho'_{act} = \frac{1472.622}{400 \times 535.5} = 0,00687$

Cek kondisi tulangan tekan :

Coba (tulangan tekan leleh) : $\epsilon_s' \geq \epsilon_y$

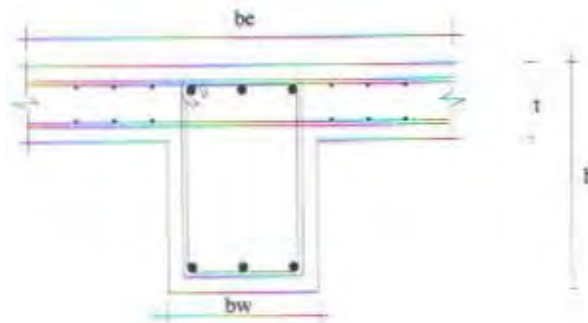
$$(\rho - \rho') \times \left(1 - \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \right) \geq 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c' \times d'}{f_y \times d} \times \left(\frac{600}{600 - f_y} \right)$$

$$(0,01146 - 0,00687) \times \left(1 - \frac{0,85 \times 30}{390} \right) = 0,00429$$

$$0,85 \times 0,85 \times \frac{30 \times 64,5}{390 \times 535,5} \times \left(\frac{600}{600 - 390} \right) = 0,019126$$

karena $0,00429 < 0,019126$, maka tulangan tekan belum leleh

c. Penulangan lentur pada lapangan



- $be \leq \frac{1}{4} \times 7000 = 1750 \text{ mm}$ menentukan !

- $be \leq 400 + (16 \times 120) = 2320 \text{ mm}$

- $be \leq 7000 \text{ mm}$



Momen rencana :

$$\begin{aligned} Mu &= 17.73233 \text{ t-m} \\ &= 177323300 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

Periksa apakah tinggi a lebih besar dari tebal pelat :

$$\begin{aligned} Cc &= 0,85 \times f_c' \times b_e \times (0,85 \times X) \\ &= 0,85 \times 30 \times 1750 \times (0,85 \times X) = 37931,25 X \text{ N} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{177323300}{0,8} = 221654125 \text{ N-mm}$$

$$Mn = Cc \times \left(d - \frac{0,85 X}{2} \right)$$

$$221654125 = 37931,25 X \times \left(535,5 - \frac{0,85 X}{2} \right)$$

$$0 = 16120,78 X^2 - 20312184,38 X + 221654125$$

dengan rumus ABC di dapat :

$$X_{\max} = 11.00 \text{ mm} < t = 120 \text{ mm} \rightarrow \text{T palsu}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{b_e}{b_w} \times \frac{a_{\max}}{d} \\ &= 0,85 \times \frac{30}{390} \times \frac{1750}{400} \times \frac{11.0}{535,5} = 0,00588 > \rho_{\min} \end{aligned}$$

dipakai $\rho_{\min} = 0,00358$

Penulangan tarik :

$$\begin{aligned} As &= \rho_{\text{perlu}} \times b_w \times d \\ &= 0,00588 \times 400 \times 535,5 \\ &= 1259.496 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

maka digunakan tulangan lapangan : atas (tekan) = 3 D25 (1472.622 mm²)

bawah (tarik) = 3 D25 (1472.622 mm²)





6.2.2 Perhitungan Momen Kapasitas

a. Momen Kapasitas Balok Dihitung Dengan Rumus di bawah ini :

$$M_{kap,b} = \phi_o \times M_{n_{ak,b}}$$

dimana :

- $M_{kap,b}$ = momen kapasitas balok (*overstrength moment*)
- ϕ_o = *overstrength factor* (faktor penambahan kekuatan) yang memperhitungkan pengaruh penambahan kekuatan maksimal dari tulangan terhadap kuat leleh yang ditetapkan diambil sebesar 1,25 untuk tulangan dengan $f_y < 400$ Mpa, dan sebesar 1,40 untuk $f_y > 400$ Mpa.
- $M_{n_{ak,b}}$ = kuat lentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan aktual pada penampang balok yang ditinjau

b. Tulangan Longitudinal Balok

Batasan-batasan yang digunakan dalam perhitungan tulangan longitudinal berdasarkan SK SNI'91 pasal 3.14.3.2 (1) yaitu :

1. Minimum batang menerus sepanjang balok dengan jumlah dari tulangan atas maupun bawah tidak boleh kurang ρ_{min} (untuk menjamin $M_{ultimate} > M_{retak}$) dan tidak boleh lebih dari ρ_{max} (untuk menjamin putaran daktilitas-*curvature ductility*) yang cukup untuk daktilitas rencana.
2. Pada sisi muka join, kuat momen positif tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat momen negatif. atau secara pendekatan dapat dinyatakan sebagai berikut :
($\rho_{bawah} > 0,5 \rho_{atas}$)
3. Pada sembarang penampang balok kuat momen positif maupun kuat momen negatifnya tidak boleh kurang dari 0,25 kuat momen maksimum yang terdapat pada luar ujung join, atau secara konservatif dapat dinyatakan : ρ_s (atas atau bawah) $\geq 0,25 \rho_s$ (maks. diujung).
4. Persyaratan no. 2 dan no. 3 diperlukan untuk menjamin tercapainya tingkat daktilitas rencana di daerah sendi plastis. Disamping itu persyatan ini juga



diperlukan untuk kuat lentur yang cukup terhadap beban berbalik (*reserved action*).

c. Tulangan Transversal Balok

Pemasangan tulangan transversal yang memadai di daerah sendi plastis diperlukan agar kapasitas disipasi energi maksimum dapat tercapai. Dalam hal ini tulangan transversal berfungsi untuk :

1. Menahan gaya geser sehingga balok dapat mencapai kapasitas lentur
2. Menjamin kapasitas rotasi pada daerah sendi plastis, yaitu dengan :
 - Mengekang beton pada daerah tekan sehingga mampu meningkatkan deformasi bats dan kekuatan lekatnya.
 - Memberikan dukungan lateral bagi tulangan longitudinal sehingga tekuk dapat dihindari.

Senggang penutup yang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari sisi muka komponen struktur pendukung (SK SNI'91 pasal 3.14.3.3.ayat2).

Spasi maksimum dari senggang tersebut tidak boleh melebihi :

- a. $\frac{1}{4}$ tinggi komponen struktur.
- b. 8 diameter tulangan longitudinal terkecil.
- c. 24 diameter batang senggang.
- d. 200 mm

e.
$$\frac{1600 \times f_{y,t} \times A_{s,t}}{(A_{s,a} + A_{s,b}) \times f_{y,l}}$$

dimana :

$A_{s,t}$ = luas satu kaki dari tulangan transversal mm^2

$A_{s,a}$ & $A_{s,b}$ = luas tulangan longitudinal atas dan bawah

$f_{y,l}$ = kuat lemah tulangan longitudinal, Mpa

$f_{y,t}$ = kuat lemah tulangan transversal, MPa



Contoh perhitungan :

a. Perhitungan M_{kap}(-)

Karena dianggap besarnya tulangan yang terpasang sama dengan tulangan yang diperlukan maka nilai momen leleh negatif diperoleh dari momen nominal balok dimana harus dihitung berdasarkan jumlah tulangan terpakai. Perhitungan Momen Nominal adalah sebagai seperti disain tulangan lentur tetapi rasio tulangan harus dihitung berdasarkan jumlah tulangan tarik dan tekan aktual.

Momen nominal negatif dihitung dengan menganggap balok sebagai balok persegi tanpa memperhitungkan pengaruh tulangan pelat

Asumsi bahwa tulangan tekan (A_s') belum leleh. Dengan keseimbangan gaya,

$T = C_c + C_s$ didapat nilai X

dimana : $T = A_s \times f_y$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times \beta_1 \times b_w \times X$$

$$C_s = A_s' \times (f_s' - 0,85 \times f_c')$$

Adapun cara menentukan X dan nilai f_s' adalah seperti dengan analisa penampang persegi.

Maka dengan data tulangan :

$$\text{- tulangan atas} = 5 \text{ D25 } (2454.369 \text{ mm}^2) \rightarrow \rho_{\text{act}} = \frac{2454.369}{400 \times 535.5} = 0,01146$$

$$\text{- tulangan bawah} = 3 \text{ D25 } (1472.622 \text{ mm}^2) \rightarrow \rho'_{\text{act}} = \frac{1472.622}{400 \times 535.5} = 0,00687$$

$$\text{- } d = 600 - (40 + 12 + 25/2) = 535.5 \text{ mm}$$

$$\text{- } d' = 40 + 12 + (25/2) = 64,5 \text{ mm}$$

Anggap tulangan tarik leleh dan tulangan tekan belum leleh :

$$\epsilon_s' = 0,003 \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right)$$

$$f_s' = 600 \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right)$$

dimana :

$$T = A_s \times f_y$$



$$= 2454.369 \times 390 = 957203.91 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f_c' \times \beta_1 \times b_w \times X \\ &= 0,85 \times 30 \times 0,85 \times 400 \times X \\ &= 8670X \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \times (f_s' - 0,85 \times f_c') \\ &= 1472.622 \times \left[\left(600 \times \left(1 - \frac{64,5}{X} \right) \right) - 0,85 \times 30 \right] \\ &= 846021.339 - 56990471.4/X \end{aligned}$$

$$\Sigma H = 0 \rightarrow C_c + C_s - T = 0$$

$$8760 X + 846021.339 - 56990471.4/X - 957203.91 = 0$$

$$8760 X^2 - 111182.571 X - 56990471.4 = 0$$

dengan rumus ABC didapat :

$$X = 87.254 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 87.254 \times 0,85 = 74.1659 \text{ mm}$$

kontrol :

$$\begin{aligned} \epsilon_s' &= 0,003 \times \left(1 - \frac{64,5}{X} \right) \\ &= 0,003 \times \left(1 - \frac{64,5}{87.254} \right) \\ &= 0,00078 < \epsilon_y = \frac{390}{200000} = 0,00195 \dots\dots\dots \text{Tulangan tekan belum leleh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f_c' \times \beta_1 \times b_w \times X \\ &= 0,85 \times 30 \times 0,85 \times 400 \times 87.254 \\ &= 756492.18 \text{ N} \end{aligned}$$

$$C_s = 846021.339 - 56990471.4/87.254$$

$$C_s = 192865.365 \text{ N}$$

Titik berat tulangan tarik Z

$$Z = \frac{A_{s_{\text{Tulangan Tarik}}} \times d}{A_{s_{\text{Tulangan Tarik}}}} = \frac{2454.369 \times 535.5}{2454.369}$$

$$Z = 535.5 \text{ mm}$$



Momen aktual balok $M_{n_{ak,b}}$

$$\begin{aligned}M_{n_{ak,b}} &= C_c \times \left(Z - \frac{a}{2} \right) + C_s \times (Z - d') \\&= 756492.18 \times \left(535.5 - \frac{74.1659}{2} \right) + 192865.365 \times (535.5 - 64.5) \\&= 467888187.6 \text{ N-mm} \\&= 467.8881876 \text{ KN-m}\end{aligned}$$

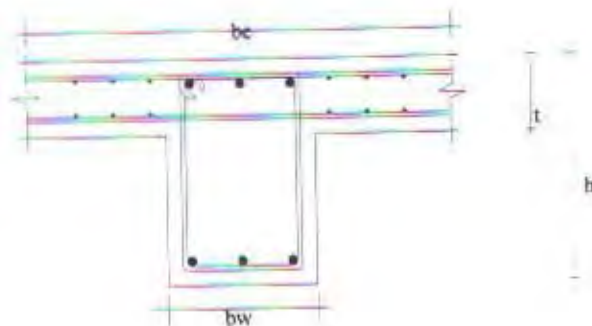
Momen kapasitas balok $M_{k_{ap,b}}$ (-)

$$\begin{aligned}M_{k_{ap,b}} &= OSF \times M_{n_{ak,b}} \\&= 1.25 \times 467888187.6 \\&= 584860234.5 \text{ N-mm} \\&= 584.8602345 \text{ KN-m}\end{aligned}$$

b. Perhitungan M_{kap} (+)

Untuk perhitungan Momen Kapasitas (+) adalah hampir sama dengan cara perhitungan momen kapasitas (-). Dimana dianggap besarnya tulangan yang terpasang sama dengan tulangan yang diperlukan maka nilai momen leleh negatif diperoleh dari momen nominal balok. Dimana harus dihitung berdasarkan jumlah tulangan terpakai. Perhitungan momen nominal sama seperti disain tulangan lentur tetapi rasio tulangan harus berdasarkan jumlah tulangan tarik dan tekan aktual.

Asumsi perhitungan momen nominal positif dihitung dengan menganggap balok sebagai T palsu dan tidak memperhitungkan pengaruh tulangan pelat terhadap kekuatan lentur balok.





$$\epsilon_y = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

$$\epsilon_s = 0,003 \times \left(\frac{64,5}{X} - 1 \right)$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f_c' \times b_c \times (0,85 \times X) \\ &= 0,85 \times 30 \times 1750 \times (0,85 \times X) = 37931,25 X \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_y \\ &= 1472,622 \times 390 = 574322,58 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s \times (\epsilon_s \times E_s) \\ &= 2454,369 \times \left(0,003 \times \left(\frac{64,5}{X} - 1 \right) \times 200000 \right) \\ &= \frac{94984080,3}{X} - 1472621,4 \end{aligned}$$

$$\Sigma H = 0$$

$$C_c + C_s - T = 0$$

$$37931,25 X + 94984080,3/X - 1472621,4 - 574322,58 = 0$$

$$37931,25 X^2 - 898298,82 X - 94984080,3 = 0$$

dengan rumus ABC didapat :

$$X = 63,26 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 63,26 \times 0,85 = 53,771 \text{ mm}$$

kontrol :

$$\epsilon_s = 0,003 \times \left(\frac{64,5}{63,26} - 1 \right)$$

$$= 0,0000588 < \epsilon_y = 0,00195 \rightarrow \text{Tulangan tekan belum leleh}$$

sehingga :

$$C_c = 1525594,875 \text{ N}$$

$$C_s = 28865,8 \text{ N}$$

$$Z = 358 \text{ mm}$$

Maka didapat momen nominal aktual :



$$\begin{aligned}Mn_{ak,b} &= Cc \times \left(Z - \frac{a}{2} \right) + Cs_1 \times (Z - 20) \\ &= 1525594.875 \times \left(358 - \frac{53.771}{2} \right) + 28865.8 \times (358 - 64.5) \\ &= 513618696.5 \text{ N-mm} \approx 513.6186965 \text{ KN-m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{kap,b} &= OSF \times Mn_{ak,b} \\ &= 1,25 \times 513.6186965 \\ &= 642.0234 \text{ KN-m}\end{aligned}$$



6.2.3 Perhitungan Penulangan Geser Balok

Gaya geser balok (V_u) diperoleh dengan menganggap kedua ujung balok dalam keadaan kapasitas dan tidak terjadi keruntuhan geser.

Gaya geser rencana harus diperhitungkan menurut rumus berikut :

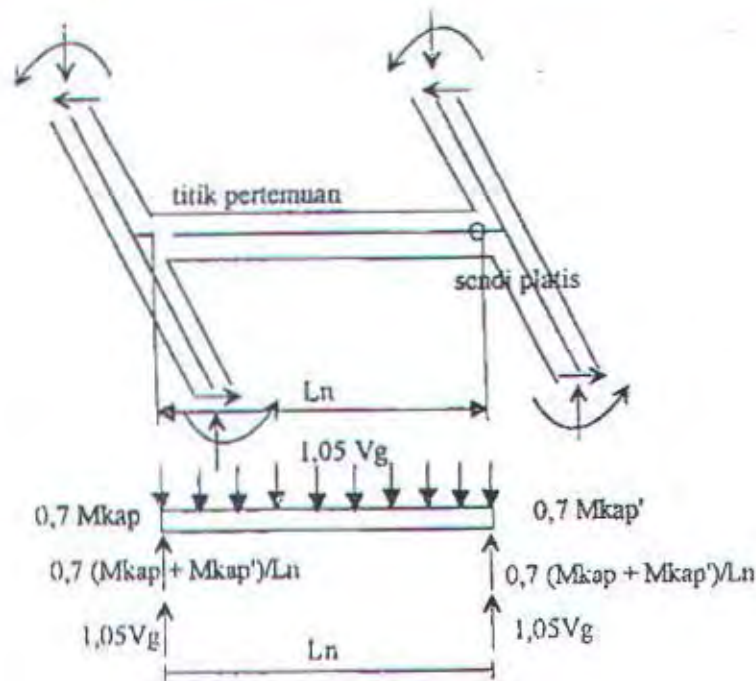
$$V_u = 0,7 \times \frac{M_{kap, b} + M_{kap, b'}}{L_n} + 1,05 \times V_g \dots\dots\dots \text{SK SNI'91 pasal 3.14-19}$$

tetapi tidak lebih dari :

$$V_u = 1,05 \times \left(V_{D, b} + V_{L, b} + \frac{4}{K} \times V_{E, b} \right) \dots\dots\dots \text{SK SNI'91 pasal 3.14-20}$$

dimana :

- M_{kap} = Momen nominal aktual pada ujung komponen dengan memperhitungkan kombinasi momen positif dan momen negatif
- $M_{kap'}$ = Momen kapasitas balok di sendi plastis pada bidang muka kolom disebelahnya
- L_n = Bentang bersih balok
- V_D = Gaya geser balok akibat beban mati
- V_L = Gaya geser akibat beban hidup
- V_g = Gaya geser balok akibat beban gravitasi
- $V_{E, b}$ = Gaya geser akibat beban gempa
- K = faktor jenis struktur ($K > 1$)



Gambar 6.2 Geser Balok

Pemasangan tulangan geser adalah untuk menahan agar keruntuhan yang tidak duktail tidak terjadi sebelum balok mengerahkan kekuatannya. Kuat geser rancang balok harus memenuhi syarat :

$$V_u \leq \phi (V_c + V_s) \quad \dots\dots\dots \text{SK SNI'91 pasal 3.4-1}$$

dimana :

V_c = kuat geser beton (untuk daerah plastis $0 \leq x/d \leq 2h$, $V_c=0$)

V_s = kuat geser tulangan geser, yang diambil sebesar 0,6

Contoh perhitungan :

$$M_{kap,b} = 584.8602345 \text{ KN-m}$$

$$M_{kap,b'} = 642.0234 \text{ KN KN-m}$$

$$V_D = 13.53275 \text{ t} = 13532.75 \text{ kg} = 135327.5 \text{ N}$$

$$V_L = 1.588 \text{ t} = 1588.01 \text{ kg} = 15880.1 \text{ N}$$

$$V_E = 4.351 \text{ t} = 4351.13 \text{ kg} = 43511.3 \text{ N}$$



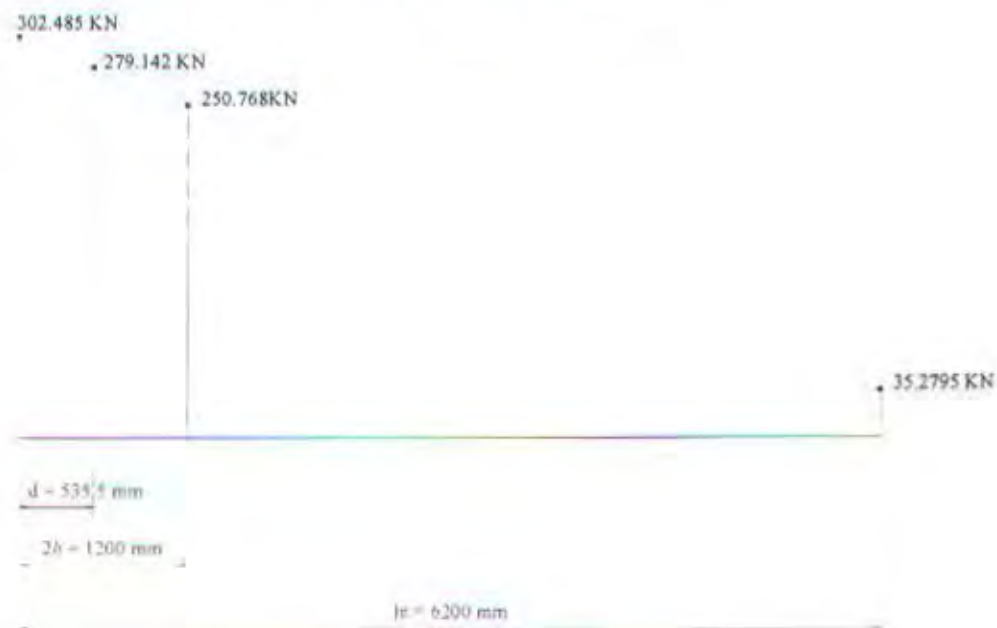
Menentukan besarnya gaya geser :

$$\begin{aligned} V_{u,b} &= 0,7 \times \frac{M_{kaph} + M_{kaph'}}{Ln} + 1,05V_g \\ &= 0,7 \times \frac{584860.2345 + 642023.4}{(7,0 - 0,8)} + 1,05 \times \left(\left(\frac{6,2}{7} \right) \times (135327.5 + 15880.1) \right) \\ &= 279142.1879 \text{ N} \end{aligned}$$

tetapi tidak lebih dari :

$$\begin{aligned} V_{u_{\max}} &= 1,05 \times \left(VD + VL + \frac{4}{K} \times VE \right) \\ &= 1,05 \times \left(\left(\frac{6,2}{7,0} \right) \times \left(135327.5 + 15880.1 + \frac{4}{1} \times 43511.3 \right) \right) \\ &= 302485.104 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena $V_{ub} < V_{u_{\max}}$, maka dipakai $V_{ub} = 279142.1879 \text{ N}$



Gambar 6. Gaya Geser Pada Penampang Kritis dan Daerah Sendi Plastis (Portal E Frame 43 - 44 Balok Melintang)

Gambar 6.3 Gaya Geser Balok Melintang Portal E



A. Penulangan Geser Di Dalam Sendi Plastis

Untuk penulangan di dalam sendi plastis sejauh $2h$ dari muka kolom

$V_c = 0$, sehingga :

$V_{u,b}$ yang dipakai = 279142.1879 N

$$V_s = \frac{279142.1879}{0,6} = 465236.9798 N$$

jarak sengkang (S) :

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$
$$= \frac{(2 \times 113,097) \times 390 \times 535,5}{465236.9798} = 101.539 \text{ mm}$$

jarak sengkang maksimum (S_{max}) pada sendi plastis :

$$S < 200$$

$$S < d/4 = 535,5/4 = 133.875 \text{ mm}$$

$$S < 8 \times D \text{ (tulangan utama)} = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$S < 24 \times D \text{ (tulangan sengkang)} = 24 \times 12 = 288 \text{ mm}$$

Jadi dipakai jarak sengkang = 100 mm

Kontrol kekuatan sengkang dengan tulangan terpasang :

$$V_{u,b}/\phi < V_c + V_s$$

$$V_s(\text{terpasang}) = \frac{2 \times 113,097 \times 390 \times 535,5}{100}$$
$$= 472394.859 \text{ N}$$

$$465236.9798 \text{ N} < 0 + 472394.859 \text{ N} \dots\dots\dots\text{oke!}$$

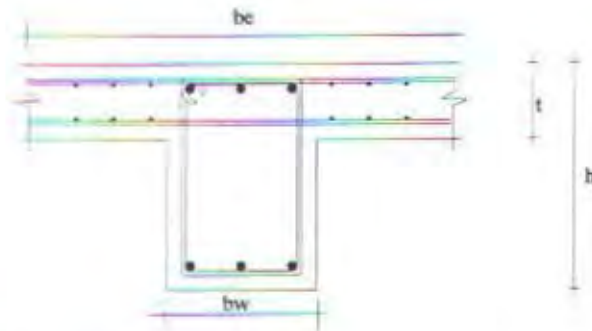
Rencana akhir dipakai sengkang D12-100 mm

B. Penulangan Geser Di Luar Sendi Plastis

Untuk penulangan di luar sendi plastis sejauh $2h$ dari muka kolom,

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d, \text{ sehingga :}$$

$V_{u,b}$ yang dipakai = 250.768 N



$$\begin{aligned}\Sigma x^2 y &= 400^2 \times 600 + (1750 - 400)^2 \times 120 \\ &= 314700000 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ct &= \frac{bw \times d}{\Sigma x^2 \times y} = \frac{400 \times 535.5}{314700000} \\ &= 0,00068 \text{ mm}^{-1}\end{aligned}$$

cek kuat torsi :

$$\begin{aligned}Tu_{\min} &= \phi \times \frac{1}{20} \times \sqrt{f'c'} \times \Sigma x^2 y \\ &= 0,6 \times \frac{1}{20} \times \sqrt{30} \times 314700000 \\ &= 51710486.65 \text{ N-mm} \\ &= 51710.48665 \text{ N-m}\end{aligned}$$

$$TU = 1.2 Td + 1.6 TL$$

Dimana : $Td = \text{Momen Torsi akibat Beban Mati} = 510.97 \text{ Kg. m}$

$TL = \text{Momen Torsi akibat Beban Hidup} = 124.76 \text{ Kg.m}$

$$TU = 1.2(510.97) + 1.6(124.76)$$

$$= 812.78 \text{ Kg m}$$

$$= 8127.8 \text{ N.m}$$

$$TU < \phi \times \frac{1}{20} \times \sqrt{f'c'} \times \Sigma x^2 y$$

$8127.8 \text{ N.m} < 51710.48665 \text{ Nm} \rightarrow$ Tulangan torsi boleh diabaikan sehingga dipasang tulangan torsi praktis saja (2 D12)



$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d}{\sqrt{1 + \left(2,5 \times \left(\frac{T_u}{V_u}\right)\right)^2}}$$
$$= \frac{\frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 535,5}{\sqrt{1 + \left(2,5 \times \left(\frac{8127,8}{250768}\right)\right)^2}} = 195280,690 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_{u,b}}{\phi} - V_c$$
$$= \frac{250768}{0,6} - 195280,690 = 222665,977 \text{ N}$$

$$S = \frac{2 \times 113,097 \times 390 \times 535,5}{222665,977} = 212,15 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum (S_{max}) di luar sendi plastis :

$$S < d/2 = 535,5/2 = 267,75 \text{ mm}$$

$$S < 600 \text{ mm}$$

Jadi dipakai jarak sengkang = 200 mm < $d/2 = 267,75$ mm

Kontrol kekuatan sengkang dengan tulangan terpasang :

$$V_{u,b}/\phi < V_c + V_s$$

$$V_s(\text{terpasang}) = \frac{2 \times 113,097 \times 390 \times 535,5}{200}$$
$$= 236197,430 \text{ N}$$

$$417946,667 \text{ N} < 195280,690 + 236197,430 \text{ N}$$

$$417946,667 \text{ N} < 4311478,12 \text{oke!}$$

Rencana akhir dipakai sengkang D12-200 mm



6.2.4 Perhitungan panjang penyaluran balok

Panjang penyaluran balok induk :

Panjang penyaluran untuk tulangan tarik D25 mm :

$$L_{db} = 0,02 \times 490,63 \times \frac{390}{\sqrt{30}} = 698.69 \text{ mm} \approx 699 \text{ mm}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} L_{db} &= 0,06 \times 25 \times 390 \\ &= 585 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka dipakai $L_{db} = 699 \text{ mm}$

Akibat tulangan atas : $l_d = 1,4 \times 699 = 979 \text{ mm}$

Panjang penyaluran untuk tulangan tekan D25 mm:

$$L_{db} = \frac{25 \times 390}{4 \times \sqrt{30}} = 450 \text{ mm}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} L_{db} &= 0,04 \times 25 \times 390 \\ &= 390 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka dipakai $L_{db} = 699 \text{ mm}$

Panjang penyaluran kait standard dalam tarik :

Panjang penyaluran dasar kait standar (*hook*) dari tulangan D28 mm adalah sebagai berikut :

$$L_{db} = 100 \times \frac{25}{\sqrt{30}} = 456.44 \text{ mm} \approx 460 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran *hook* :

$$\begin{aligned} L_{db} &= 460 \times \frac{390}{400} \times 0,7 \\ &= 314 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} L_{db} &= 8 \times 25 \\ &= 220 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka dipakai $L_{db} = 350 \text{ mm}$



Panjang penyaluran dari tulangan momen positif :

- 150 mm
- $d = 505 \text{ mm}$ menentukan !
- $12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

Panjang penyaluran dari tulangan momen positif :

- $d = 392 \text{ mm}$
- $12 \times 25 = 300 \text{ mm}$
- $\frac{7000}{25} = 280 \text{ mm}$ menentukan !

Kontrol terhadap ledutan balok induk :

$$h_{\min} = \frac{7000}{21} \times \left(0,4 + \frac{390}{700} \right)$$
$$= 319,05 \text{ mm} < h = 600 \text{ mm} \text{oke!}$$

Kontrol terhadap retak balok induk :

$$Z = 234 \times \sqrt{64,5 + 11287,5}$$
$$= 24046,28 \text{ N/mm} = 27,251 \text{ MN/n} < 30 \text{ MN/m} \text{oke!}$$

dimana :

$$f_s = 0,6 \times 390 = 234 \text{ MPa}$$

$$d_c = 40 + 12 + \frac{1}{2} \times 25 = 64,5 \text{ mm}$$

$$A = \frac{2 \times 64,5 \times 350}{4} = 11287,5 \text{ MN/m}$$

$$m = \text{jumlah tulangan tarik di atas} = 4 \text{ batang}$$



6.3 Komponen Struktur Kolom

Dalam perencanaan kolom sebagai komponen struktur yang menerima beban lentur dan aksial harus memenuhi syarat-syarat yang diatur dalam SK SNI-T-15-1991-03 pasal 3.14.4.1 sebagai berikut :

1. Dimensi penampang terpendek diukur pada satu garis lurus yang melalui titik berat penampang dan tidak boleh kurang dari 300 mm
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh kurang dari 0,4
3. Rasio tinggi antar kolom terhadap dimensi penampang kolom yang terpendek tidak boleh lebih besar dari 25. Untuk kolom yang mengalami momen yang dapat berbalik tanda, rasionya tidak boleh lebih besar dari 16. Untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh lebih dari 10.

Dalam segala hal kuat momen lentur dan aksial kolom harus diperhitungkan pula terhadap beban gempa dalam dua arah yang saling tegak lurus (100% arah yang direncanakan – 30% arah tegak lurus)

6.3.1 Perencanaan Kolom Terhadap Beban Lentur Dan Gaya Aksial

Kuat lentur kolom portal harus dihitung berdasarkan terjadinya kapasitas lentur sendi plastis pada kedua ujung balok yang bertemu pada kolom tersebut.

$$\Sigma M_{u,k} \geq 0,7 \omega_d \Sigma M_{kap,b} \quad \dots\dots\dots(\text{SKSNI 3.14-1})$$

tetapi dalam segala hal :

$$\Sigma M_{u,k} = 1,05 \Sigma \left(M_{D,K} + M_{L,K} + \frac{4,0}{K} M_{E,K} \right) \dots\dots\dots(\text{SKSNI 3.14-2})$$

dan :

$$M_{kap,b} = \phi_o \cdot Mn_{ak,b} \quad \dots\dots\dots(\text{SKSNI 3.14-3})$$

dimana :

$\Sigma M_{u,k}$ = jumlah momen rencana kolom pada pusat join. Kuat lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial berfaktor yang konsisten dengan arah dari gaya lateral yang ditinjau.



- ω_d = adalah koefisien pembesar dinamis yang memperhitungkan pengaruh dari terjadinya sendi plastis pada struktur secara keseluruhan = 1,3
- $\Sigma M_{kap,b}$ = jumlah momen kapasitas balok pada pusat join yang berhubungan dengan kapasitas lentur aktual dari balok (untuk jumlah luas tulangan yang sebenarnya terpasang)
- $M_{D,K}$ = momen pada kolom akibat beban mati
- $M_{I,K}$ = momen pada kolom akibat beban hidup
- $M_{E,K}$ = momen pada kolom akibat beban gempa besar (tanpa faktor pengali tambahan)
- K = faktor jenis struktur
- ϕ_o = faktor penambahan kekuatan (*overstrangth factor*). Faktor yang memperhitungkan pengaruh penambahan kekuatan maksimal dari tulangan terhadap kuat leleh yang diterapkan diambil sebesar 1,25 untuk tulangan dengan f_y 400 Mpa, 1,4 untuk f_y 400 Mpa.
- $M_{nakt,b}$ = kuat momen lentur nominal aktual balok yang dihitung terhadap luas tulangan yang sebenarnya ada pada penampang balok yang ditinjau.

Nilai $\Sigma M_{kap,b}$ (+) dan $\Sigma M_{kap,b}$ (-) di kiri dan kanan join yang dihitung bolak-balik untuk arah x dan y. Dalam hal ini dilakukan *ekstrapolasi linier* terlebih dahulu untuk menentukan nilai momen kapasitas balok pada pusat join yang dihitung dari muka join sebelah kiri maupun kanan.

$$M_{kap,b} (+) \text{ pusat join} = \frac{L_b}{L_{n,b}} \times M_{kap,b} (+) \text{ muka join}$$

$$M_{kap,b} (-) \text{ pusat join} = \frac{L_b}{L_{n,b}} \times M_{kap,b} (-) \text{ muka join}$$

dimana :

L_b = bentang balok dari as ke as balok



L_{nb} = bentang bersih dari balok yang berada disebelah kiri maupun kanan dari join yang ditinjau.

Jadi nilai $\Sigma M_{kap,b}$ disetiap lantai - i adalah :

$\Sigma M_{kap,b} = \Sigma M_{kap,b}$, yang terbesar pada pusat join

$\Sigma M_{kap,b} = \Sigma M_{kap,b} (+) + \Sigma M_{kap,b} (-)$

Apabila kekuatan relatif dari unsur-unsur yang bertemu di setiap join diperhitungkan maka besarnya nilai momen rencana kolom menurut SK SNI'91 pasal 3.14 - 2.2 (saat gempa memukul 100% arah X dan 30% arah Y, sebaliknya):

$$\mu_{u,kx} = 0,7 \times \omega_d \times \frac{h_n}{h} \times \alpha_k \times \left[\sum \frac{L_{n,b}}{L_{n,b}} \times M_{kap,x} + 0,3 \sum \frac{L_{n,b}}{L_{n,b}} \times M_{kap,y} \right]$$

$$\mu_{u,ky} = 0,7 \times \omega_d \times \frac{h_n}{h} \times \alpha_k \times \left[0,3 \sum \frac{L_{n,b}}{L_{n,b}} \times M_{kap,x} + \sum \frac{L_{n,b}}{L_{n,b}} \times M_{kap,y} \right]$$

tetapi dalam segala hal tidak perlu lebih besar dari (saat gempa memukul dengan $\alpha = 0^\circ$, sebaliknya):

$$\mu_{u,kx} = 1,05 \times \left[M_{D,x} + M_{Lr,x} + \frac{4}{K} \times \left(M_{E,x(\alpha=0^\circ)} + 0,3M_{E,y(\alpha=90^\circ)} \right) \right]$$

$$\mu_{u,kx} = 1,05 \times \left[M_{D,y} + M_{Lr,y} + \frac{4}{K} \times \left(0,3M_{E,x(\alpha=0^\circ)} + M_{E,y(\alpha=90^\circ)} \right) \right]$$

dimana :

0,7 = faktor reduksi kekuatan

h_n = tinggi bersih kolom

l_n = bentang bersih balok

ω_d = faktor pembesaran dinamis

α_k = faktor distribusi momen dari kolom yang nilainya sebanding dengan kelakuan relatif dari unsur-unsur yang bertemu pada titik itu.

Nilai faktor distribusi momen dari kolom yang ditinjau adalah :

$$\alpha_{ka} = \frac{M_{E, \text{kolom level}(i), \text{atas}}}{M_{E, \text{kolom level}(i), \text{atas}} + M_{E, \text{kolom level}(i+1), \text{bawah}}}$$



Penulangan lentur kolom

Rasio penulangan lentur kolom disyaratkan antara 1% dan tidak perlu lebih dari 8% dari luas bruto penampang kolom (SK SNI'91 pasal 3.3.9-1). Tulangan minimum ditunjukkan untuk mencegah terjadinya retak akibat rangkakan (*creep*).

Langkah-langkah perencanaan :

1. Karena "kolom *unbraced*", maka perlu dicari faktor tekuk (k)
2. Tetapkan apakah kolom termasuk kolom pendek atau kolom panjang. Peninjauan ini dilakukan pada kedua arah sumbu global. Ini sebagai langkah keamanan. Jika kolom termasuk "kolom pendek" maka tidak perlu dilakukan pembesaran momen dan sebaliknya untuk kolom panjang.
3. Momen yang didapat dari langkah kedua perlu dikontrol dengan eksentrisitas minimum.

$$\frac{M_{u,k}}{N_{u,k}} \geq 0,1 \times h$$

Kemudian dihitung momen ekuivalensi momen dua arah (*biaksial*) dijadikan satu arah.

Rumus yang digunakan : (*Salmon* persamaan 13.21.17 dan 18)

$$M_{oe} = M_{u,x} + M_{u,y} \times \frac{b}{h} \times \frac{1-\beta}{\beta} \rightarrow \text{untuk } M_{u,x} > M_{u,y}$$

$$M_{oe} = M_{u,x} + M_{u,y} \times \frac{h}{b} \times \frac{1-\beta}{\beta} \rightarrow \text{untuk } M_{u,x} < M_{u,y}$$

dimana : $\beta = 0,65$

Untuk harga ρ_{perlu} dari diagram interaksi M-N empat sisi berdasarkan mutu beton dan baja tulangan yang sesuai dengan :

$$\text{- untuk sumbu ordinat : (Y) } \rightarrow K = \frac{N_{u,k}}{f_c' \times A_g}$$

$$\text{- untuk sumbu absis : (X) } \rightarrow K = \frac{M_{u,k}}{f_c' \times A_g \times h}$$

Luas tulangan perlu : $A_s = \rho_{\text{perlu}} \times A_g$

Kontrol dengan *Bresier Resiprokal*



Salah satu teori dalam pengecekan kolom yang mengalami momen dari dua arah (*biaksial – bending*)

$$\phi P_{no} = 0,85 \times \phi \times [0,85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}]$$

$$P_{ada} = \frac{A_{st\text{terpasang}}}{A_g}$$

Kekuatan penampang tekan yang memperoleh gaya aksial dan momen lentur dalam dua arah sumbu utama dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{n,b} = \frac{1}{P_{n,x} + P_{n,y} - P_{n,o}} \geq P_{n,ada}$$

dimana :

- $P_{n,x}$ = gaya aksial nominal dengan eksentrisitas x
- $P_{n,y}$ = gaya aksial nominal dengan eksentrisitas y
- $P_{n,o}$ = kekuatan nominal tanpa eksentrisitas.

Nilai $P_{n,x}$ dan $P_{n,y}$ diperoleh dari diagram interaksi M-N non dimensi. Dengan mengetahui nilai $\frac{e_x}{h}$ dan $\frac{e_y}{h}$ terlebih dahulu didapat sumbu ordinat (nilai ???? sehingga $P_{n,x}$ dan $P_{n,y}$ akan didapat dari persamaan tersebut dengan memasukkan harga K :

$$P_{n,x} = K \times A_g \times f_c'$$

$$P_{n,y} = K \times A_g \times f_c'$$

Perhitungan kelangsingan kolom :

$$k \times \frac{L_u}{r}$$

dimana :

- k = faktor tekuk
- r = radius girasi ($\sqrt{I/A}$), pada komponen struktur tekan persegi boleh diambil sama dengan $0,3 \times h$. Pada komponen struktur kolom bulat $0,25 \times d$
- L_u = tinggi bersih dari komponen struktur tekan



Berdasarkan SKSNI'91 pasal 3.3.11.2 (1-2), komponen struktur tekan dibedakan dua :

- Struktur dengan pengaku (*Braced Frame*)

Faktor panjang efektif k harus diambil sama dengan 1, kecuali bila analisa menunjukkan bahwa suatu nilai yang lebih kecil boleh digunakan.

- Struktur tanpa pengaku (*Unbraced Frame*)

Faktor tekuk (k) harus ditentukan dengan mempertimbangkan pengaruh dari keretakan dan tulangan terhadap kelakuan relatif dengan bantuan *nomogram* (grafik alignment) dengan prosedur pemakaian grafik sebagai berikut :

$$\mu = \frac{\sum \frac{E I_c}{L \text{ kolom}}}{\sum \frac{E I_c}{L \text{ balok}}}$$

dimana :

$$EI_{\text{balok}} = 0,5 \times 4700 \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{1}{12} \times b \times h^3 \right)$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{\left(E_c \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \right)}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{1,2D}{1,2D + 1,6D}$$

Faktor tekuk (k) merupakan fungsi dari :

Tingkat penjepitan ujung atas (μ_A) dan tingkat penjepitan ujung bawah (μ_B)

Nilai dari faktor tekuk (k) dapat diperoleh dari nomogram dari "*Struktural Stability Reseach Council Guide*" dengan nilai μ_A dan μ_B .

Pada peletakan jepit (μ) = 1

Batasan perbandingan kelangsingan kolom pendek

Pengaruh kelangsingan dapat diabaikan jika memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (SKSNI – T – 15 1991 – 03 pasal 3.3.11.4) :

a. Portal dengan pengaku (*braced*) :

$$\frac{K \times Lu}{r} < 34 - 12 \times \frac{M1b}{M2b}$$



b. Portal tanpa pengaku (*unbraced*) :

$$\frac{K \times Lu}{r} < 22$$

dengan :

$$[M1b] > [M2b]$$

$$\frac{M1b}{M2b}, \text{ bernilai positif untuk kelengkungan tunggal}$$

- Bila bidang momen lentur mempunyai momen maksimum tidak pada ujung maka

$$\text{nilai } \frac{M1b}{M2b} \text{ diambil} = 1$$

- Juga bila kedua ujung tidak ada atau tidak diketahui besar momennya maka nilai

$$\frac{M1b}{M2b} \text{ diambil} = 1$$

Perhitungan Kolom Panjang (Bahaya Tekuk)

Untuk komponen struktur tekan dimana pengaruh kelangsingan tidak boleh diabaikan

dan $\frac{K \times Lu}{r} < 100$, struktur tersebut boleh diperhitungkan dengan metode pembesaran

momen pada SKSNI'91 pasal 3.3.11.5 :

- Metode Pembesaran Momen

a. Untuk *braced frame*

$$\text{Rumus : } M_c = \delta_b \times (M1b + M2b)$$

$$M_c = \delta_b \times M_u$$

Catatan :

Pada *braced frame* tidak perlu dipisahkan antara momen yang menimbulkan *sideway* atau tidak

b. Untuk *unbraced frame*

$$\text{Rumus : } M_c = \delta_b \times M2b + \delta_s \times M2s$$

dengan :

M_c = momen rencana kolom setelah diperbesar

$M2b$ = Momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban gravitasi



M_{2s} = Momen berfaktor terbesar pada ujung kolom akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping seperti beban gempa

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \times P_c}} \geq 1,0$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum M_u}{\phi \times \sum P_c}} \geq 1,0$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_n)^2}$$

C_m = faktor pembesaran momen, nilainya adalah sebagai berikut :

$$= 0,6 + \frac{0,4 \times M_{1b}}{M_{2b}} > 0,4$$

Pengertian $\sum P_c$ dan $\sum P_u$ adalah penjumlahan dari harga P_c dan P_u semua kolom dalam satu tingkat.





6.3.2 Contoh Perhitungan Kolom

6.3.2.1 Perhitungan Kolom Interior Portal E Frame 1558

Data kolom lantai 2

- Dimensi	= 80 x 80 cm	- Mutu beton (f_c')	= 30 Mpa
- h	= 5 m	- Mutu baja (f_y)	= 390 Mpa
- hn	= 4.40 m	- Tulangan Utama	= D-25
- decking	= 40 mm	- Sengkang	= D-12

Arah X :

Mkap,b (-) kiri	= 383,037718 KN-m
Mkap,b (+) kiri	= 229,921980 KN-m
Mkap,b (-) kanan	= 383,037718 KN-m
Mkap,b (+) kanan	= 292,921980 KN-m

Arah Y :

Mkap,b (-) kiri	= 693,472805 KN-m
Mkap,b (+) kiri	= 451,775660 KN-m
Mkap,b (-) kanan	= 693,472805 KN-m
Mkap,b (+) kanan	= 451,775660 KN-m

A. Momen Rencana Kolom

Ic bottom = Ic kolom

$$Ic \text{ bottom} = Ic \text{ top} = 1/12 \times 800 \times 800^3 = 3,413.10^{10}$$

$$\alpha = \frac{Ic \text{ bottom} / Lc \text{ bottom}}{(Ic \text{ top} / Lc \text{ top}) + (Ic \text{ bottom} / Lc \text{ bottom})}$$

$$\alpha_{atas} = \frac{3,413.10^{10} / 4400}{(3,413.10^{10} / 4400) + (3,413.10^{10} / 4400)} = 0,5$$

$$\alpha_{bawah} = \frac{3,413.10^{10} / 4400}{(3,413.10^{10} / 4400)} = 1$$



Momen rencana arah X

$$\begin{aligned} Mu_{k(x)} \text{ bawah} &= 0,7 \times 1,0 \times \frac{4,400}{5} \times 1 \times \left(\frac{7}{6,2} \times (383,037718 + 229,921980) \right) \\ &= 426.3035835 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu_{k(x)} \text{ atas} &= 0,7 \times 1,3 \times \frac{4,400}{5} \times 0,5 \times \left(\frac{7}{6,2} \times (383,037718 + 229,921980) \right) \\ &= 277.0973293 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Momen rencana arah Y

$$\begin{aligned} Mu_{k(y)} \text{ bawah} &= 0,7 \times 1,0 \times \frac{4,400}{5} \times 1 \times \left(\frac{7}{6,2} \times (693,472805 + 451,775660) \right) \\ &= 796.5018356 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu_{k(y)} \text{ atas} &= 0,7 \times 1,3 \times \frac{4,400}{5} \times 0,5 \times \left(\frac{7}{6,2} \times (693,472805 + 451,775660) \right) \\ &= 517.7261932 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Kolom bawah :

Gempa memukul, 100% arah X + 30% arah Y

$$\begin{aligned} \text{Mu bawah} &= \text{Mu } k(x) + 0,3 \text{ Mu } k(y) \\ &= 426.3035835 + (0,3 \times 796.5018356) = 665.2541342 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Gempa memukul, 100% arah Y + 30 % arah X

$$\begin{aligned} \text{Mu bawah} &= \text{Mu } k(y) + 0,3 \text{ Mu } k(x) \\ &= 796.5018356 + (0,3 \times 426.3035835) = 924.3929107 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Kolom atas :

Gempa memukul, 100% arah X + 30% arah Y

$$\begin{aligned} \text{Mu atas} &= \text{Mu } k(x) + 0,3 \text{ Mu } k(y) \\ &= 277.0973293 + (0,3 \times 517.7261932) = 432.4151873 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Gempa memukul, 100% arah Y + 30 % arah X

$$\begin{aligned} \text{Mu atas} &= \text{Mu } k(x) + 0,3 \text{ Mu } k(y) \\ &= 517.7261932 + (0,3 \times 277.0973293) = 600.855392 \text{ KN-m} \end{aligned}$$



Jadi momen rencana kolom :

$$M_{u,k-atas} = 600.855392 \text{ KN-m}$$

$$M_{u,k-bawah} = 924.3929107 \text{ KN-m}$$

B. Gaya Aksial Kolom

Arah X

$$\begin{aligned} N_{g,kolom} &= N_D + N_{L,r} \\ &= 363665.35 \text{ kg} + 32389.63 \text{ kg} = 396054.98 \text{ kg} = 3960.5498 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$N_{E,kolom} = 64447.06 \text{ kg} = 644.4706 \text{ KN}$$

Arah Y

$$\begin{aligned} N_{g,kolom} &= N_D + N_{L,r} \\ &= 363665.35 \text{ kg} + 32389.63 \text{ kg} = 396054.98 \text{ kg} = 3960.5498 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$N_{E,kolom} = 11950.23 \text{ kg} = 119.5023 \text{ KN}$$

Gaya aksial rencana arah X

(gempa memukul 100% arah X dan 30% arah Y)

$$R_v = 1,1 - 0,025 \times 9 = 0.875$$

$$\begin{aligned} N_{u,kx} &= 0,7 \times 0,875 \times \left[\left(\frac{7}{6,2} \right) \left(\frac{383,037718 + 229,921980}{6,2} \right) + 0,30 \left(\frac{693,472805 + 451,775660}{6,2} \right) \right] + \\ &\quad (1,05 \times 3960.5498) = 4687,658475 \text{ KN} \end{aligned}$$

Gaya aksial rencana arah Y :

(gempa memukul 100% arah Y dan arah 30% arah X)

$$\begin{aligned} N_{u,ky} &= 0,7 \times 0,875 \times \left[\left(\frac{7}{6,2} \right) \times 0,30 \times \left(\frac{383,037718 + 229,921980}{6,2} \right) + \left(\frac{693,472805 + 451,775660}{6,2} \right) \right] + \\ &\quad (1,05 \times 3960.5498) = 4292.227146 \text{ KN} \end{aligned}$$

Gempa memukul, 100% arah X + 30% arah Y

$$\begin{aligned} N_{u,x} &= N_{u,k(x)} + 0,3 N_{u,k(y)} \\ &= 4687.658475 + (0.3 \times 4292.227146) = 5975.326619 \text{ KN} \end{aligned}$$

Gempa memukul, 100% arah Y + 30% arah X

$$\begin{aligned} N_{u,y} &= N_{u,k(y)} + 0,3 N_{u,k(x)} \\ &= 4292.227146 + (0.3 \times 4687.658475) = 5698.524703 \text{ KN} \end{aligned}$$



Jadi gaya aksial rencana kolom :

- Nu,k-x atas = 5975.326619 KN
- Nu,k-y atas = 5698.524703 KN . Penulangan lentur kolom
- Ukuran kolom = (80 x 80) cm
- Mutu beton, f_c' = 30 Mpa
- Mutu baja tulangan, f_y = 390 Mpa
- Decking = 40 mm
- Tulangan utama = D-28
- Tulangan sengkang = D-12
- $d' = 40 + 12 + 28/2 = 66$ mm
- $d = 800 - 66 = 734$ mm

- Cek perbandingan kelangsingan :

$$\begin{aligned}k &= 1 && \text{.....SK SNI'91 pasal 3.3.11.2.(1)} \\L_n &= 440 \text{ cm} \\r &= 0,3 \times h = 0,3 \times 80 \\&= 24 \text{ cm} \\k \times \frac{L_n}{r} &= 1 \times \frac{440}{24} \\&= 18.33\end{aligned}$$

Batasan kolom pendek tanpa pengaku(Unbraced) :

$$\begin{aligned}k \times \frac{L_n}{r} &\leq 22 \\18.33 &\leq 22 \rightarrow \text{Kolom pendek}\end{aligned}$$

Karena termasuk kolom pendek maka tidak perlu diperhitungkan bahaya tekuknya.

- Rencana tulangan perlu kolom

$$M_u = 892,87 \text{ KN-m}$$

$$P_u = 6118,90 \text{ KN}$$

$$K_x = \frac{M_u}{\phi \times A_g \times h} = \frac{892870000}{0,65 \times 800^2 \times 800} = 2.68$$



$$K_y = \frac{Pu}{\phi \times A_g} = \frac{6118904}{0,65 \times 800^2} = 14.70$$

Dari diagram interaksi M-N non dimensi untuk f_y 350 MPa : nilai $\rho = 0,024$

Dari diagram interaksi M-N non dimensi untuk f_y 400 MPa : nilai $\rho = 0,024$

Hasil Interpolasi nilai ρ untuk f_y 390 MPa adalah = 0.024

$$A_s = \rho \times A_g$$

$$= 0,024 \times 800^2$$

$$= 15360 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{maka kolom pakai tulangan 26 D28 (} A_s = 16009.556 \text{ mm}^2 \text{)}$$

6.3.3 Perencanaan Kolom Terhadap Geser

A. Gaya Geser Rencana Kolom

Gaya geser rencana V_u harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut

(SK SNI'91 pasal 3.14.7-1.2) :

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,ka} + M_{u,kb}}{h_n}$$

tetapi perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05 \times (V_{D,k} + V_{L,k} + 4/1 \times V_{E,k})$$

dimana :

$M_{u,ka}$ = Momen rencana kolom pada ujung atas kolom pada bidang muka balok

$M_{u,kb}$ = Momen rencana kolom pada ujung bawah kolom pada bidang muka balok

h_n = tinggi bersih dari kolom yang ditinjau

Akan tetapi pada lantai dasar dan lantai paling yang memperbolehkan terjadinya sendi plastis pada kolom, gaya geser rencana kolom dihitung berdasarkan momen kapasitas dari kolom.

$$V_{u,k} \text{ (lantai dasar)} = \frac{M_{u,ka} \text{ lantai 1} + M_{kap,k} \text{ lantai 1}}{h_n}$$

$$V_{u,k} \text{ (lantai atas)} = \frac{1}{h_n} \times (2 \times M_{kap,k} \text{ lantai atas})$$



B. Konsep Geser Nominal

$$V_n = V_c + V_s = \frac{V_{u,k}}{\phi}$$

SK SNI'91 pasal 3.14.7-2.2.1 menjelaskan bahwa asumsi nilai $V_c = 0$ untuk lokasi berpotensi sendi plastis. Untuk daerah diluar sendi plastis kontribusi V_c tetap diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g}\right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \times b_w \times d \quad \dots\dots \text{SK SNI'91 pasal 3.4.3-1.2}$$

dengan :

N_u = gaya aksial minimum yang terjadi pada kolom yang ditinjau

Kuat geser yang dipukul tulangan geser :

$$V_s = V_n - V_c$$

C. Tulangan Transversal

Pada SK SNI'91 pasal 3.14.4-4.2 menjelaskan bahwa tulangan transversal pada daerah sendi plastis potensial harus dipasang dengan spasi tidak melebihi :

- $\frac{1}{4}$ dimensi kolom terkecil
- 8 kali diameter tulangan memanjang
- 100 mm

Pada SK SNI'91 pasal 3.14.4-4.4 menjelaskan bahwa tulangan transversal ini dipasang lo dari muka yang ditinjau. Panjang lo tidak boleh kurang dari :

- Tinggi komponen dimensi srtuktur untuk :

$$N_{u,k} \leq 0,3 \times A_g \times f_c'$$

- 1,5 kali tinggi komponen dimensi struktur untuk :

$$N_{u,k} > 0,3 \times A_g \times f_c'$$

- Bentang bersih dari komponen struktur
- 450 mm



D. Mencari Momen Nominal Aktual

Cara perhitungan momen nominal aktual untuk kolom ataupun momen kapasitas kolom adalah sama dengan perhitungan momen kapasitas untuk balok induk.

Contoh perhitungan tulangan geser :

$$M_{u,k-atas} = 600.855392 \text{ KN-m}$$

$$M_{u,k-bawah} = 924.3929107 \text{ KN-m}$$

$$\begin{aligned} V_{u,k} &= \frac{M_{u,ka} + m_{u,kb}}{h_n} \\ &= \frac{600.855392 + 924.3929107}{4.40} \\ &= 346.6473416 \text{ KN} = 346647.3416 \text{ N} \end{aligned}$$

tidak boleh melebihi :

$$V_{u,k} = 1,05 \times (V_{D,k} + V_{L,k} + 4/1 \times V_{E,k})$$

dimana :

$$V_{D,k} = 12511.18 \text{ kg} = 125111.8 \text{ N}$$

$$V_{L,k} = 289.64 \text{ kg} = 2896.4 \text{ N}$$

$$V_{E,k} = 92913.58 \text{ kg} = 929135.8 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_{u,k \text{ max}} &= 1,05 \times (125111.8 + 2896.4 + (4/1 \times 929135.8)) \\ &= 4036778.97 \text{ N} = 4036.77897 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_u \text{ yang dipakai} = 346.6473416 \text{ KN}$$

Penulangan geser kolom lantai 2 :

- Untuk daerah plastis

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{346647.3416}{0,65} = 533303.6025 \text{ N}$$

$$S = \frac{2 \times 113,097 \times 390 \times 734}{533303.6025} = 121.414 \text{ mm} > 100 \text{ mm} \dots \text{dipakai jarak maksimum.}$$

Maka dipakai tulangan sengkang D12-100



- Untuk luar daerah plastis :

Dengan memperhitungkan geser beton :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \quad \dots\dots \text{SK SNI'91 pasal 3.4.3-1.2}$$

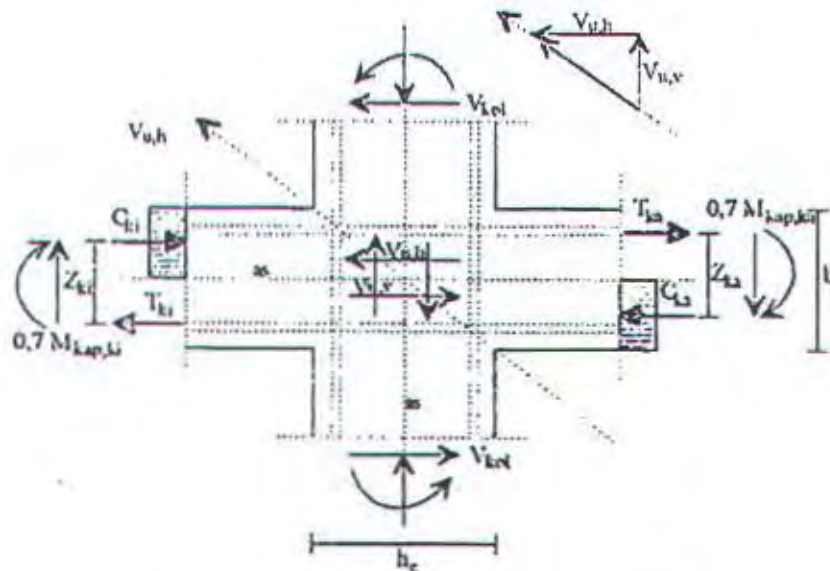
$$V_c = \left(1 + \frac{346647.3416}{14 \times 800^2} \right) \times \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{30} \right) 800 \times 734$$
$$= 556776.211 \text{ N}$$

$$V_s = V_n - V_c;$$

karena $V_{u_{kolom}} < V_c$, dipasang tulangan geser maksimum.

Maka dipakai tulangan sengkang D 12 – 200

6.4 Perencanaan Pertemuan Balok Dan Kolom



Gambar 6.4 Pertemuan balok dan kolom

Contoh perhitungan :

- data balok :

$$\text{dimensi balok : } b = 400 \text{ mm} \quad L_{,ka} = L_{,ki} = 7,0 \text{ m}$$
$$h = 600 \text{ mm} \quad L_{n,ka} = L_{n,ki} = 6,2 \text{ m}$$

$$Z_{,ki} - x, y = Z_{,ka} - x, y = d - d' = 535,5 - 64,5 = 471 \text{ mm}$$



Arah X

$$\begin{aligned}C_{,ki} = T_{,ki} &= 0,7 \times \frac{M_{kap, ki}}{Z_{,ki}} \\ &= 0,7 \times \frac{383,037718}{0,471} = 569,270 \text{KN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{,ka} = T_{,ka} &= 0,7 \times \frac{M_{kap, ka}}{Z_{,ka}} \\ &= 0,7 \times \frac{383,037718}{0,471} = 569,270 \text{KN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{,kol} &= \frac{0,7 \left(\frac{l_{ki}}{l_{ki,n}} M_{kap,ki} + \frac{l_{ki}}{l_{ki,n}} M_{kap,ka} \right)}{0,5(hk, a + hk, b)} \\ &= \frac{0,7 \left(\frac{7}{6,2} \times 383,037718 + \frac{7}{6,2} \times 383,037718 \right)}{0,5 \times (5 + 5)} = 121.0893431 \text{KN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{jh-x} &= C_{,ki} + C_{,ka} - V_{kol-x} \\ &= 569,270 + 569,270 - 121.0893431 = 1017.450657 \text{KN}\end{aligned}$$

Arah Y

$$M_{kap, b (-) \text{ kiri}} = 693,472805 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}C_{,ki} = T_{,ki} &= 0,7 \times \frac{M_{kap, ki}}{Z_{,ki}} \\ &= 0,7 \times \frac{693,472805}{0,471} = 1030,640 \text{KN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}C_{,ka} = T_{,ka} &= 0,7 \times \frac{M_{kap, ka}}{Z_{,ka}} \\ &= 0,7 \times \frac{693,472805}{0,471} = 1030,640 \text{KN}\end{aligned}$$

$$V_{kol-y} = \frac{0,7 \left(\frac{7,0}{6,2} \times 693,472805 + \frac{7,0}{6,2} \times 693,472805 \right)}{0,5 \times (5 + 5)} = 219.2268868 \text{KN}$$



$$V_{jh-y} = C_{ki} + C_{ka} - V_{kol-y}$$
$$= 1030,640 + 1030,640 - 219.2268868 = 1842.053113 \text{ KN}$$

Karena $V_{jh,x} < V_{jh,y}$ maka diambil $V_{jh,y}$

$$V_{jv} = \frac{b_j}{h_c} \times V_{jh} = \frac{600}{800} \times 1842.053113 = 1381.539835 \text{ KN}$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$V_{jh} = \frac{V_{jh}}{b_j \times h_c} \leq 1,5 \times \sqrt{f_c'}$$
$$= \frac{1842053.113}{600 \times 800} = 3,840 \text{ MPa} \leq 1,5 \times \sqrt{30} = 8,21 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots\text{oke!}$$

Penulangan geser join balok kolom :

$$N_{u,k} = 5975.326619 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{u,k}}{A_g} = \frac{5975326.619}{800 \times 800} = 9,336 \text{ MPa} > 0,1 \times 30 = 3,00 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots\text{oke!}$$

A. Perhitungan Tulangan Geser Horizontal

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \times \sqrt{\left(\frac{N_{u,k}}{A_g} - 0,1 \times f_c'\right)} \times b_j \times h_c$$
$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{(9,336 - 3)} \times 800 \times 800 = 1073980.261 \text{ N}$$

$$V_{sh} = V_{jh} - V_{ch}$$
$$= 1842053.113 - 1073980.261 = 768072.852 \text{ N}$$

$$A_{jh} = \frac{V_{sh}}{f_y} = \frac{768072.852}{390} = 1969.418 \text{ mm}^2$$

digunakan sengkang D12, $A_{st} = 113,097 \text{ mm}^2$

Rencana dipakai sengkang rangkap 4, tulangan D12 ($A_s \text{ ada} = 452,388 \text{ mm}^2$)

Jumlah lapis sengkang (n) :

$$n = \frac{1969.418}{452,388} = 4,35 \approx 5 \text{ lapis}$$



B. Perhitungan Tulangan Geser Vertikal

$$\begin{aligned}V_{cv} &= V_{jh} \times \left(0,6 + \frac{N_{u,k}}{f_c' \times A_g} \right) \\ &= 1842053.113 \times \left(0,6 + \frac{5975326.619}{30 \times 800 \times 800} \right) \\ &= 1678506.295 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{sv} &= V_{jh} - V_{cv} \\ &= 1842053.113 - 1678506.295 = 163546.8183 \text{ N}\end{aligned}$$

$$A_{jv} = \frac{V_{sv}}{f_y} = \frac{163546.8183}{390} = 4198350 \text{ mm}$$

digunakan sengkang D12, $A_{st} = 113,097 \text{ mm}$

Rencana dipakai sengkang rangkap 3, tulangan D12 ($A_s \text{ ada} = 339,12 \text{ mm}^2$)

$$n = \frac{419.350}{339.291} = 1,240 \approx 2 \text{ lapis}$$



6.3.2.1 Perhitungan Kolom Exterior Portal E Frame 1427

Data kolom lantai 2

- Dimensi	= 80 x 80 cm	- Mutu beton (f_c')	= 30 Mpa
- h	= 5 m	- Mutu baja (f_y)	= 390 Mpa
- hn	= 4.40 m	- Tulangan Utama	= D-25
- decking	= 40 mm	- Sengkang	= D-12

Arah X :

Mkap,b (-) kiri	= 661.2410 KN-m
Mkap,b (+) kiri	= 525.2144 KN-m
Mkap,b (-) kanan	= 855.013 KN-m
Mkap,b (+) kanan	= 761.3371 KN-m

Arah Y :

Mkap,b (-) kanan	= 390.5108 KN-m
Mkap,b (+) kanan	= 160.9764 KN-m

A. Momen Rencana Kolom

Ic bottom = Ic kolom

$$Ic \text{ bottom} = Ic \text{ top} = 1/12 \times 800 \times 800^3 = 3,413.10^{10}$$

$$\alpha = \frac{Ic \text{ bottom} / Lc \text{ bottom}}{(Ic \text{ top} / Lc \text{ top}) + (Ic \text{ bottom} / Lc \text{ bottom})}$$

$$\alpha_{atas} = \frac{3,413.10^{10} / 4400}{(3,413.10^{10} / 4400) + (3,413.10^{10} / 4400)} = 0,5$$

$$\alpha_{bawah} = \frac{3,413.10^{10} / 4400}{(3,413.10^{10} / 4400)} = 1$$

Momen rencana arah X

$$\begin{aligned} Mu_{k(x)} \text{ bawah} &= 0,7 \times 1,0 \times \frac{4.400}{5} \times 1 \times \left(\frac{7}{6,2} \times (855.013 + 761.3371) \right) \\ &= 1124.145425 \text{ KN-m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} Mu_{k(x)atas} &= 0,7 \times 1,3 \times \frac{4,400}{5} \times 0,5 \times \left(\frac{7}{6,2} \times (855.013 + 761.3371) \right) \\ &= 730.6945254 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Momen rencana arah Y

$$\begin{aligned} Mu_{k(y)bawah} &= 0,7 \times 1,0 \times \frac{4.400}{5} \times 1 \times \left(\frac{7}{6,2} \times (390.5108 + 160.9764) \right) \\ &= 383.5504527 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu_{k(y)atas} &= 0,7 \times 1,3 \times \frac{4.400}{5} \times 0,5 \times \left(\frac{7}{6,2} \times (390.5108 + 160.9764) \right) \\ &= 249.3077943 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Kolom bawah :

Gempa memukul, 100% arah X + 30% arah Y

$$\begin{aligned} \text{Mu bawah} &= \text{Mu } k(x) + 0,3 \text{ Mu } k(y) \\ &= 1124.145425 + (0,3 \times 383.5504527) = 1239.210561 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Gempa memukul, 100% arah Y + 30 % arah X

$$\begin{aligned} \text{Mu bawah} &= \text{Mu } k(y) + 0,3 \text{ Mu } k(x) \\ &= 383.5504527 + (0,3 \times 1124.145425) = 720.7940802 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Kolom atas :

Gempa memukul, 100% arah X + 30% arah Y

$$\begin{aligned} \text{Mu atas} &= \text{Mu } k(x) + 0,3 \text{ Mu } k(y) \\ &= 730.6945254 + (0,3 \times 249.3077943) = 805.4868637 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Gempa memukul, 100% arah Y + 30 % arah X

$$\begin{aligned} \text{Mu atas} &= \text{Mu } k(x) + 0,3 \text{ Mu } k(y) \\ &= 249.3077943 + (0,3 \times 730.6945254) = 468.5161519 \text{ KN-m} \end{aligned}$$

Jadi momen rencana kolom :

$$\text{Mu,k-atas} = 805.4868637 \text{ KN-m}$$

$$\text{Mu,k-bawah} = 1239.210561 \text{ KN-m}$$



B. Gaya Aksial Kolom

Arah X

$$\begin{aligned} N_{gkolom} &= N_D + N_{L,r} \\ &= 260845.35 \text{ kg} + 17519.48 \text{ kg} = 278364.83 \text{ kg} = 2783.6483 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$N_{E,kolom} = 59698.77 \text{ kg} = 596.9877 \text{ KN}$$

Arah Y

$$\begin{aligned} N_{gkolom} &= N_D + N_{L,r} \\ &= 260845.35 \text{ kg} + 17519.48 \text{ kg} = 278364.83 \text{ kg} = 2783.6483 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$N_{E,kolom} = 47674.59 \text{ kg} = 476.7459 \text{ KN}$$

Gaya aksial rencana arah X

(gempa memukul 100% arah X dan 30% arah Y)

$$R_v = 1,1 - 0,025 \times 9 = 0.875$$

$$\begin{aligned} N_{u,kx} &= 0,7 \times 0.875 \times \left[\left(\frac{7}{6,2} \right) \left(\frac{855.013 + 761.3371}{6,2} \right) + 0.30 \left(\frac{390.5108 + 160.9764}{6,2} \right) \right] + \\ &\quad (1,05 \times 2783.6483) = 3119.458781 \text{ KN} \end{aligned}$$

Gaya aksial rencana arah Y :

(gempa memukul 100% arah Y dan arah 30% arah X)

$$\begin{aligned} N_{u,ky} &= 0,7 \times 0.875 \times \left[\left(\frac{7}{6,2} \right) \times 0.30 \times \left(\frac{855.013 + 761.3371}{6,2} \right) + \left(\frac{390.5108 + 160.9764}{6,2} \right) \right] + \\ &\quad (1,05 \times 2783.6483) = 3031.397389 \text{ KN} \end{aligned}$$

Gempa memukul, 100% arah X + 30% arah Y

$$\begin{aligned} N_{u,x} &= N_{u,k(x)} + 0,3 N_{u,k(y)} \\ &= 3119.458781 + (0.3 \times 3031.397389) = 4028.877998 \text{ KN} \end{aligned}$$

Gempa memukul, 100% arah Y + 30% arah X

$$\begin{aligned} N_{u,y} &= N_{u,k(y)} + 0,3 N_{u,k(x)} \\ &= (0.3 \times 3119.458781) + 3031.397389 = 3967.235023 \text{ KN} \end{aligned}$$



Jadi gaya aksial rencana kolom :

$$N_{u,k-x \text{ atas}} = 4028.877998 \text{ KN}$$

$$N_{u,k-y \text{ atas}} = 3967.235023 \text{ KN. Penulangan lentur kolom}$$

- Ukuran kolom = (80 x 80) cm
- Mutu beton, f_c' = 30 Mpa
- Mutu baja tulangan, f_y = 390 Mpa
- Decking = 40 mm
- Tulangan utama = D-28
- Tulangan sengkang = D-12
- $d' = 40 + 12 + 28/2 = 66 \text{ mm}$
- $d = 800 - 66 = 734 \text{ mm}$

- Cek perbandingan kelangsingan :

$$k = 1 \quad \text{.....SK SNI'91 pasal 3.3.11.2.(1)}$$

$$L_n = 440 \text{ cm}$$

$$r = 0,3 \times h = 0,3 \times 80 \\ = 24 \text{ cm}$$

$$k \times \frac{L_n}{r} = 1 \times \frac{440}{24} \\ = 18.33$$

Batasan kolom pendek tanpa pengaku(Unbraced) :

$$k \times \frac{L_n}{r} \leq 22$$

$$18.33 \leq 22 \rightarrow \text{Kolom pendek}$$

Karena termasuk kolom pendek maka tidak perlu diperhitungkan bahaya tekuknya.

- Rencana tulangan perlu kolom

$$M_u = 1017.742 \text{ KN-m}$$

$$P_u = 3519.4877 \text{ KN}$$

$$K_x = \frac{M_u}{\phi \times A_g \times h} = \frac{1017742000}{0,65 \times 800^2 \times 800} = 3.058$$



$$K_y = \frac{P_u}{\phi \times A_g} = \frac{3519487.7}{0,65 \times 800^2} = 8.460$$

Dari diagram interaksi M-N non dimensi untuk f_y 400 MPa : nilai $\rho = 0,016$

Dari diagram interaksi M-N non dimensi untuk f_y 350 MPa : nilai $\rho = 0,018$

Hasil Interpolasi nilai ρ untuk f_y 390 MPa adalah = 0.0164

$$A_s = \rho \times A_g$$

$$= 0,0164 \times 800^2$$

$$= 10496 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{maka kolom pakai tulangan 18 D28 (} A_s = 11083.540 \text{ mm}^2 \text{)}$$

6.3.3 Perencanaan Kolom Terhadap Geser

A. Gaya Geser Rencana Kolom

Gaya geser rencana V_u harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut

(SK SNI'91 pasal 3.14.7-1.2) :

$$V_{u,k} = \frac{M_{u,ka} + M_{u,kb}}{h_n}$$

tetapi perlu lebih besar dari :

$$V_{u,k} = 1,05 \times (V_{D,k} + V_{L,k} + 4/1 \times V_{E,k})$$

dimana :

$M_{u,ka}$ = Momen rencana kolom pada ujung atas kolom pada bidang muka balok

$M_{u,kb}$ = Momen rencana kolom pada ujung bawah kolom pada bidang muka balok

h_n = tinggi bersih dari kolom yang ditinjau

Akan tetapi pada lantai dasar dan lantai paling yang memperbolehkan terjadinya sendi plastis pada kolom, gaya geser rencana kolom dihitung berdasarkan momen kapasitas dari kolom.

$$V_{u,k} \text{ (lantai dasar)} = \frac{M_{u,ka} \text{ lantai 1} + M_{kap,k} \text{ lantai 1}}{h_n}$$

$$V_{u,k} \text{ (lantai atas)} = \frac{1}{h_n} \times (2 \times M_{kap,k} \text{ lantai atas})$$



B. Konsep Geser Nominal

$$V_n = V_c + V_s = \frac{V_{u,k}}{\phi}$$

SK SNI'91 pasal 3.14.7-2.2.1 menjelaskan bahwa asumsi nilai $V_c = 0$ untuk lokasi berpotensi sendi plastis. Untuk daerah diluar sendi plastis kontribusi V_c tetap diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g}\right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \times b_w \times d \quad \dots\dots \text{SK SNI'91 pasal 3.4.3-1.2}$$

dengan :

N_u = gaya aksial minimum yang terjadi pada kolom yang ditinjau

Kuat geser yang dipukul tulangan geser :

$$V_s = V_n - V_c$$

C. Tulangan Transversal

Pada SK SNI'91 pasal 3.14.4-4.2 menjelaskan bahwa tulangan transversal pada daerah sendi plastis potensial harus dipasang dengan spasi tidak melebihi :

- d. $\frac{1}{4}$ dimensi kolom terkecil
- e. 8 kali diameter tulangan memanjang
- f. 100 mm

Pada SK SNI'91 pasal 3.14.4-4.4 menjelaskan bahwa tulangan transversal ini dipasang lo dari muka yang ditinjau. Panjang lo tidak boleh kurang dari :

- e. Tinggi komponen dimensi srtuktur untuk :

$$N_{u,k} \leq 0,3 \times A_g \times f_c'$$

- f. 1,5 kali tinggi komponen dimensi struktur untuk :

$$N_{u,k} > 0,3 \times A_g \times f_c'$$

- g. Bentang bersih dari komponen struktur
- h. 450 mm



D. Mencari Momen Nominal Aktual

Cara perhitungan momen nominal aktual untuk kolom ataupun momen kapasitas kolom adalah sama dengan perhitungan momen kapasitas untuk balok induk.

Contoh perhitungan tulangan geser :

$$Mu,k-atas = 805.4868637 \text{ KN-m}$$

$$Mu,k-bawah = 1239.210561 \text{ KN-m}$$

$$\begin{aligned} Vu,k &= \frac{Mu,ka + Mu,kb}{hn} \\ &= \frac{805.4868637 + 1239.210561}{4,40} \\ &= 464.7039602 \text{ KN} = 464703.9602 \text{ N} \end{aligned}$$

tidak boleh melebihi :

$$Vu,k = 1,05 \times (V_{D,k} + V_{L,k} + 4/1 \times V_{E,k})$$

dimana :

$$V_{D,k} = 4437.89 \text{ kg} = 44378.9 \text{ N}$$

$$V_{L,k} = 74.52 \text{ kg} = 745.2 \text{ N}$$

$$V_{E,k} = 30114.90 \text{ kg} = 301149 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Vu,k \text{ max} &= 1,05 \times (44378.9 + 745.2 + (4/1 \times 301149)) \\ &= 1312206.105 \text{ N} = 1312.206105 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$Vu \text{ yang dipakai} = 464.7039602 \text{ KN}$$

Penulangan geser kolom lantai 2 :

- Untuk daerah plastis

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} = \frac{464703.9602}{0,65} = 714929.1695 \text{ N}$$

$$S = \frac{2 \times 113,097 \times 390 \times 734}{714929.1695} = 90.570 \text{ mm} < (8 \times 28 = 224 \text{ mm}) \dots \text{ oke}$$

Maka dipakai tulangan sengkang D12-90



- Untuk luar daerah plastis :

Dengan memperhitungkan geser beton :

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \quad \dots\dots \text{SK SNI'91 pasal 3.4.3-1.2}$$

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times \left(1 + \frac{464703.9602}{14 \times 800^2} \right) \right) \times 800 \times 734$$
$$= 563839.0249 \text{ N}$$

$$V_s = V_n - V_c;$$

karena $V_{u_{kolom}} < V_c$, dipasang tulangan geser maksimum.

Maka dipakai tulangan sengkang D 12 – 200

6.4 Perencanaan Pertemuan Balok Dan Kolom Exterior

Contoh perhitungan :

- data balok :

$$\text{dimensi balok : } b = 400 \text{ mm} \quad L_{ka} = L_{ki} = 7,0 \text{ m}$$

$$h = 600 \text{ mm} \quad L_{n,ka} = L_{n,ki} = 6,2 \text{ m}$$

$$Z_{ki-x,y} = Z_{ka-x,y} = d - d' = 535,5 - 64,5 = 471 \text{ mm}$$

Arah X

$$C_{ki} = T_{ki} = 0,7 \times \frac{M_{kap, ki}}{Z_{ki}}$$
$$= 0,7 \times \frac{661.2410}{0,471} = 982.7360935 \text{ KN}$$

$$C_{ka} = T_{ka} = 0,7 \times \frac{M_{kap, ka}}{Z_{ka}}$$
$$= 0,7 \times \frac{855.013}{0,471} = 1270.719958 \text{ KN}$$

$$V_{kol} = \frac{0,7 \left(\frac{l_{ki}}{l_{ki,n}} M_{kap, ki} + \frac{l_{ki}}{l_{ki,n}} M_{kap, ka} \right)}{0,5(h_{k,a} + h_{k,b})}$$



$$= \frac{0,7 \times \left(\frac{7}{6,2} \times 661.2410 + \frac{7}{6,2} \times 855.013 \right)}{0,5 \times (5 + 5)} = 239.6659548 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_{jh-x} &= C_{,ki} + C_{,ka} - V_{kol-x} \\ &= 982.7360935 + 1270.719958 - 239.665948 = 2013.790104 \text{ KN} \end{aligned}$$

Arah Y

$$M_{kap, b (-) \text{ kiri}} = 0 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} C_{,ki} = T_{,ki} &= 0,7 \times \frac{M_{kap, ki}}{Z_{,ki}} \\ &= 0,7 \times \frac{0}{0,471} = 0 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{,ka} = T_{,ka} &= 0,7 \times \frac{M_{kap, ka}}{Z_{,ka}} \\ &= 0,7 \times \frac{390.5108}{0,471} = 580.3769852 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$V_{kol-y} = \frac{0,7 \times \left(\frac{7,0}{6,2} \times 0 + \frac{7,0}{6,2} \times 390.5108 \right)}{0,5 \times (5 + 5)} = 61.72590064 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} V_{jh-y} &= C_{,ki} + C_{,ka} - V_{kol-y} \\ &= 0 + 580.3769852 - 61.72590064 = 518.6510846 \text{ KN} \end{aligned}$$

Karena $V_{jh,x} > V_{jh,y}$ maka diambil $V_{jh,x}$

$$V_{jv} = \frac{b_j}{h_c} \times V_{jh} = \frac{600}{800} \times 2013.790104 = 1510.342578 \text{ KN}$$

Kontrol tegangan yang terjadi :

$$\begin{aligned} V_{jh} &= \frac{V_{jh}}{b_j \times h_c} \leq 1,5 \times \sqrt{f_c'} \\ &= \frac{1510.342578}{600 \times 800} = 3,1465 \text{ MPa} \leq 1,5 \times \sqrt{30} = 8,21 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots\text{oke!} \end{aligned}$$

Penulangan geser join balok kolom :

$$N_{u,k} = 4028.877998 \text{ KN}$$



$$\frac{Nu, k}{Ag} = \frac{4028877.998}{800 \times 800} = 6.30 \text{ MPa} > 0,1 \times 30 = 3,00 \text{ MPa} \dots\dots\dots \text{oke!}$$

A. Perhitungan Tulangan Geser Horizontal

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \times \sqrt{\left(\frac{Nu, k}{Ag} - 0,1 \times f_c' \right)} \times b_j \times h_c$$
$$= \frac{2}{3} \times \sqrt{(6.30 - 3)} \times 800 \times 800 = 775078.4902 \text{ N}$$

$$V_{sh} = V_{jh} - V_{ch}$$
$$= 2013790.104 - 775078.4902 = 1238711.614 \text{ N}$$

$$A_{jh} = \frac{V_{sh}}{f_y} = \frac{1238711.614}{390} = 3176.183626 \text{ mm}^2$$

digunakan sengkang D12, $A_{st} = 113,097 \text{ mm}^2$

Rencana dipakai sengkang rangkap 4, tulangan D12 ($A_s \text{ ada} = 452,388 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah lapis sengkang (n)} : n = \frac{3176.183626}{452,388} = 7.020 \approx 7 \text{ lapis}$$

B. Perhitungan Tulangan Geser Vertikal

$$V_{cv} = V_{jh} \times \left(0,6 + \frac{Nu, k}{f_c' \times Ag} \right)$$
$$= 2013790.104 \times \left(0,6 + \frac{4028877.998}{30 \times 800 \times 800} \right)$$
$$= 1630842.532 \text{ N}$$

$$V_{sv} = V_{jh} - V_{cv}$$
$$= 2013790.104 - 1630842.532 = 382947.5721 \text{ N}$$

$$A_{jh} = \frac{V_{sv}}{f_y} = \frac{382947.5721}{390} = 981.9168 \text{ mm}^2$$

digunakan sengkang D12, $A_{st} = 113,097 \text{ mm}^2$

Rencana dipakai sengkang rangkap 4, tulangan D12 ($A_s \text{ ada} = 452,388 \text{ mm}^2$)

$$n = \frac{981.9168}{452.388} = 2.170 \approx 2 \text{ lapis}$$

PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR KOLOM

Lantai	ARAH X				ARAH Y				Momen Rencana X		Momen Rencana Y	
	Mkap,b(-)kiri (KN-m)	Mkap,b(+)kiri (KN-m)	Mkap,b(-)kanan (KN-m)	Mkap,b(+)kanan (KN-m)	Mkap,b(-)kiri (KN-m)	Mkap,b(+)kiri (KN-m)	Mkap,b(-)kanan (KN-m)	Mkap,b(+)kanan (KN-m)	Muk,x bawah (KN-m)	Muk,x atas (KN-m)	Muk,y bawah (KN-m)	Muk,y atas (KN-m)
1	383.03	229.92	383.03	229.92	693.47	451.77	693.47	451.77	387.5425806	251.9026774	724.0872258	500.0727403
2	383.03	229.92	383.03	229.92	910.91	492.91	910.91	492.91	426.2968387	277.0929452	976.3341677	612.9825315
3	383.03	229.92	383.03	229.92	910.91	492.91	910.91	492.91	411.7639919	267.6465948	943.0500484	612.9825315
4	383.03	229.92	383.03	229.92	910.91	492.91	910.91	492.91	411.7639919	267.6465948	943.0500484	612.9825315
5	383.03	229.92	383.03	229.92	910.91	492.91	910.91	492.91	411.7639919	267.6465948	943.0500484	612.9825315
6	383.03	229.92	383.03	229.92	910.91	492.91	910.91	492.91	411.7639919	267.6465948	943.0500484	612.9825315
7	383.03	229.92	383.03	229.92	693.47	451.77	693.47	451.77	411.7639919	267.6465948	769.3426774	500.0727403
8	383.03	229.92	383.03	229.92	693.47	451.77	693.47	451.77	411.7639919	267.6465948	769.3426774	500.0727403
9	383.03	229.92	383.03	229.92	693.47	451.77	693.47	451.77	411.7639919	267.6465948	769.3426774	500.0727403
10	383.03	229.92	383.03	229.92	425.72	394.49	425.72	394.49	411.7639919	267.6465948	550.9959113	358.1473423

kolom bawah		kolom atas		Arah X				Arah Y			
Mu bawah 100%arahX+30%arahY (KN-m)	Mu bawah 100%arahX+30%arahY (KN-m)	Mu atas 100%arahX+30%arahY (KN-m)	Mu atas 100%arahX+30%arahY (KN-m)	Nd (KG)	Nl,r (KG)	Ng kolom (KG)	Ne (KN)	Nd (KG)	Nl,r (KG)	Ng kolom (KG)	Ne (KN)
604.7687484	840.35	401.9244995	575.8435435	363665.35	32389.63	396054.98	64447.06	363665.35	32389.63	396054.98	11950.23
719.197089	1104.223219	460.9877046	696.110415	327010	64090	391100	3933.3	327010	64090	391100	3933.3
694.6790065	1066.579246	451.5413542	693.2765099	289040	56510	345550	3455.5	289040	56510	345550	3455.5
694.6790065	1066.579246	451.5413542	693.2765099	251160	48960	300120	3001.2	251160	48960	300120	3001.2
694.6790065	1066.579246	451.5413542	693.2765099	213350	41430	254780	2547.9	213350	41430	254780	2547.9
694.6790065	1066.579246	451.5413542	693.2765099	175610	33920	209530	2095.4	175610	33920	209540	2095.4
642.5667952	892.871875	417.6684169	580.3667188	137930	26430	164360	1643.6	137930	26430	164360	1643.6
642.5667952	892.871875	417.6684169	580.3667188	100290	18950	119240	1192.3	100290	18950	119230	1192.3
642.5667952	892.871875	417.6684169	580.3667188	62670	11470	74140	741.4	62670	11470	74140	741.4
577.0627653	874.5251089	375.0907975	438.4413206	25100	400	25500	291.1	15060	7530	25500	6275

Nuk,X (KN)	Nuk,Y (KN)	Nu,X 100%arahX+30%arahY (KN)	Nu,Y 100%arahX+30%arahY (KN)	Kx	Ky	Diagram interaksi p	As (mm ²)	Tulangan kolom
67771.72148	67803.0617	88112.63998	88134.57814	2.344728563	196.7289691	0.024	15360	26-D28
4239.937036	4289.158897	5526.684705	5561.140007	3.080979965	12.41325895	0.024	15360	26-D28
3738.247036	3787.468897	4874.487705	4908.943007	2.975946557	10.95746207	0.024	15360	26-D28
3261.232036	3310.453897	4254.368205	4288.823507	2.975946557	9.573266758	0.024	15360	26-D28
2785.267036	2834.488897	3635.613705	3670.069007	2.975946557	8.19211832	0.02	12800	22-D28
2310.142036	2359.363897	3017.951205	3052.406507	2.975946557	6.813407383	0.02	12800	22-D28
1828.088475	1859.428696	2385.917084	2407.855238	2.491271973	5.37467687	0.015	9600	16-D28
1354.223475	1385.563695	1769.892584	1791.830738	2.491271973	3.999622182	0.015	9600	16-D28
880.7784754	912.118695	1154.414084	1176.352238	2.491271973	2.625786245	0.015	9600	16-D28
398.3305299	407.1938765	520.4886928	526.6930355	1.862045505	1.175654097	0.01	6400	12-D28

PERHITUNGAN PENULANGAN GESER KOLOM

Lantai	Momen rencana ujung kolom atas (Mu,ka) (N)	Momen rencana ujung kolom bawah (Mu,kb) (N)	Gaya geser Kolom (Vu) (N)	Vd (N)	Vi (N)	Va (N)	Vu,kunaks (N)	Vu,kpakal (N)	Penulangan geser kolom di daerah plastis			Penulangan geser kolom di luar plastis	
									Vs=Vu/O (N)	(S perlu) mm	(S pakai) mm	Vukolom < VC Vc (N)	geser minimum (S pakai) mm
1	500072740.3	724087225.8	360047048.9	17500	2500	19900	104580	104580	160892.3077	402.44	100	5808746.093	200
2	812982531.5	976334167.7	467446088	31000	4400	35400	185850	185850	265923.0769	226.46	100	898736.6164	200
3	612982531.5	943050048.4	486260181.2	26000	7900	33900	177975	177975	273807.6923	236.48	100	829718.508	200
4	612982531.5	943050048.4	486260181.2	29200	4200	33400	175350	175350	269769.2308	240.02	100	792619.4568	200
5	612982531.5	943050048.4	486260181.2	29300	4200	33500	175875	175875	270576.9231	239.30	100	755802.0676	200
6	612982531.5	943050048.4	486260181.2	29500	4300	33800	177450	177450	273324.8975	0.02	100	718650.0081	200
7	500072740.3	769342677.4	396692318	29600	4300	33900	177975	177975	273807.6923	236.48	100	680069.3104	200
8	500072740.3	769342677.4	396692318	30000	4400	34400	180600	180600	277846.1538	233.04	100	643235.2453	200
9	500072740.3	769342677.4	396692318	28800	4200	32900	172830	172830	265892.3077	243.52	100	608413.845	200
10	358147342.3	550995911.3	284107266.8	34600	5000	39600	207900	207900	319846.1538	202.44	100	567547.562	200

PERHITUNGAN MOMEN KAPASITAS BALOK INDUK MELINTANG LANTAI 1-10

CATATAN

$f_c = 30 \text{ Mpa}$; $F_y = 390 \text{ Mpa}$; Decking = 40 mm; $d = 535,5 \text{ mm}$; $d' = 64,5 \text{ mm}$.

Momen Kapasitas Negatif

No Lantai	Daerah	Momen	Tul tarik As	As pakai (mm ²)	Tul tekan As'	As' pakai (mm ²)	T	Cc	aX*2	bX	c	X (mm)	a maks (mm)	Cc (N)	Cs (N)	Mn ak,b (N-mm)	M kap,b (N-mm)
1	tump-	1,2	6-D25	2945,2	3-D25	1148628	7586,25 X	7586,25	-302619	56989620	108,8836	92,5510993	826018,561	322609,4	554725113,8	693406392,2	
	tump-	2,3	6-D25	2945,2	3-D25	1148628	7586,25 X	7586,25	-302619	56989620	108,8836	92,5510993	826018,561	322609,4	554725113,8	693406392,2	
2	tump-	1,2	6-D28	3695	3-D28	1847,5	1441050	7586,25 X	7586,25	-379661	71498250	125,2770	106,485442	950382,573	490667,4	687761653,6	859702067
	tump-	2,3	6-D28	3695	3-D28	1847,5	1441050	7586,25 X	7586,25	-379661	71498250	125,2770	106,485442	950382,573	490667,4	687761653,6	859702067
3	tump-	1,2	6-D28	3695	3-D28	1847,5	1441050	7586,25 X	7586,25	-379661	71498250	125,2770	106,485442	950382,573	490667,4	687761653,6	859702067
	tump-	2,3	6-D28	3695	3-D28	1847,5	1441050	7586,25 X	7586,25	-379661	71498250	125,2770	106,485442	950382,573	490667,4	687761653,6	859702067
4	tump-	1,2	6-D28	3695	3-D28	1847,5	1441050	7586,25 X	7586,25	-379661	71498250	125,2770	106,485442	950382,573	490667,4	687761653,6	859702067
	tump-	2,3	6-D28	3695	3-D28	1847,5	1441050	7586,25 X	7586,25	-379661	71498250	125,2770	106,485442	950382,573	490667,4	687761653,6	859702067
5	tump-	1,2	6-D28	3695	3-D28	1847,5	1441050	7586,25 X	7586,25	-379661	71498250	125,2770	106,485442	950382,573	490667,4	687761653,6	859702067
	tump-	2,3	6-D28	3695	3-D28	1847,5	1441050	7586,25 X	7586,25	-379661	71498250	125,2770	106,485442	950382,573	490667,4	687761653,6	859702067
6	tump-	1,2	6-D28	3695	3-D28	1847,5	1441050	7586,25 X	7586,25	-379661	71498250	125,2770	106,485442	950382,573	490667,4	687761653,6	859702067
	tump-	2,3	6-D28	3695	3-D28	1847,5	1441050	7586,25 X	7586,25	-379661	71498250	125,2770	106,485442	950382,573	490667,4	687761653,6	859702067
7	tump-	1,2	6-D25	2945,2	3-D25	1148628	7586,25 X	7586,25	-302619	56989620	108,8836	92,5510993	826018,561	322609,4	554725113,8	693406392,2	
	tump-	2,3	6-D25	2945,2	3-D25	1148628	7586,25 X	7586,25	-302619	56989620	108,8836	92,5510993	826018,561	322609,4	554725113,8	693406392,2	
8	tump-	1,2	6-D25	2945,2	3-D25	1148628	7586,25 X	7586,25	-302619	56989620	108,8836	92,5510993	826018,561	322609,4	554725113,8	693406392,2	
	tump-	2,3	6-D25	2945,2	3-D25	1148628	7586,25 X	7586,25	-302619	56989620	108,8836	92,5510993	826018,561	322609,4	554725113,8	693406392,2	
9	tump-	1,2	6-D22	2280,8	3-D22	1140,4	889512	7586,25 X	7586,25	-234352	44133480	93,2670	79,2769797	707547,044	181965	435519006,1	544398757,6
	tump-	2,3	6-D22	2280,8	3-D22	1140,4	889512	7586,25 X	7586,25	-234352	44133480	93,2670	79,2769797	707547,044	181965	435519006,1	544398757,6
10	tump-	1,2	6-D22	2280,8	3-D22	1140,4	889512	7586,25 X	7586,25	-234352	44133480	93,2670	79,2769797	707547,044	181965	435519006,1	544398757,6
	tump-	2,3	6-D22	2280,8	3-D22	1140,4	889512	7586,25 X	7586,25	-234352	44133480	93,2670	79,2769797	707547,044	181965	435519006,1	544398757,6

Momen Kapasitas Positif

No Lantai	Daerah	Momen	Tul pakai As	As pakai (mm ²)	Tul pakai As'	As' pakai (mm ²)	T	Cc	As2 (mm ²)	As3 (mm ²)	aX*2	bX	c	X (mm)	a maks (mm)	Cc (N)	Cs1 (N)	Cs2 (N)	Cs3 (N)	Mn ak,b (N-mm)	M kap,b (N-mm)
1	tump+	2,1	3-D25	1473	3-D25	1473	574470	20222,775X	393	393	18970,73	-182270	74268000	66,9918078	56,94304	1354760,256	856162,634	-24609,998	397770,005	685330514	856663142
	tump+	3,2	2-D25	982	2-D25	982	382980	20222,775X	157,079	157,079	19388,08	17725,2	34403376	41,8697115	35,41925	842677,200	560085,767	41458,939	312871,818	435352836	544190794
2	tump+	2,1	4-D25	1963	4-D25	1963	765570	20222,775X	157,079	157,079	18554,23	223735,2	46175376	44,2203851	37,58733	894258,898	1122861,900	33631,269	289388,608	461031898	576289873
	tump+	3,2	4-D25	1963	4-D25	1963	765570	20222,775X	157,079	157,079	18554,23	223735,2	46175376	44,2203851	37,58733	894258,898	1122861,900	33631,269	289388,608	461031898	576289873
3	tump+	2,1	4-D25	1963	4-D25	1963	765570	20222,775X	157,079	157,079	18554,23	223735,2	46175376	44,2203851	37,58733	894258,898	1122861,900	33631,269	289388,608	461031898	576289873
	tump+	3,2	4-D25	1963	4-D25	1963	765570	20222,775X	157,079	157,079	18554,23	223735,2	46175376	44,2203851	37,58733	894258,898	1122861,900	33631,269	289388,608	461031898	576289873
4	tump+	2,1	4-D25	1963	4-D25	1963	765570	20222,775X	157,079	157,079	18554,23	223735,2	46175376	44,2203851	37,58733	894258,898	1122861,900	33631,269	289388,608	461031898	576289873
	tump+	3,2	4-D25	1963	4-D25	1963	765570	20222,775X	157,079	157,079	18554,23	223735,2	46175376	44,2203851	37,58733	894258,898	1122861,900	33631,269	289388,608	461031898	576289873
5	tump+	2,1	4-D25	1963	4-D25	1963	765570	20222,775X	157,079	157,079	18554,23	223735,2	46175376	44,2203851	37,58733	894258,898	1122861,900	33631,269	289388,608	461031898	576289873
	tump+	3,2	4-D25	1963	4-D25	1963	765570	20222,775X	157,079	157,079	18554,23	223735,2	46175376	44,2203851	37,58733	894258,898	1122861,900	33631,269	289388,608	461031898	576289873
6	tump+	2,1	4-D20	1257	4-D20	1257	490230	20222,775X	157,079	157,079	19154,33	75475,2	37703376	42,4401923	36,07416	858258,459	717589,769	38995,257	305480,572	443121347	553901684
	tump+	3,2	4-D20	1257	4-D20	1257	490230	20222,775X	157,079	157,079	19154,33	75475,2	37703376	42,4401923	36,07416	858258,459	717589,769	38995,257	305480,572	443121347	553901684
7	tump+	2,1	4-D20	1257	4-D20	1257	490230	20222,775X	157,079	157,079	19154,33	75475,2	37703376	42,4401923	36,07416	858258,459	717589,769	38995,257	305480,572	443121347	553901684
	tump+	3,2	4-D20	1257	4-D20	1257	490230	20222,775X	157,079	157,079	19154,33	75475,2	37703376	42,4401923	36,07416	858258,459	717589,769	38995,257	305480,572	443121347	553901684
8	tump+	2,1	3-D20	942	3-D20	942	367380	20222,775X	157,079	157,079	19422,08	9325,2	33923376	41,5534466	35,32043	840326,001	537195,780	41838,640	314010,72	434179458	542724322
	tump+	3,2	3-D20	942	3-D20	942	367380	20222,775X	157,079	157,079	19422,08	9325,2	33923376	41,5534466	35,32043	840326,001	537195,780	41838,640	314010,72	434179458	542724322
9	tump+	2,1	3-D18	763,4	3-D18	763,4	297728	20222,775X	157,079	157,079	19573,89	-28180,8	31780176	41,0202172	34,86718	829542,624	435058,708	43607,648	319317,743	428795898	535994872
	tump+	3,2	3-D18	763,4	3-D18	763,4	297728	20222,775X	157,079	157,079	19573,89	-28180,8	31780176	41,0202172	34,86718	829542,624	435058,708	43607,648	319317,743	428795898	535994872
10	tump+	2,1	3-D18	763,4	3-D18	763,4	297728	20222,775X	157,079	157,079	19573,89	-28180,8	31780176	41,0202172	34,86718	829542,624	435058,708	43607,648	319317,743	428795898	535994872
	tump+	3,2	3-D18	763,4	3-D18	763,4	297728	20222,775X	157,079	157,079	19573,89	-28180,8	31780176	41,0202172	34,86718	829542,624	435058,708	43607,648	319317,743	428795898	535994872

TABEL PERTEMUAN BALOK DAN KOLOM

Lantai	Arah X						Arah Y						Tulangan geser horizontal						Tulangan geser vertikal					
	Mkap		C,kl	C,ka	V,kol-x	Vjh-x	Mkap		C,kl	C,ka	V,kol-y	Vjh-y	Vjv	Nu,k	Vch	Vsh	Ajh	Rangkap D-12	Lapis (n)	Vcv	Vsv	Ajv	Rangkap D-12	Lapis (n)
	Mkap,kl	Mkap,ka					Mkap,kl	Mkap,ka																
1	383.03	383.03	569.259	569.259	201.8115	936.7095	893.47	893.47	1030.635	1030.635	365.3767	1695.893	1271.9197	9.57	820272.74	875620.2	2245.180	4	6	1558569.45	137323.52	352.11	2	2
2	383.03	383.03	569.259	569.259	121.0069	1017.431	910.91	910.91	1353.794	1353.794	287.9651	2419.623	1814.7173	8.69	763270.86	1656352.2	4247.057	6	6	2152599.97	267023.043	684.67	3	2
3	383.03	383.03	569.259	569.259	151.3586	987.1594	910.91	910.91	1353.794	1353.794	359.9564	2347.632	1760.7238	7.67	691542.39	1656089.3	4246.363	6	6	2008807.71	338824.029	868.78	3	3
4	383.03	383.03	569.259	569.259	151.3586	987.1594	910.91	910.91	1353.794	1353.794	359.9564	2347.632	1760.7238	6.70	615639.25	1731992.5	4441.006	6	7	1932984.10	414647.644	1063.20	3	3
5	383.03	383.03	569.259	569.259	151.3586	987.1594	910.91	910.91	1353.794	1353.794	359.9564	2347.632	1760.7238	5.73	529160.69	1818471.0	4662.746	6	7	1857327.51	490304.234	1257.19	3	4
6	383.03	383.03	569.259	569.259	151.3586	987.1594	910.91	910.91	1353.794	1353.794	359.9564	2347.632	1760.7238	4.77	425658.27	1921973.5	4928.137	6	7	1781804.31	565827.425	1450.84	3	4
7	383.03	383.03	569.259	569.259	151.3586	987.1594	893.47	893.47	1030.635	1030.635	274.0325	1787.237	1340.4279	3.76	279396.47	1507850.7	3866.284	6	6	1296478.11	490759.028	1258.36	3	4
8	383.03	383.03	569.259	569.259	151.3586	987.1594	893.47	893.47	1030.635	1030.635	274.0325	1787.237	1340.4279	3.13	113137.08	1674100.1	4292.564	6	6	1258512.62	528724.32	1355.70	3	4
9	383.03	383.03	569.259	569.259	151.3586	987.1594	893.47	893.47	1030.635	1030.635	274.0325	1787.237	1340.4279	3.12	110272.39	1676964.7	4299.910	6	6	1258140.48	529096.861	1356.66	3	4
10	383.03	383.03	569.259	569.259	151.3586	987.1594	452.72	452.72	672.8323	672.8323	178.8974	1166.767	875.0753	3.11	105830.05	1060937.1	2720.351	6	4	820990.63	345776.299	886.61	3	3



TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEDUNG ATC
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL/ FTSP/ ITS SURABAYA
2004

BAB VII

PERENCANAAN PONDASI



BAB VII

PERENCANAAN PONDASI

7.1 Daya Dukung Tiang Tunggal

Daya dukung vertikal tiang dihitung berdasarkan kombinasi tahanan gesekan (*friction*) dan tahanan ujung (*end bearing*). Data tanah yang digunakan untuk perencanaan daya dukung didapat dari hasil SPT, dengan ujung sampai tanah keras $q_c \geq 150 \text{ kg/cm}^2$ atau nilai SPT ≥ 30 (*end bearing pile*).

Menurut Terzaghi dan Meyerhof :

$$Q_{sp} = \frac{1}{FK} \left(f_b * A_b + U \sum_{i=1}^n l_i f_{si} \right)$$

Dimana :

Q_{sp} = daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang tunggal (ton)

FK = faktor keamanan (diambil 3.0)

f_b = tahanan ujung tiang (ton/m^2)

A_b = luas penampang ujung tiang (m^2)

U = keliling tiang (m)

l_i = tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (m)

f_{si} = intensitas tahanan geser tiang (ton/m^2)

Tabel 7.1.1 Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang Pancang

Jenis Tanah	Tiang Pracetak	Tiang Cor Setempat
Tanah Kohesif	C atau N (≤ 12)	C/2 atau N/2 (≤ 12)
Tanah Berpasir	N/5 (≤ 10)	N/2 (≤ 12)

Direncanakan (*titik BH4 dari data tanah pada lampiran*) memakai tiang pancang :

Diameter tiang pancang (D) = 50 cm

Panjang tiang pancang = 12 m

Luas tiang pancang (A_b) = $\frac{1}{4} \pi D^2$ = 0.196 m^2

Keliling tiang pancang (U) = πD = 1.57 m



Menghitung Daya Dukung Pada Ujung Tiang Pancang.

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2}{2} \leq 40$$

dimana :

\bar{N} = Nilai N rata-rata untuk perencanaan tahan ujung tiang

N_1 = Nilai N pada ujung tiang

N_2 = Nilai N rata-rata sepanjang 4D dari ujung tiang

Dari data sondir diperoleh nilai :

$$N_1 = 56 \quad \text{dan} \quad N_2 = \frac{4 + 6 + 10 + 8 + 56}{5} = 16.8$$

$$\bar{N} = \frac{56 + 16.8}{2} = 36.4 < 40 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

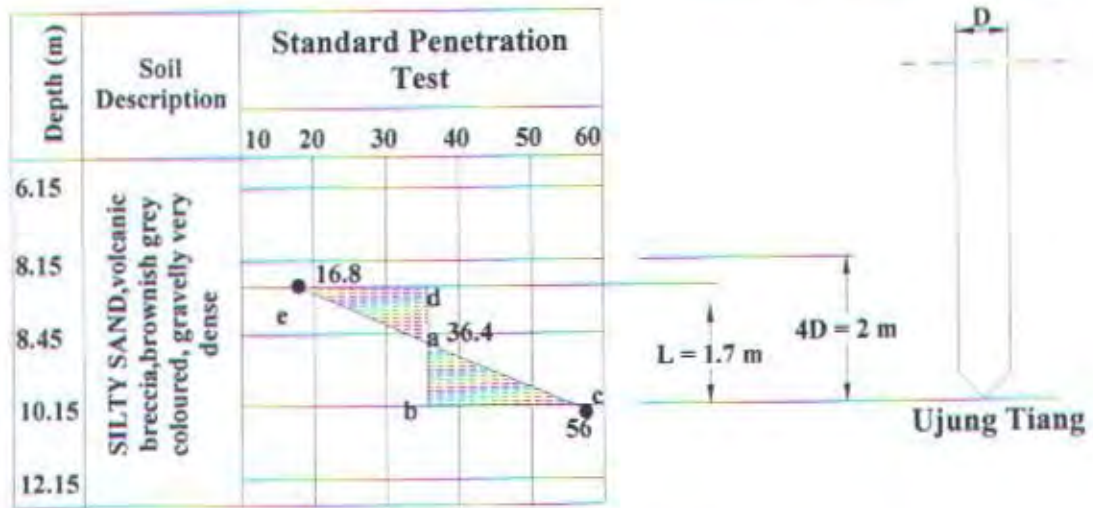
Nilai f_b diperoleh dari gambar dibawah ini :



Gambar 7.1 Diagram Mencari f_b

L adalah panjang ekivalen pemancangan kedalam lapisan pendukung (m) dihitung sebagai berikut :

- menentukan titik b pada ujung tiang dengan harga \bar{N} .
- menentukan garis tegak lurus db sehingga luas Dabc sama dengan luas Dedb
- hitung panjang garis tegak lurus tersebut sebagai L



Gambar 7.2 Diagram Untuk Mencari L

Dari gambar 7.2 didapat $L = 1.7 \text{ m}$

$$L/D = 1.7/0.5 = 3.4 \text{ sehingga dari gambar 7.1 didapat } f_b/\bar{N} = 17$$

$$f_b = 17 * \bar{N} = 17 * 36.4 = 618.8 \text{ t/m}^2$$

Kemampuan daya dukung ujung tiang

$$Q_p = f_b * A_b = 618.8 \text{ t/m}^2 * 0.196 \text{ m}^2 = 121.285 \text{ ton}$$

Menghitung Gaya Geser Maximum Pada Dinding Tiang Pancang.

Langkah pertama adalah menentukan harga rata-rata \bar{N} bagi lapisan-lapisan tanah selanjutnya besarnya gaya geser maximum dinding tiang dapat diperkirakan sebagaimana berikut ini :

Tabel 7.1.2 Perhitungan Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang Pancang

Kedalaman	Ketebalan lapisan l_i (m)	Tanah	Harga rata-rata \bar{N}	f_i (ton/m ²)	$l_i * f_i$ (ton/m)
0-2	2	SILTY CLAY, Dark Brown Coloured, High Plastic.	0	0	0



2 – 4.35	2.35	Silty Clay, Tulfaceous, Brown Coloured, Few Fine Grained Sand, High Plstic, Stiff.	0.5	8.5	19.975
4.35 – 7.25	2.9	Tuff, Silty Clay, Yellowish Brown Coloured, Few Fine Grained Sand, Soft	0.75	12.75	36.975
7.25 – 12	4.75	Silty Sand, Volcanic Breccia, Dark Grey, Medium Grained Sand.	1.2	20.4	96.9
$\sum f_i =$					153.85

Total gaya geser maximum pada dinding tiang

$$Q_f = U * \sum f_i f_{si} = 1.57 \text{ m} * 153.85 \text{ ton/m} = 241.5445 \text{ ton}$$

$$Q_{sp} = \frac{1}{3}(Q_p + Q_f) = \frac{1}{3}(121.285 + 241.5445) = 120.943 \text{ ton} = 120943 \text{ kg}$$

Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Mutu Bahan

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang produk WIKA dengan data-data sebagai berikut :

Diameter = 500 mm

Type Tiang Pancang

- Type A1 Axial Load (Pu) = 185.30 ton = 185300 kg
Momen Crack = 10500 kg.m
- Type A2 Axial Load (Pu) = 181.70 ton = 181700 kg



	Momen Crack	= 2500 kg.m
- Type A3	Axial Load	= 178.200 ton = 178200 kg
	Momen Crack	= 14000 kg.m
- Type B	Axial Load	= 174.900 ton = 174900 kg
	Momen Crack	= 15000 kg.m
- Type C	Axial Load	= 169.00 ton = 169000 kg
	Momen Crack	= 17000 kg.m

7.2 Daya Dukung Kelompok Tiang

Dari output Analisa SAP 2000 didapatkan gaya dalam yang bekerja pada pondasi yaitu :

1. Beban Tetap (*Beban Mati+Beban Hidup; joint 75 lantai base*)

Axial (P)	= 441387.36 kg		
Momen	: M_x	= 11029.11 kgm	; M_y = 10204.81 kgm
Gaya Horizontal	: H_x	= 908.25 kg	; H_y = 953.66 kg

2. Beban Tetap (*Beban Mati+Beban Hidup+ Gempa; joint 75 lantai base*)

Axial (P)	= 487652.40 kg		
Momen	: M_x	= 15602.38 kgm	; M_y = 10864.20 kgm
Gaya Horizontal	: H_x	= 1089.90 kg	; H_y = 773.83 kg

Efisiensi Kelompok Tiang Pancang

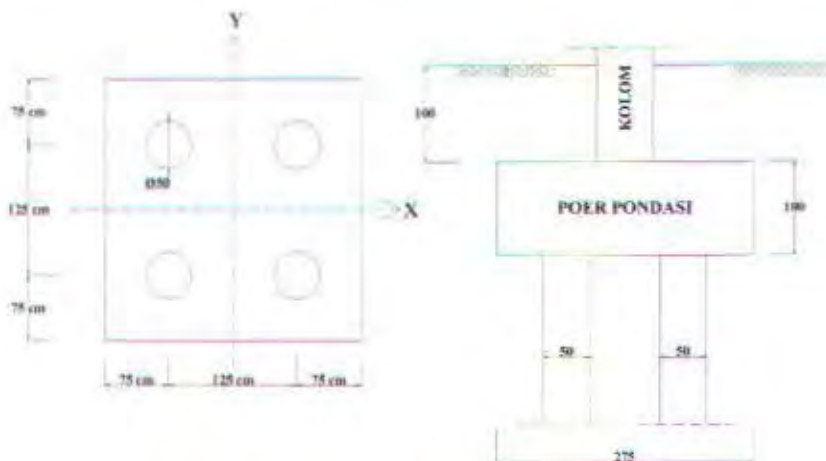
Jarak antar tiang (S) = 1.25 m sehingga efisiensi kelompok tiang menurut CONVERSE-LABARRE adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Eff} &= 1 - \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{\phi}{S} \right) * \left(\frac{(m-1)n + (n-1)m}{90mn} \right) \right\} \\ &= 1 - \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{500}{1250} \right) * \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 * 2 * 2} \right) \right\} \\ &= 0.758 \end{aligned}$$

Sehingga Q_{ijin}	Type A1	= 0.758 * 185300 kg	= 140457.4 kg
	Type A2	= 0.758 * 181700 kg	= 137728.6 kg
	Type A3	= 0.758 * 178200 kg	= 135075.6 kg
	Type B	= 0.758 * 174900 kg	= 132574.2 kg
	Type C	= 0.758 * 169000 kg	= 128102.0 kg



Direncanakan dimensi poer : 2.75 m x 2.75 m x 1 m dengan 4 buah tiang pancang Ø50 cm seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 7.3 Gambar Perletakan Tiang Pancang

Dari gambar diatas dapat diketahui :

$$X_{max} = 0.625 \text{ m}$$

$$Y_{max} = 0.625 \text{ m}$$

$$\sum X^2 = 4 * (0.625)^2 = 1.5625 \text{ m}^2$$

$$\sum Y^2 = 4 * (0.625)^2 = 1.5625 \text{ m}^2$$

Momen tambahan akibat gaya horisontal dengan tebal poer 1 m :

Akibat beban tetap : $H_x = 908.25 \text{ kg} * 1 \text{ m} = 908.25 \text{ kg}$

$H_y = 953.66 \text{ kg} * 1 \text{ m} = 953.66 \text{ kg}$

Akibat beban sementara : $H_x = 1089.90 \text{ kg} * 1 \text{ m} = 1089.90 \text{ kg}$

$H_y = 773.83 \text{ kg} * 1 \text{ m} = 773.83 \text{ kg}$

Gaya normal yang terjadi berdasarkan beban tetap :

- Gaya dari kolom (P) = 441387.36 kg = 441387.36 kg

- Berat sloof = 0.30 m * 0.45 m * 4.25 m * 2400 kg/m³ = 1377.00 kg

- Berat sendiri poer = 2.75 m * 2.75 m * 1 m * 2400 kg/m³ = 18150.00 kg

- Berat dinding = 4.5 m * 6 m * 250 kg/m² = 6750.00 kg

$$\sum V = 467664.36 \text{ kg}$$

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x * Y_{max}}{n_x \sum Y^2} + \frac{M_y * X_{max}}{n_y \sum X^2}$$

$$= \frac{467664.36 \text{ kg}}{4} + \frac{(11029.11 + 908.25) * 0.625}{1.5625} + \frac{(10204.81 + 953.66) * 0.625}{1.5625}$$

$$= 126154.422 < Q_{ijin} = 140457.4 \text{ kg} \dots \dots \dots (\text{OK})$$



Gaya normal yang terjadi berdasarkan beban sementara :

- Gaya dari kolom (P)	= 487652.40 kg	= 487652.40 kg
- Berat sloof	= 0.30 m * 0.45 m * 4.25 m * 2400 kg/m ³	= 1377.00 kg
- Berat sendiri poer	= 2.75 m * 2.75 m * 1 m * 2400 kg/m ³	= 18150.00 kg
- Berat dinding	= 4.5 m * 6 m * 250 kg/m ²	= 6750.00 kg
	ΣV	= 513929.40 kg

$$P_{max} = \frac{\Sigma V}{n} + \frac{M_x * Y_{max}}{n_x \Sigma Y^2} + \frac{M_y * X_{max}}{n_y \Sigma X^2}$$

$$= \frac{513929.40 \text{ kg}}{4} + \frac{(15602.38 + 1089.90) * 0.625}{1.5625} + \frac{(10864.20 + 773.83) * 0.625}{1.5625}$$

$$= 139814.474 \text{ kg} < Q_{ijin} = 140457.4 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(OK)}$$

Digunakan **Pondasi Tiang Pancang Type A1** yang lebih efisien dan mampu menahan beban akibat beban Tetap dan Beban Sementara. Type A1 ini lebih Kuat dibandingkan dengan type-type yang lain yang kekuatan ijinnya kurang dari Pmax akibat beban Sementara (Beban Mati + Beban Hidup + Beban Gempa).

7.3 Daya Dukung Lateral

Faktor kekakuan relatif :

$$T = \sqrt{\frac{EI}{n_h}} \quad ; \text{dimana :}$$

$$E = 4700 * \sqrt{f_{c'}} = 4700 * \sqrt{30} = 25742.960 \text{ Mpa} = 257429.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{64} D^4 = \frac{1}{64} * 50^4 = 97656.25 \text{ cm}^4$$

Dari buku *Pile Design and Construction Practice (M. J. Tomlinson)* nilai n_h untuk tanah kohesive dapat dipakai :

- untuk normally consolidated : 350 KN/m³ s/d 700 KN/m³
- untuk soft organic silts : 150 KN/m³

Dari data-data tersebut dipakai nilai :

$$n_h = 500 \text{ KN/m}^3 = (500 * 10^3) / 9.81 \text{ kg/m}^3$$

$$= 50968.39 \text{ kg/m}^3 = 0.051 \text{ kg/cm}^3$$



Sehingga nilai :

$$T = \sqrt[3]{\frac{257429.60 \text{ kg/cm}^2 * 97656.25 \text{ cm}^4}{0.051 \text{ kg/cm}^3}} = 218.050 \text{ cm}$$

Diasumsikan bahwa tanah mempunyai modulus tanah yang bertambah secara linear, kedalaman sampai pada taraf penjepitan lateral adalah :

$$\begin{aligned} Z_r &= 1.8 T \\ &= 1.8 * 218.050 \text{ cm} = 392.49 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kekuatan bahan pondasi :

$$\sigma_{maks} = fc' = 600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (dari brosur tiang pancang WIKA pada lampiran)}$$

$$\begin{aligned} W &= \frac{I}{y} \text{ ;dimana nilai } y = \frac{1}{2} * D = \frac{1}{2} * 50 \text{ cm} = 25 \text{ cm} \\ &= \frac{97656.25 \text{ cm}^4}{25 \text{ cm}} = 3906.25 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= \sigma_{maks} * W \\ &= 600 \text{ kg/cm}^2 * 3906.25 \text{ cm}^3 \\ &= 2343750 \text{ kg.cm} = 23437.50 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Untuk fixed head :

$$\text{Momen } (M_f) = F_m H T$$

$$\text{Defleksi } (y_f) = \frac{F_y H T^3}{EI}$$

$$L = 12 \text{ meter}$$

$$\frac{L}{T} = \frac{12 \text{ m}}{2.180 \text{ m}} = 5.505$$

$$Z = 0 \text{ (momen dan defleksi yang dicari berada diujung tiang)}$$

Dari grafik *coeffisients for defelection dan coeffisients bending moment* didapat :

$$F_m = -0.93$$

$$F_y = 0.94$$

Beban lateral yang dapat ditahan tiang adalah :

$$H = \frac{M_f}{F_m * T} = \frac{23437.50 \text{ kgm}}{-0.93 * 2.18 \text{ m}} = - 11945.718 \text{ kg}$$



Defleksi di ujung tiang yang terjadi sebesar :

$$y_f = \frac{F_y H T^3}{EI} = \frac{0.94 * 11945.718 \text{ kg} * (218.050 \text{ cm}^3)}{257429.60 \text{ kg/cm}^2 * 97656.25 \text{ cm}} = 4.630 \text{ cm}$$

Effisiensi daya dukung lateral, dianggap bahwa tiang pada baris pertama yang terkena beban akan memikul 100% gaya lateral dan tiang pada baris kedua hanya menerima 25% dari gaya lateral sehingga jumlah tiang (n) = 2.5

$$H_{u \text{ tiang}} = H_u / n = 12488.81 \text{ kg} / 2.5 = 4995.52 \text{ kg}$$

Daya dukung lateral tiang pancang adalah $11945.718 \text{ kg} > H_u = 4995.52 \text{ kg}$

7.4 Perencanaan Poer Pondasi

Data-data perencanaan :

- ☞ Dimensi poer :
 - tinggi (h) = 1000 mm
 - lebar (b) = 2750 mm
 - panjang (l) = 2750 mm
 - $\varnothing_{tul. \text{ utama}}$ = 25 mm ($A_s = 490.87 \text{ mm}^2$)
- ☞ Selimut beton = 50 mm
- ☞ Tinggi efektif balok poer
 - $d_x = 1000 - (50 + \frac{1}{2} * 25) = 937.5 \text{ mm}$
 - $d_y = 1000 - (50 + 25 + \frac{1}{2} * 25) = 912.5 \text{ mm}$
- ☞ Mutu bahan : $f_c = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 390 \text{ Mpa}$

Dari output Analisa SAP 2000 didapat :

$$P_u = 188442.98 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 52325.026 \text{ kgm}$$

$$H_{ux} = 125.05 \text{ kg}$$

$$M_{uy} = 525.84 \text{ kgm}$$

$$H_{uy} = 15295.85 \text{ kg}$$

Tambahan momen akibat ketebalan poer 1.00 m :

$$M_{ux} = 125.05 \text{ kg} * 1 \text{ m} = 125.05 \text{ kgm}$$

$$M_{uy} = 15295.85 \text{ kg} * 1 \text{ m} = 15295.85 \text{ kgm}$$

Gaya normal yang terjadi akibat beban terfaktor :

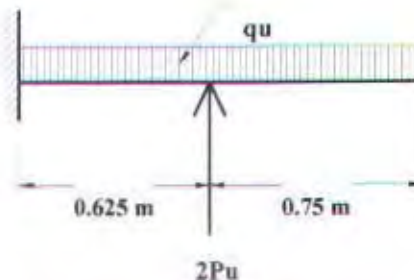




$$\begin{aligned} - P_u &= 188442.98 \text{ kg} && = 188442.98 \text{ kg} \\ - \text{Berat sloof} &= 1.2 * 0.30 \text{ m} * 0.45 \text{ m} * 4.25 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 1652.40 \text{ kg} \\ - \text{Berat sendiri poer} &= 1.2 * 2.75 \text{ m} * 2.75 \text{ m} * 1 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 21780.00 \text{ kg} \\ - \text{Berat dinding} &= 1.2 * 3 \text{ m} * 7 \text{ m} * 250 \text{ kg/m}^2 && = 6300.00 \text{ kg} \\ \hline \Sigma V_u &= 218175.38 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u \max} &= \frac{\Sigma V}{n} + \frac{M_{ux} * Y_{\max}}{n_x \Sigma Y^2} + \frac{M_{uy} * X_{\max}}{n_y \Sigma X^2} \\ &= \frac{218175.38 \text{ kg}}{4} + \frac{(52325.026 + 125.05) * 0.625}{1.5625} + \frac{(525.84 + 15295.85) * 0.625}{1.5625} \\ &= 81852.5514 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan pembebanan pada poer diasumsikan poer sebagai balok kantilever yang dijepit pada bagian kolom, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 7.4 Reaksi Pembebanan Poer yang diasumsikan balok kantilever

$$\begin{aligned} q_u &= 1.2 * 2.75 \text{ m} * 1 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^2 = 7920 \text{ kg/m} \\ V_u &= 2 P_u - q_u (1.375 \text{ m}) = (2 * 81852.5514 \text{ kg}) - (7920 \text{ kg/m} * 1.375 \text{ m}) \\ &= 152815.1028 \text{ kg} = 1528151.028 \text{ N} \\ M_u &= 2 P_u * 0.625 \text{ m} - \frac{1}{2} * q_u * 1.375 \text{ m} \\ &= (2 * 81852.5514 \text{ kg} * 0.625 \text{ m}) - (\frac{1}{2} * 7920 \text{ kg/m} * 1.375^2 \text{ m}) \\ &= 94828.81425 \text{ kgm} = 948288142.5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Penulangan Lentur Poer

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{948288142.5 \text{ Nmm}}{0.8 * 2750 \text{ mm} * (912.5 \text{ mm})^2} = 0,5177$$



$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c} = \frac{390}{0.85 \cdot 30} = 15.294$$

$$\rho_{\min} = 0.00359$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_e}{f_y}} \right) = \frac{1}{15.294} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15.294 \cdot 0.5177}{390}} \right) = 0.00134$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0.00359 \cdot 2750 \text{ mm} \cdot 912.5 \text{ mm} = 9008.656 \text{ mm}^2$$

Dipasang D25-50 ($A_s = 9817.477 \text{ mm}^2$)

Penulangan Geser Poer

$$V_u = 1528151.028 \text{ N}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{30 \text{ Mpa}} \cdot 2750 \text{ mm} \cdot 937.5 \text{ mm} \\ = 2353495.364 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{1528151.028 \text{ N}}{0.6} - 2353495.364 \text{ N} = 193423.016 \text{ N}$$

$$S = \frac{A_v x f_y x d}{V_s} \\ = \frac{2 x 113.097 x 390 x 377}{193423.016} \\ = 171.940 \text{ mm}$$

$V_u > \phi V_c$ maka diperlukan tulangan geser.

Dipasang tulangan geser Ø12-170 mm.

$$S < d/2 = 937.5/2 = 468.75 \text{ mm}$$

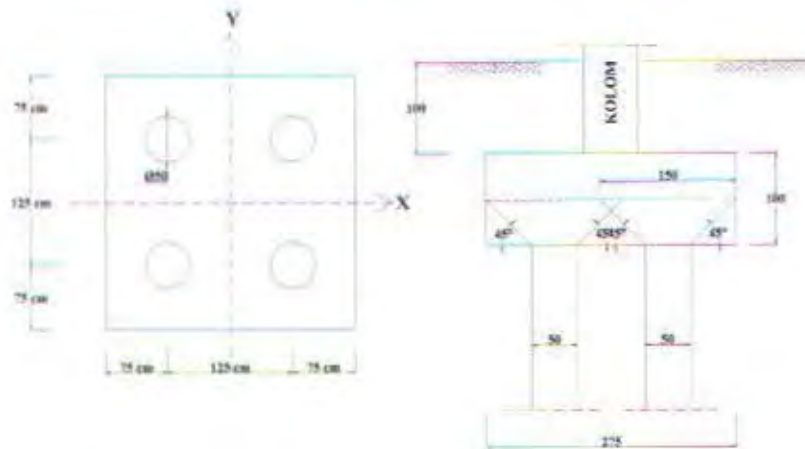
$$S < 600 \text{ mm}$$

Kontrol Geser Pons

Akibat Dari Tiang Pancang

$$\beta_c = \text{rasio panjang dan pendek ukuran tiang} = 50/50 = 1$$

$$b_o = \text{keliling kritis} = \pi D_{\text{kritis}} = \pi \cdot 150 \text{ cm} = 471.23 \text{ cm} = 4712.3 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
 V_c &= \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] * \frac{1}{6} * \sqrt{f_c} * b_o * d \\
 &= \left[1 + \frac{2}{1} \right] * \frac{1}{6} * \sqrt{30} * 4712.3 \text{ mm} * 937.5 \text{ mm} = 12098592.22 \text{ N}
 \end{aligned}$$

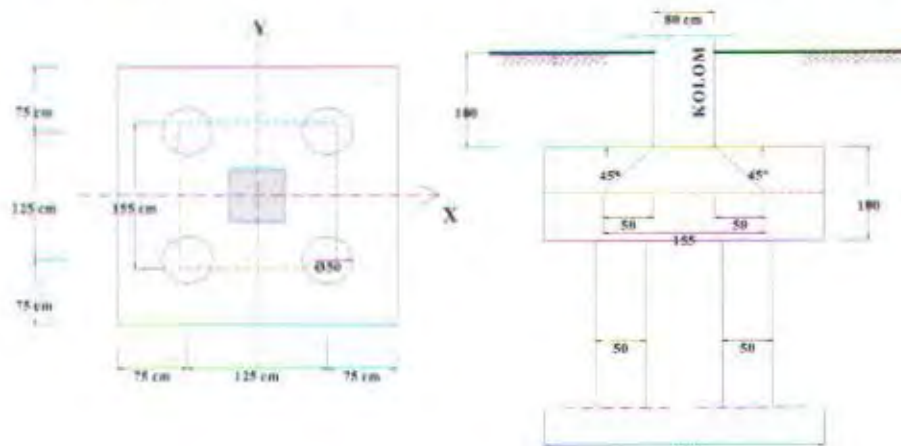
Tidak boleh lebih besar dari :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/3 * \sqrt{f_c} * b_o * d * \beta_c \\
 &= 1/3 * \sqrt{30} * 4712.3 \text{ mm} * 937.5 \text{ mm} * 1 \\
 &= 8065728.149 \text{ N (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$V_n = \frac{P_{u,max}}{\phi} = \frac{81852.5514 \text{ kg}}{0.6} = 136420.919 \text{ kg} = 1364209.19 \text{ N}$$

$$V_n < V_c$$

1364209.19 N < 8065728.149 N sehingga tulangan geser pons tidak diperlukan.



Gambar 7.5 Geser Pons Akibat Tiang Pancang.



Akibat Dari Kolom

$$\beta_c = \text{rasio panjang dan pendek ukuran tiang} = 80/80 = 1$$

$$b_o = \text{keliling kritis} = 2 * (1800 \text{ mm} + 1800 \text{ mm}) = 7200 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} V_c &= \left[1 + \frac{2}{\beta_c} \right] * \frac{1}{6} * \sqrt{f_c} * b_o * d \\ &= \left[1 + \frac{2}{1} \right] * \frac{1}{6} * \sqrt{30} * 7200 \text{ mm} * 937.5 \text{ mm} = 18485636.32 \text{ N (menentukan)} \end{aligned}$$

Tidak boleh lebih besar dari :

$$\begin{aligned} V_c &= 1/3 * \sqrt{f_c} * b_o * d * \beta_c \\ &= 1/3 * \sqrt{30} * 7200 \text{ mm} * 937.5 \text{ mm} * 1 \\ &= 12323757.54 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_n = \frac{P_{u, \text{kolom}}}{\phi} = \frac{188442.98 \text{ kg}}{0.6} = 314071.63 \text{ kg} = 3081042.72 \text{ N}$$

$$V_n < V_c$$

3081042.72 N < 12323757.54 N sehingga tulangan geser pons tidak diperlukan.

7.5 Perencanaan Sloof Pondasi

Penentuan dimensi sloof dilakukan mempertimbangkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak melampaui tegangan tarik ijin beton yang ada (f_{ct}). Gaya aksial yang bekerja diambil sebesar 10% dari beban aksial kolom yang terjadi pada kondisi pembebanan gempa.

Penulangan Balok Sloof Akibat Beban Aksial dan Lentur

⇒ Ukuran sloof :

- b = 300 mm
- h = 450 mm
- $A_g = 135000 \text{ mm}^2$

⇒ Mutu bahan :

- $f_c = 30 \text{ Mpa}$
- $f_{y, \text{tul. utama}} = 390 \text{ Mpa}$
- $f_{y, \text{tul. sengkang}} = 240 \text{ Mpa}$



- ☞ Selimut Beton = 50 mm
- ☞ Tulangan utama = D22
- ☞ Tulangan sengkang = Ø12
- ☞ Tinggi efektif (d) = $450 - (50 + 12 + \frac{1}{2} * 22) = 377$ mm

Beban-beban yang terjadi pada sloof :

$$\begin{aligned} \text{- Berat sendiri sloof} &= 1.2 * 0.30 \text{ m} * 0.45 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 388.8 \text{ kg/m} \\ \text{- Berat dinding} &= 1.2 * 4.5 \text{ m} * 250 \text{ kg/m}^2 = 1350.0 \text{ kg/m} \\ \hline q_u &= 1738.8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u,tumpuan} &= \frac{1}{12} * q_u * L^2 \\ &= \frac{1}{12} * 1738.8 \text{ kg/m} * 4.25^2 = 2617.256 \text{ kgm} = 26172560 \text{ Nmm} \\ M_{u,lapangan} &= \frac{1}{2} M_{u,tumpuan} = 1308.628 \text{ kgm} = 13086280 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Gaya tekan pada sloof

$$\begin{aligned} P_u &= 10\% * P_{u,kolom} \\ &= 10\% * 188442.98 \text{ kg} = 18844.298 \text{ kg} = 184862.56 \text{ N} \end{aligned}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{26172560 \text{ Nmm}}{184862.56 \text{ N}} = 141.578 \text{ mm}$$

$$\frac{P_u}{\phi * A_g * 0.85 * f_c'} = \frac{184862.56 \text{ N}}{0.65 * 135000 \text{ mm}^2 * 0.85 * 30 \text{ Mpa}} = 0.0826$$

$$\frac{P_u}{\phi * A_g * 0.85 * f_c'} \left[\frac{e}{h} \right] = \frac{184862.56 \text{ N}}{0.65 * 135000 \text{ mm}^2 * 0.85 * 30 \text{ Mpa}} \left[\frac{141.578}{300} \right] = 0.039$$

dari diagram interaksi didapat :

$$r = 0.01$$

$$\rho = r * \beta \quad \text{dimana } \beta \text{ untuk } f_c = 30 \text{ adalah } 1.2$$

$$= 1.2 * 0.01 = 0.012$$

$$A_{s,tumpuan} = \rho * b * d = 0.012 * 300 \text{ mm} * 377 \text{ mm} = 1357.20 \text{ mm}^2$$

Dipasang 4D22 ($A_s = 1520.530 \text{ mm}^2$) untuk daerah tumpuan

Dipasang 2D22 ($A_s = 760.26 \text{ mm}^2$) untuk daerah lapangan



Kontrol terhadap gaya tarik pada sloof, gaya tarik diambil sebesar gaya tekan
= 184862.56 N. Gaya tarik ini akan ditahan seluruhnya oleh tulangan balok sloof.

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$184862.56 \text{ N} = A_s \cdot 390 \text{ Mpa}$$

$$A_s = 474.007 \text{ mm}^2$$

Sehingga dipasang tulangan utama 2D22.

Penulangan Geser Sloof

Gaya geser maksimum di tumpuan :

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1738.8 \text{ kg/m} \cdot 4.25^2 \\ &= 15703.5375 \text{ kg} = 157035.375 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \cdot \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= 2 \cdot \left(1 + \frac{184862.56 \text{ N}}{14 \cdot 135000 \text{ mm}^2} \right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ Mpa}} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 377 \text{ mm} \\ &= 226688.5098 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0.6 \cdot 226688.5098 \text{ N} = 136013.106 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{157035.375 \text{ N}}{0.6} - 226688.5098 \text{ N} = 35037.1152 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot x \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{2 \times 113.097 \times 390 \times 377}{35037.1152} \\ &= 949.202 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan $\emptyset_{\text{senggang}}$ digunakan 12 mm ($A_v = 113.097 \text{ mm}^2$)

$$S_{\text{maks}} = d/4 = 377/4 = 94.25 \text{ mm}$$

dipasang $\emptyset 10-90$ mm (untuk daerah tumpuan)

Direncanakan $\emptyset_{\text{senggang}}$ digunakan 12 mm ($A_v = 113.097 \text{ mm}^2$)

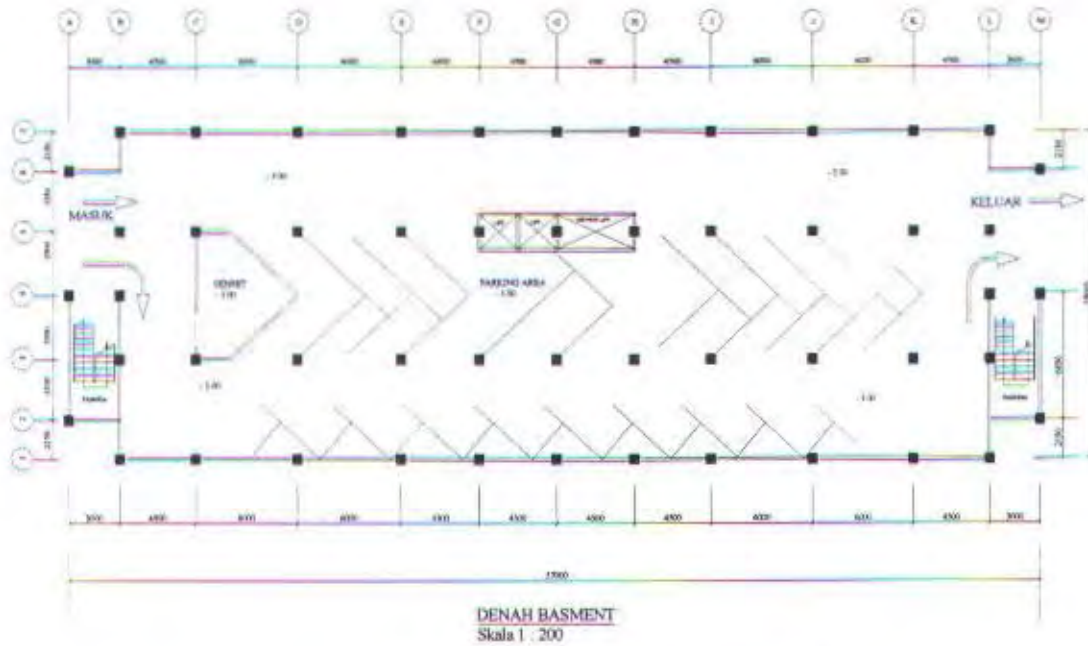
$$S_{\text{maks}} = d/2 = 377/2 = 188.5 \text{ mm}$$

dipasang $\emptyset 10-175$ mm (untuk daerah lapangan).

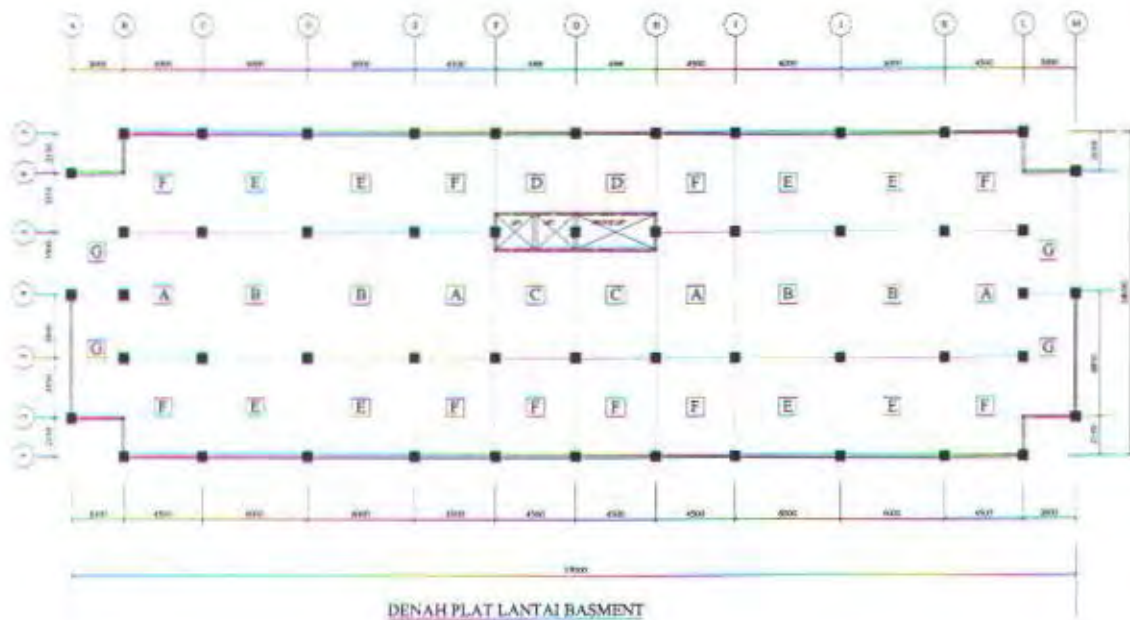


7.6 Perencanaan Pelat Lantai Dan Dinding Basement

7.6.1 Denah Rencana Dinding Dan Denah Pelat Lantai Basement (elev. - 3.00)



Gambar 7.6 Denah Basement



Gambar 7.7 Denah Pelat Lantai Basement



7.6.2 Dimensi Pelat Lantai

Contoh Panel B (yg diarsir pada Gambar 7.6)



Gambar 7.8 Panel B (Pelat Lantai Basement)

Data Perencanaan :

$$- f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$- f_y = 240 \text{ MPa}$$

Tebal Pelat lantai basement, digunakan persamaan :

$$h_{\min} = \frac{l}{28} \quad \text{SK SNI T - 15 - 1991 - 03 (3.2.5 Tabel 3.2.5a)}$$

dimana :

$$h_{\min} = \text{Tebal Pelat minimum (mm)}$$

$$l = \text{Bentang bersih arah terpanjang (m)}$$

$$h_{\min} = \frac{7000}{28} = 250 \text{ mm}$$

Digunakan Tebal Pelat rencana $h = 250 \text{ mm}$



7.6.3 Perhitungan Gaya UPLief Pada Pelat Lantai Basement Serta Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Pada Dinding Basement.



Gambar 7.9 Gaya UPLief dan Tekanan tanah Pada Lantai Basement

7.6.3.1 Perhitungan Beban q_u akibat UPLief dari Tanah (Jenis Tanah Lempung/Clay) Pada Saat Lantai Tidak Terbebani atau Kosong.

$$q_u = D_f \cdot L \cdot \gamma$$

Dari data tanah yang ada di ketahui nilai :

- $C_u = 26 \text{ KN/m}^2 = 2.6 \text{ t/m}^2$

- $D_f = 0.25 \text{ m}$

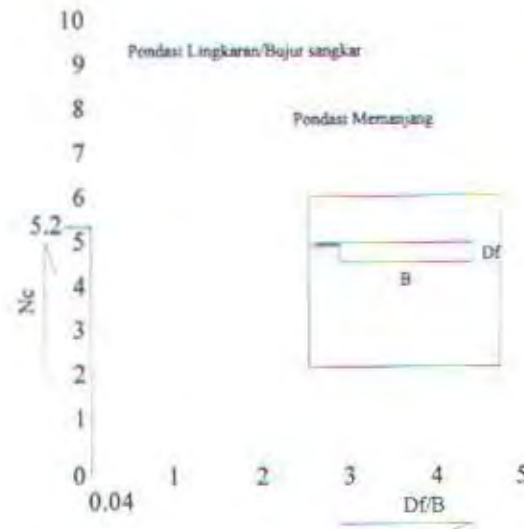
- $\gamma = 1.713 \text{ t/m}^3$

- $N_c = \text{Faktor Daya Dukung (Skempton,1951)} = 5.2 \text{ (dalam Gambar 7.9)}$

$$\text{Daya Dukung ijin (qs)} = \frac{q_u}{F} + D_f \cdot \gamma$$

- $F = \text{Faktor aman (untuk tanah lempung keras } = 3-6)$

= F digunakan 3 dalam perencanaan Daya dukung ijin.



Gambar 7.10 Faktor Daya Dukung N_c

- Perhitungan q_u Uplief untuk panel B dengan Panjang Pelat lantai 7 m.

$$q_u = 0.25 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times 1.713 \text{ t/m}^3 \\ = 3.00 \text{ t/m}^2$$

maka q_{ijin} :

$$q_{ijin} = \frac{q_u}{F}$$

$$q_{ijin} = \frac{3.00}{3} = 1 \text{ t/m}^2$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times l^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 3.00 \times 7^2$$

$$= 18.375 \text{ t.m} = 18375 \text{ kg.m}$$

$$= 183750000 \text{ Nmm}$$

$$d = 250 - 40 - 12 - 1/2 \times 16 = 190 \text{ mm}$$

- Perhitungan penulangan lentur (Analisa Tulangan rangkap)

$$M_n = \frac{183750000}{0.8} = 229687500 \text{ N - mm}$$

$$X_{max} = 0.75 \times 190 \times \frac{600}{600 + 240} = 101.785 \text{ mm}$$



TRIAL $X = 64$ mm

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0.85 \times \beta \times f_c' \times b \times X}{f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.85 \times 30 \times 1000 \times 64}{240} \\ &= 5689.6875 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta X}{2} \right) \\ &= 5689.6875 \times 240 \left(190 - \frac{0.85 \times 64}{2} \right) = 225836160 \text{ N}\cdot\text{mm}. \end{aligned}$$

$M_n - M_{nc} > 0$ ---- perlu tulangan tekan

$M_n - M_{nc} < 0$ ---- tidak perlu tulangan tekan

$$\begin{aligned} M_n - M_{nc} &= 229687500 \text{ N}\cdot\text{mm} - 225836160 \text{ N}\cdot\text{mm}. \\ &= 3851340 \text{ N}\cdot\text{mm} > 0 \text{ ---- Perlu Tulangan Tekan.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s = T_2 &= \frac{M_n - M_{nc}}{(d - d')} \\ &= \frac{3851340 \text{ N}\cdot\text{mm}}{(190 - 60)} \\ &= 29625.692 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol Tulangan Tekan Leleh :

$$\begin{aligned} f_s' &= \left(1 - \frac{60}{190} \right) 600 < f_y \\ &= 37.5 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa} \text{ ---- Tulangan tidak leleh.} \end{aligned}$$

Tulangan Tekan Perlu

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{C_s}{(f_s' - 0.85 \cdot f_c')} \\ A_s' &= \frac{29625.692 \text{ N}}{(37.5 - 0.85 \times 30)} = 2468.80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$A_{ss} = \frac{29625.692N}{240} = 123.440 \text{ mm}^2$$

Tulangan Perlu

$$\begin{aligned} A_s &= A_{ss} + A_{sc} \\ &= 123.440 + 2468.80 \\ &= 2592.24 \end{aligned}$$

Jadi Pada Pelat Lantai Basement Dibutuhkan

$$\begin{aligned} A_s &= 14 \text{ D16} = 2814.86 \text{ mm}^2 \\ A_{s'} &= 13 \text{ D16} = 2613.80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Penulangan Geser Pelat lantai basement

$$\begin{aligned} V_u &= q_u \times 1 \text{ m} - (1.2 \times 1 \text{ m} \times 0.25 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3) \times 1 \text{ m} \\ &= 3 \text{ t} - 0.72 \text{ t} = 2.28 \text{ t} \\ &= 22800 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 * \sqrt{f_c} * b * d = 1/6 * \sqrt{30 \text{ Mpa}} * 1000 \text{ mm} * 190 \text{ mm} \\ &= 173445.477 \text{ N} \end{aligned}$$

Kondisi $V_u < 0.5 \phi V_c$

$$\begin{aligned} &= 22800 \text{ N} < 0.5 \times 0.6 \times 173445.477 \text{ N} \\ &= 22800 \text{ N} < 52033.640 \text{ N} \end{aligned}$$

maka tidak diperlukan tulangan geser, tetapi dipasang tulangan praktis saja.

Dipasang tulangan praktis $\phi 12$ -200 mm.



7.6.3.2 Perencanaan Dinding Basement

Dinding basement merupakan suatu dinding yang mampu menahan gaya-gaya lateral yang diakibatkan oleh keadaan tanah disekitarnya. Dalam Perencanaannya, Dinding basement ini direncanakan sama dengan perencanaan *Shearwall*. Perancangan Dinding ini berdasarkan SK SNI'91 bab 3.3 sebagai struktur pemikul beban lentur dan aksial serta sebagai struktur dinding. Semua harus dirancang berdasarkan ketentuan yang berlaku kecuali bila resultan dari seluruh beban berfaktor terletak di dalam daerah segitiga, tebal dinding dapat dirancang dengan metode perancangan empirik (SK SNI'91 pasal 3.7.5.1).

7.6.3.2.1 Kuat Beban Aksial Rancang

Kuat beban aksial rancang ϕP_{nw} berdasarkan SK SNI'91 pasal 3.7.5.2 pers. 3.7.1 :

$$\phi P_{nw} = 0,55 \times \phi \times f'_c \times A_g \times \left(1 - \left(\frac{k \times L_c}{32 \times h} \right)^2 \right)$$

dimana :

$$\phi = 0,70$$

$$k = 0,8 \text{ (dikekang pada salah satu ujungnya)}$$

$$L_c = \text{jarak vertikal antara dua tumpuan}$$

$$h = \text{tebal dinding}$$

7.6.3.2.2 Perencanaan Kekuatan Lentur Dinding

Penulangan lentur pada dinding geser (*shearwall*) ini diberikan pada ujung-ujung dinding geser dengan memberi penebalan tulangan di daerah ujung dinding geser, ini dimaksudkan untuk menjamin daktilitas dan kekuatan.

Kekuatan lentur dinding geser :

$$M_u = 0,5 \times A_s \times f_y \times L_w \times \left(1 + \frac{N_u}{A_s \times f_y} \right) \times \left(1 - \frac{c}{L_w} \right)$$

atau

$$M_n = A_s \times f_y \times L$$

setelah ditaksir A_s dan t , maka :



$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \rightarrow L = L_w - \frac{t + a}{2}$$

7.6.3.2.3 Perencanaan Kuat Geser

Bila, $\frac{P_u}{A_g} < 0,2 \times f_c' \rightarrow$ dan di sendi plastis kontribusi beton diabaikan dan dipasang

tulangan horisontal $\rightarrow 0,25\%$

Kuat geser rencana bagi dinding geser pada penampang dasar sehubungan dengan adanya pembesaran dinamis :

$$V_{u,d \max} = \omega_d \times 0,7 \times \frac{M_{\text{kap},d}}{M_{E,d \max}} \times V_{E,d \max} \quad (\text{SK SNI'91 3.14.7 butir 7})$$

di sendi plastis :

$$V = \frac{V_n}{b \times d}$$

$$\text{perlu tulangan } A_s \text{ horisontal} = \frac{V_n \times b_w \times S}{f_y}$$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton :

Perencanaan geser harus dilakukan berdasarkan SK SNI'91 pasal 4.10, dimana disyaratkan bahwa :

- Kuat geser V_n pada sebarang penampang horisontal terhadap geser bidang dinding

tidak boleh lebih besar dari $\left(\frac{5}{6} \times \sqrt{f_c'} \times h \times d \right)$

- Untuk kuat geser V_c diambil dari nilai terkecil dari persamaan di bawah ini (SK SNI'91 pasal 3.4.10.6):

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{4} \right) \times h \times d + \frac{N_u \times d}{4 \times l_w}$$

atau

$$V_c = \left(\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{2} + \frac{l_w \left(\sqrt{f_c'} + 2 \left(\frac{N_u}{l_w \times h} \right) \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right) \div 10 \right) \times h \times d$$



dimana :

l_w = panjang horisontal dinding

$d = 0,8 l_w$ (SK SNI'91 pasal 3.4.10.4)

tidak berlaku jika $\left(\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}\right)$ bernilai negatif, sedangkan V_c sendiri tidak boleh lebih

dari $\left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \times h \times d$ (SK SNI'91 pasal 3.4.10.5)

- Rasio tulangan geser horisontal (ρ_h) tidak boleh kurang dari 0,0025 dengan spasi

(s_2) tidak boleh lebih dari $\frac{l_w}{5}$ atau 500 mm (SK SNI'91 pasal 3)

- Rasio tulangan geser vertikal terhadap luas bruto penampang horisontal beton tidak boleh kurang dari ρ_v . (SK SNI'91 pasal 3.4.10.9.4)

$\rho_v = 0,0025 + 0,5\left(2,5 - \frac{h_w}{l_w}\right) \times (\rho_v - 0,0025)$ (SK SNI'91 pasal 3.4.10.5)

ataupun 0,0025 tetapi tidak harus lebih besar dari tulangan perlu dengan spasi (s_1)

tidak boleh lebih dari $\frac{l_w}{3}$, $3h$ atau 500 mm.

Selain itu perlu diperhatikan syarat-syarat penulangan untuk struktur dengan tingkat daktilitas penuh.

Syarat-syarat penulangan pada dinding geser :

1. Dalam segala hal tidak boleh kurang dari persyaratan untuk struktur tingkat daktilitas
2. Dimensi tulangan $< \frac{1}{10} d$
3. Untuk dinding dengan tebal $d \geq 200$ mm, maka di setiap arah harus dipasang 2 lapis tulangan (SK SNI'91 pasal 3.14.9.7.2b)

Persyaratan di atas bertujuan untuk :

- Melindungi kerusakan beton akibat adanya beban tertukar terutama pada keadaan *inelastic*



- Mengendalikan lebar retak yang akan timbul pada dinding karena penyebaran tulangan lebih merata sepanjang dan setinggi segitiga dinding tersebut.

4. Jarak antar tulangan vertikal

≤ 200 mm, di dalam daerah ujung

≤ 300 mm, di luar daerah ujung

5. Jarak antar tulangan horisontal

≤ 200 mm, untuk daerah ujung

$\leq 3 d$ atau

$\leq \frac{ld}{5}$ atau

≤ 450 mm, untuk daerah luar ujung (ambil yang terkecil) (SK SNI'91 pasal 3.14.9.7.3h)

Keterangan :

Panjang daerah ujung adalah :

- ld

- $\frac{hd}{6}$, maksimum $2 ld$

dari ketiga syarat tersebut diambil yang terbesar (SK SNI'91 pasal 3.14.9.7)

Sehingga bila dalam perhitungan tidak memenuhi syarat seperti tersebut di atas maka penulangan harus mengikuti syarat-syaratnya.

Dinding geser dirancang sedemikian rupa sehingga memenuhi batasan-batasan dari Standard Beton 1991, dimana daya dukung aksial dinding ditentukan dengan metoda perencanaan ampirik.



7.6.3.2.4 Contoh Perhitungan Penulangan Dinding Basement

Perencanaan Dinding Basement Akibat Tekanan Tanah Aktif dan Pasif.

Mencari Koefisien Tekanan Tanah

Diketahui : Kohesi Tanah $C_u = 2.6 \text{ t/m}^2$

: Sudut gesek tanah $\phi = 4^\circ$

$$\begin{aligned} \bullet K_a &= \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{4}{2} \right) = 0.756 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet K_p &= \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{4}{2} \right) = 1.150 \end{aligned}$$

Dimana : K_a = Koefisien Tekanan Tanah Aktif

K_p = Koefisien Tekanan Tanah Pasif

$$\begin{aligned} P_1 &= 0.5\gamma \times h^2 \times K_a \times 1 \text{ m} \\ &= (0.5 \times 1.713 \text{ t/m}^3) \times 3^2 \text{ m} \times 0.756 \times 1 \text{ m} \\ &= 5.828 \text{ Ton} = 5828 \text{ kg} = 58280 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= 0.5\gamma \times h^2 \times K_p \times 1 \text{ m} \\ &= (0.5 \times 1.713 \text{ t/m}^3) \times 3^2 \times 1.150 \times 1 \text{ m} \\ &= 8.865 \text{ Ton} = 8865 \text{ kg} = 88650 \text{ N (menentukan)} \end{aligned}$$



Langkah-langkah perhitungan penulangan dinding dilakukan sebagai berikut :

$$P_u = 88650 \text{ N}$$

$$V_u = 12788 \text{ N}$$

$$V_E = 177640 \text{ N}$$

$$M_u = 148190 \text{ N.m}$$

$$M_E = 116470 \text{ N.m}$$

Kuat beban aksial dinding geser :

$$\begin{aligned} \phi P_{nw} &= 0,55 \times 0,7 \times 30 \times 300 \times 7000 \times \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 3000}{32 \times 300} \right)^2 \right] \\ &= 22739062,5 \text{ N} > 88650 \text{ N} \dots\dots\dots \text{oke!} \end{aligned}$$

- Penulangan lentur dinding :

$$M_u = 148190 \text{ N-m}$$

$$M_n = \frac{148190}{0,8} = 185237,5 \text{ N-m}$$

Pendekatan pertama : misalkan $L = 620 \text{ cm}$

$$A_v = \frac{185237,5 \times 10^2}{3900 \times 200} = 18,994 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{dipakai tulangan } 10 \text{ D16} = 20,1 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{20,1 \times 390}{0,85 \times 30 \times 30} = 10,25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{nakt} &= 20,10 \times 3900 \times 5.98125 \\ &= 468870.1875 \text{ kg-m} \approx 4688701.875 \text{ N-m} > 185237,5 \text{ N-m} \dots\dots\dots \text{oke!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{kap,d} &= 4688701.875 \times 1,25 \\ &= 5860877.344 \text{ N-m} \end{aligned}$$



- Penulangan Geser Horizontal

Kuat geser yang disediakan beton :

Sebagai pendekatan d diambil = $0.8 \times 6200 \text{ mm} = 4960 \text{ mm}$

$$V_c = \frac{\sqrt{30}}{4} \times 300 \times 4960 + \frac{191444 \times 4960}{4 \times 6200}$$
$$= 2075816.714 \text{ N}$$

atau :

$$V_c = \left[\frac{\sqrt{30}}{2} + \frac{6200 \times \left(\sqrt{30} + 2 \times \frac{191444}{6200 \times 300} \right)}{\frac{148190}{12788} - \frac{6200}{2}} \right]$$

Persamaan tersebut tidak berlaku bila :

bernilai negatif, $\frac{148190}{112788} - \frac{6200}{2} = -3088.411$ (nilai negatif)

atau

Nilai V_c tidak boleh lebih besar dari :

$$V_c = \frac{5}{6} \times \sqrt{30} \times 300 \times 4960$$
$$= 6791759.709 \text{ N} > 2075816.714 \text{ N} \quad \text{.....oke!}$$

Penampang beton cukup kuat untuk menahan gaya geser maka cukup digunakan tulangan minimum ($2D10, A_s = 1,57 \text{ cm}^2$)

Beban geser maksimum pada dasar dinding geser :

$$V_{u,d \text{ max}} = 1,3 \times 0,7 \times \frac{272552,2313}{116470} \times 17764$$
$$= 37828,386 \text{ N}$$

$$V = \frac{37828,386}{30 \times 240} = 5,254 \text{ kg/m}^2$$

jarak maksimum tulangan horizontal diambil = 20 cm

Luas tulangan horizontal :

$$A_{s \text{ horizontal}} = \frac{5,254 \times 30 \times 20}{390} = 0,108 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{diambil tulangan horizontal berlapis}$$

dua ($2 D10 = 1,58 \text{ cm}^2$), dipasang setinggi L_w



Jadi digunakan tulangan horisontal D10-200

- Penulangan Geser Vertikal

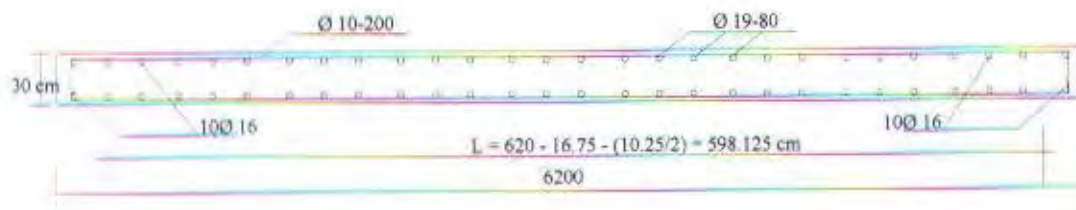
Rasio ρ_n dari tulangan geser vertikal terhadap luas bruto penampang horisontal beton tidak boleh kurang dari 0,0025 :

$$\rho_n = 0,0025 + 0,5 \times \left(2,5 - \frac{3000}{6200} \right) \times (0,0011 - 0,0025) \rightarrow \text{karena nilai kecil,}$$

maka :

$$\text{As vertikal} = 0,0025 \times 300 \times 4960 = 3720 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan horisontal 2 lapis D19-80 (As ada = 3927.0 mm²)



Gambar 7.11 Sket Rencana Penulangan Dinding Basement



TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEDUNG ATC
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL/ FTSP/ ITS SURABAYA
2004



BAB VIII KESIMPULAN



BAB VIII

KESIMPULAN

8.1. Kesimpulan

Setelah menyelesaikan perencanaan struktur gedung ATC Politeknik Negeri Bandung dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pradimensi balok dan kolom sangat berpengaruh dalam pengontrolan simpangan atau Drif. Oleh karena itu direncanakan suatu dimensi yang cukup kuat untuk menahan beban gempa yang bekerja pada struktur.
2. Struktur tangga direncanakan tidak mempengaruhi perilaku struktur utama, maka perletakan dianggap rol pada satu sisinya dan sendi pada sisi lainnya, apabila dianggap jepit maka ikut menahan gaya gempa.
3. Untuk perhitungan gaya-gaya dalam dari balok induk dan kolom, diperoleh dari analisa statik ekuivalen 3 dimensi dengan program Bantu SAP 2000.v8.08. Struktur utama akan dimodelkan sebagai struktur open frame (space frame). Untuk permodelan dengan cara ini, maka massa dari tiap-tiap lantai dapat diasumsikan terpusat pada satu nodal atau master join.
4. Dengan jumlah tulangan yang didapat, ternyata kolom memiliki jumlah tulangan yang terbanyak di bandingkan dengan balok. Hal ini membuat perilaku struktur lebih kuat untuk menahan gaya gempa. Keruntuhan yang diharapkan pula lebih kecil.
5. Perencanaan tulangan pada pertemuan Balok Kolom harus sesuai dengan Momen Kapasitasnya.



6. Untuk Struktur bawah atau basement didapatkan pelat lantai dengan $t = 250$ mm yang mampu menahan gaya Uplief $q_u = 3$ t/m². Dengan daya Dukung tanah cukup baik $\gamma = 1.713$ t/m³.



TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEDUNG ATC
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL/ FTSP/ ITS SURABAYA
2004

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Perencanaan Nasional (BSN). “ **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 03 – 1726 – 2002**”.
 - Departemen Pekerjaan Umum. 1971 “ **Peraturan Beton Bertulang Indonesia N.I.-2**”, Penerbit Direktorat Jendral Cipta Karya.
 - Departemen Pekerjaan Umum. 1983 “**Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung**”, Penerbit Direktorat Jendral Cipta Karya, Bandung
 - Departemen Pekerjaan Umum. 1987 “**Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung**“, Penerbit Yayasan Badan Penerbit PU
 - Departemen Pekerjaan Umum. 1991 “**Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SKSNI T-15-1991-03**”, Penerbit Yayasan LPMB, Bandung
 - Vis, W.C., dan Gideon, H.K. 1994 “ **Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang 1,3, dan 4**”, Penerbit Erlangga, Jakarta
 - **Laboratorium Beton Dan Bahan Bangunan “ Jurusan Teknik Sipil” Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan .Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.**
-



TUGAS AKHIR
PERENCANAAN GEDUNG ATC
POLITEKNIK NEGERI BANDUNG
PROGRAM S-I JURUSAN TEKNIK SIPIL/ FTSP/ ITS SURABAYA
2004

LAMPIRAN

Design and Manufacturing Reference

Item	Reference	Description
Design	JIS A 5335 - 1985	Prestressed Spun Concrete Piles
	ACI 543R-74/ 1980	Recommendation for Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles
	NI 2 PBI - 1971	Indonesian Concrete Codes
Manufacturing	JIS A 5335 - 1985 WIKI-II-IK-007	Prestressed Spun Concrete Piles Piles Manufacturing Works Instruction

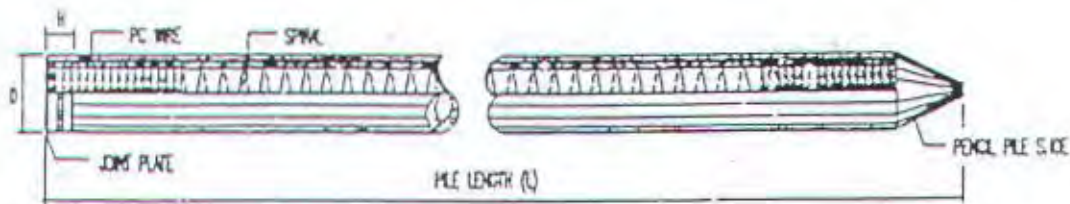
Specification of Material

Item	Reference	Description	Specification
Aggregate	ASTM C33 - 1985	Standard specification for Concrete Aggregates	
	NI 2 PBI - 1971	Indonesian Concrete Codes	
Cement	SII 0013 - 1981	Quality and testing method of Portland cements	Standard Product type I Special order: type-II or V
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard specification for chemical admixture for concrete	Type-A: water reducing admixtures
Concrete	JIS A 1132 - 1985	Method of Making and Curing Concrete Specimens	
	JIS A 1108 - 1985	Method of Test Compressive Strength of Concrete	
	NI 2 - PBI - 1971	Indonesian Concrete Codes	Compressive Strength at 28 days : 600 kgf/ cm ²
PC Wire	JIS G 3536 - 1985	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete	SWPD1
Spiral Wire	JIS A 3532 - 1985	Low Carbon Steel Wire	SWMA
Joint Plate	JIS G 3101 - 1987	Rolled steel for general structure	SS 41
Welding	ANSI/ AWS D1.1-1990	Structural Welding Code-Steel	AWS A S.1/ E 6013 NIKKO STEEL RB26/ RD 260, LION-26, or Equivalen

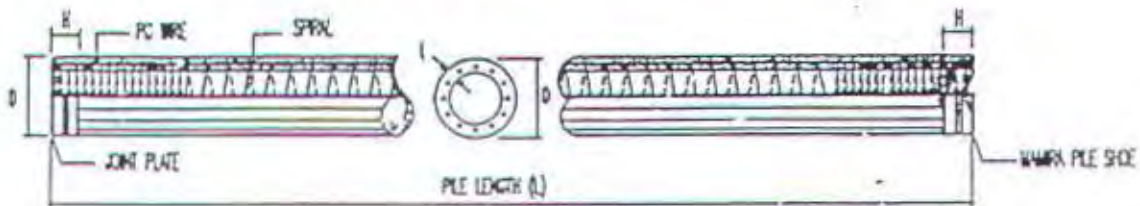
SHAPE AND DIMENSIONS



MIDDLE PILE



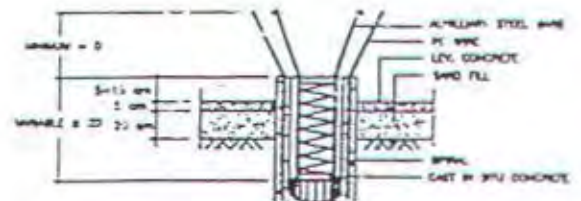
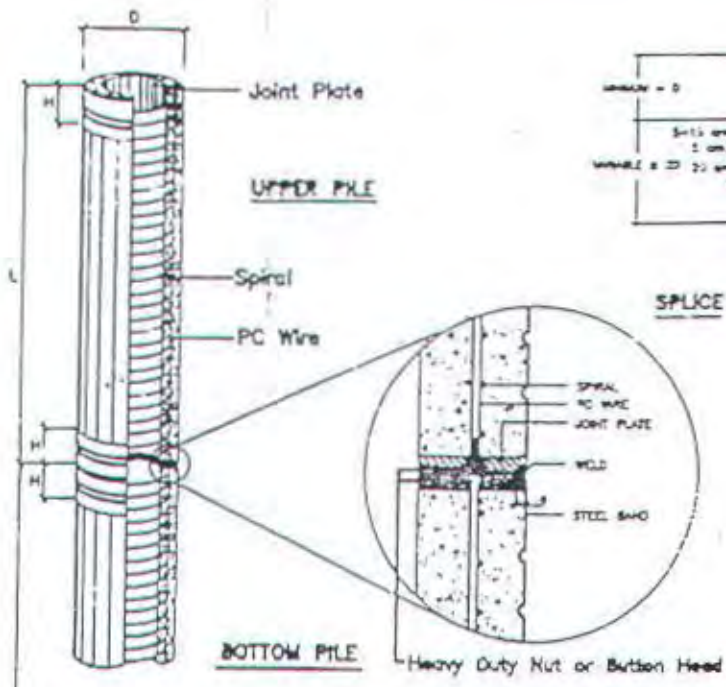
BOTTOM PILE (PENCIL SHOE)
(STANDARD PRODUCT)



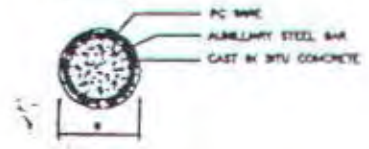
BOTTOM PILE (MAMIRA SHOE)
(SPECIAL DESIGN)

Outside Diameter (D-mm)	Wall Thickness (T-mm)	Length of ¹⁾ Single Pile (L-m)	Steel Band ²⁾ Length (H-mm)	Pencil Shoe Length (D-mm)	Unit Weight ³⁾ (W - kg/m)
300	60	6 - 13	100	300	110
350	65	6 - 15	100	350	140
400	75	6 - 16	150	400	200
450	80	6 - 16	150	450	240
500	90	6 - 16	150	500	300
600	100	6 - 16	150	600	400

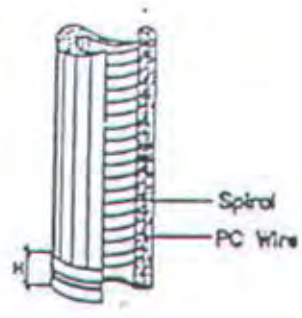
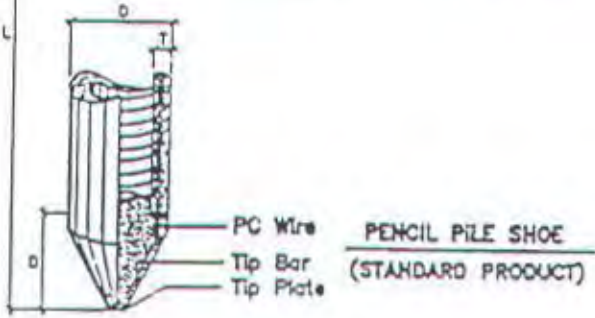
PILE HEAD, SPLICE & SHOE



SPLICE



PILE CAP CONNECTION DETAIL

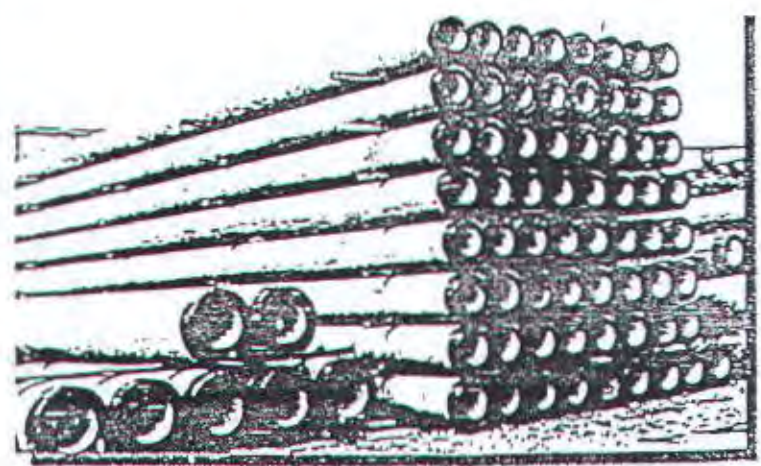
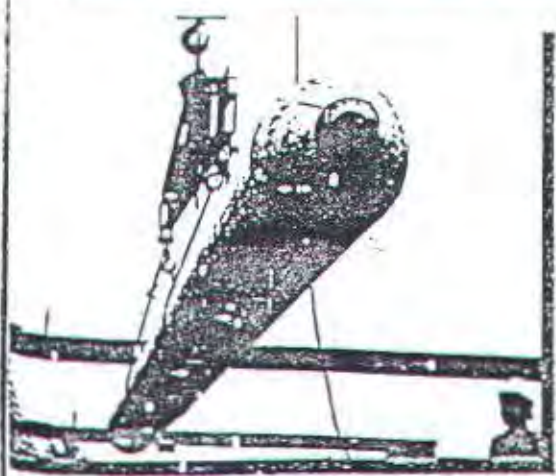


MAMIRA PILE SHOE
(SPECIAL ORDER)

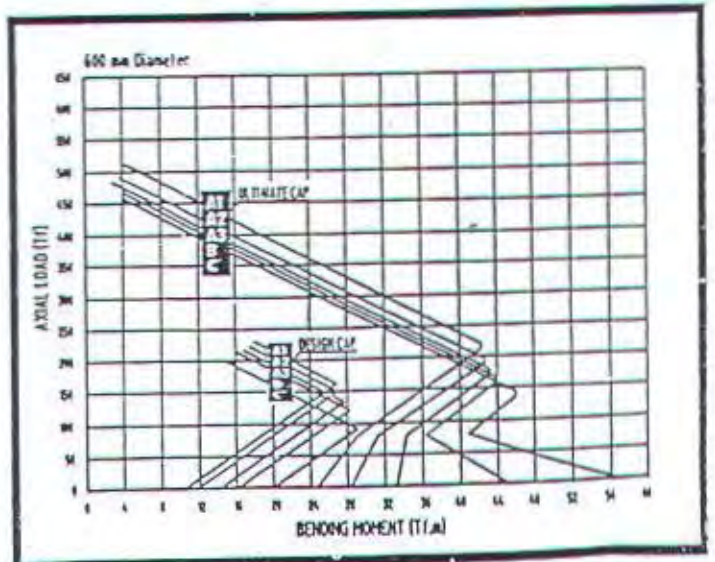
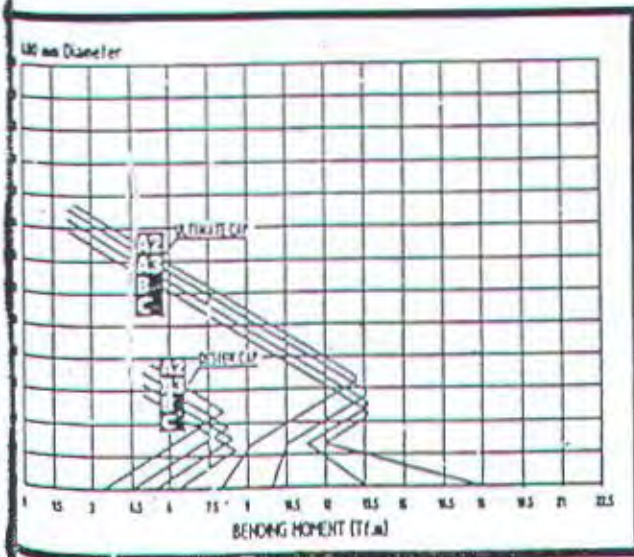
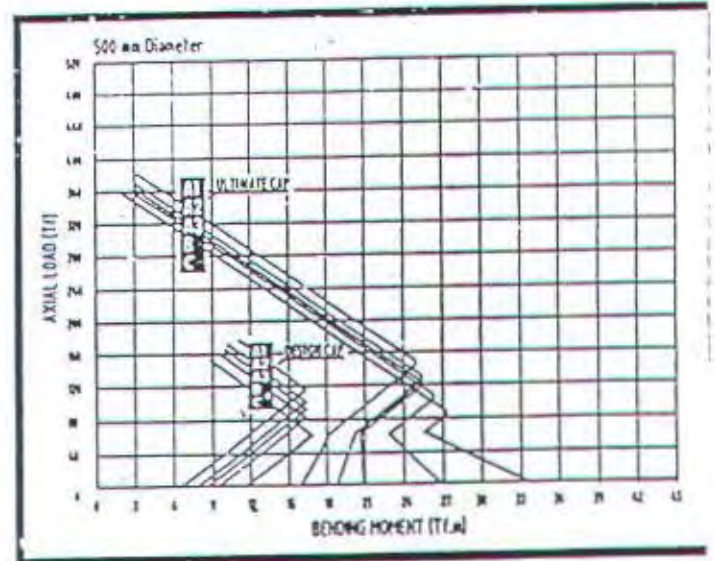
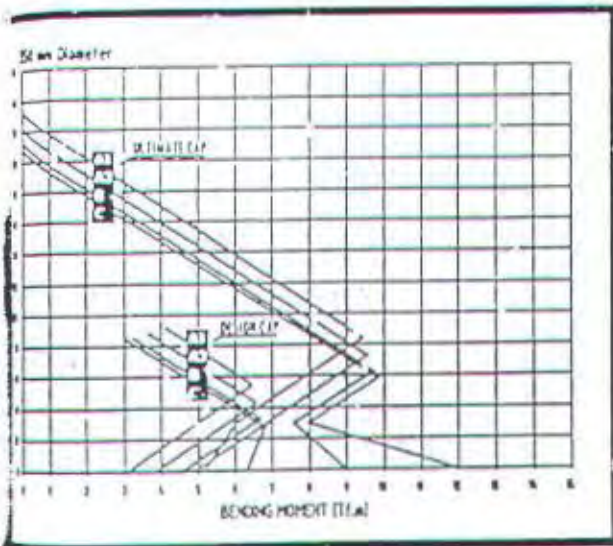
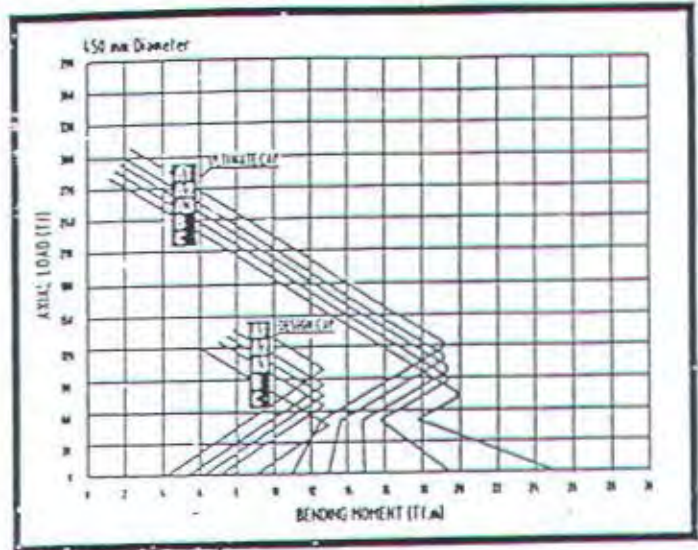
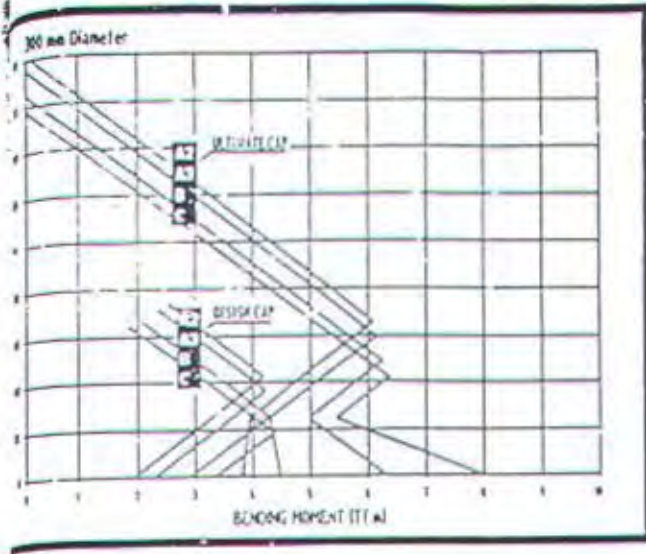
Mamira Pile Shoe (Special design)			Thickness of Weld
D (mm)	T (mm)	H (mm)	a (mm)
300	60	100	8
350	65	100	10
400	75	150	10
450	80	150	10
500	90	150	10
600	100	150	10

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Section Modulus (cm ³)	Bending Moment Capacity (tf.m)		Allowable Axial Load (tf)
					Crack	Ultimate	
300	60	A2	452	2368,70	2,50		72,60
		A3		2389,60	3,00		70,75
		B		2431,40	3,50		67,50
		C		2478,70	4,00		65,40
350	65	A1	582	3646,00	3,50		93,10
		A3		3693,90	4,20		89,50
		B		3741,70	5,00		86,40
		C		3787,60	6,00		85,00
400	75	A2	765	5483,50	5,50		121,10
		A3		5537,40	6,50		117,60
		B		5591,30	7,50		114,40
		C		5678,20	9,00		111,50
450	80	A1	929	7591,60	7,50		149,50
		A2		7655,60	8,50		145,80
		A3		7717,10	10,00		143,80
		B		7783,80	11,00		139,10
500	90	A1	1159	10505,00	10,50		185,30
		A2		10579,30	12,50		181,70
		A3		10653,50	14,00		178,20
		B		10727,80	15,00		174,90
600	100	A1	1570	17482,80	17,00		252,70
		A2		17577,70	19,00		249,00
		A3		17792,70	22,00		243,20
		B		17949,60	25,00		238,30
		C		18263,40	29,00		229,50

Notes: 1) Pile are generally comply to AS A 5335 - 1985 and modified to suit to ACI 543 - 1979, JSCE and PSI - 1971.
 2) Specified concrete cube compressive strength is 600 kg/cm² of 28 days.
 3) Allowable axial load is applicable to pile acting as a short strut.



INTERACTION DIAGRAM OF BENDING MOMENT & AXIAL LOAD CAPACITY





& Associates Limited

BORING LOG

PROJECT : Pasteur-Cikapayang-Surapati CONTRACT NO. : LOCATION : Kebon Bibit BORE HOLE NO. : ER 1 ELEVATION : + 734.542 COORDINATES : X-788012.524, Y-9236743.327 BENCH MARK : - 14.45 M WATER TABLE : - 3.00 M	BORING METHOD : Cone Sampling SAMPLING METHOD : Thin walled (Shelby) Tube S P T : Cable Hoisted Hammer DRILLER : Opid LOGGER : Uhen DATE : March 17 to 18, 1997	
---	--	--

DEPTH (M)	UNIFIED SOIL CLASS	GRAPH SYMBOL	ROCK / SOIL DESCRIPTION	DEPTH (M)	q u (Kg/Cm ²)	SPT - N VALUE	
						DEPTH (M)	BLOWS PER CM
0.00			SILTY CLAY, dark brown coloured, high plastic				
2.00			SILTY CLAY, buffaceous, brown coloured, few fine grained sand, high plastic, stiff	2.15		05/00	
3.50			TUFF, CLAYEY SILT, yellowish brown coloured, few fine grained sand, soft	4.15		12/30	
6.25			SILTY SAND, volcanic breccia, brownish grey coloured fine to coarse grained sand, gravelly diameter 0.50-7.00 cm very dense	6.15		05/00	
12.00			SILTY SAND, volcanic breccia, dark grey coloured, fine to medium grained sand, gravelly diameter 0.50-2.00 cm, very dense	8.45		60/09	
				10.15		60/12	N > 100
				12.15		60/17	N > 100
14.45			END OF THIS BORING CASING DOWN TO -11.00 M	14.15		79/00	

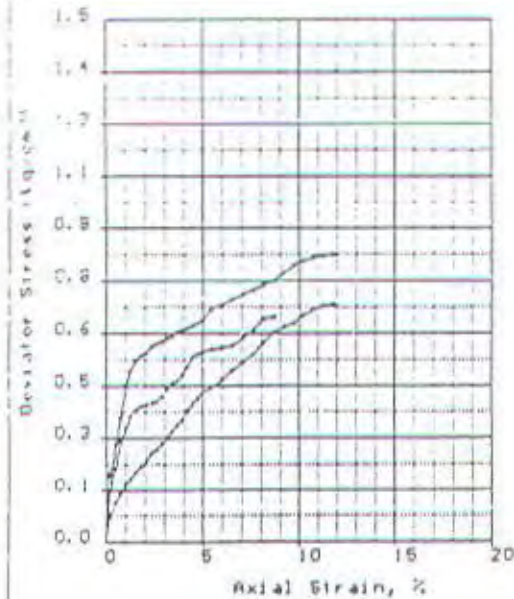
INDEC & ASSOCIATES LTD.
SOIL MECHANICS PROGRAM

TRIAXIAL TEST

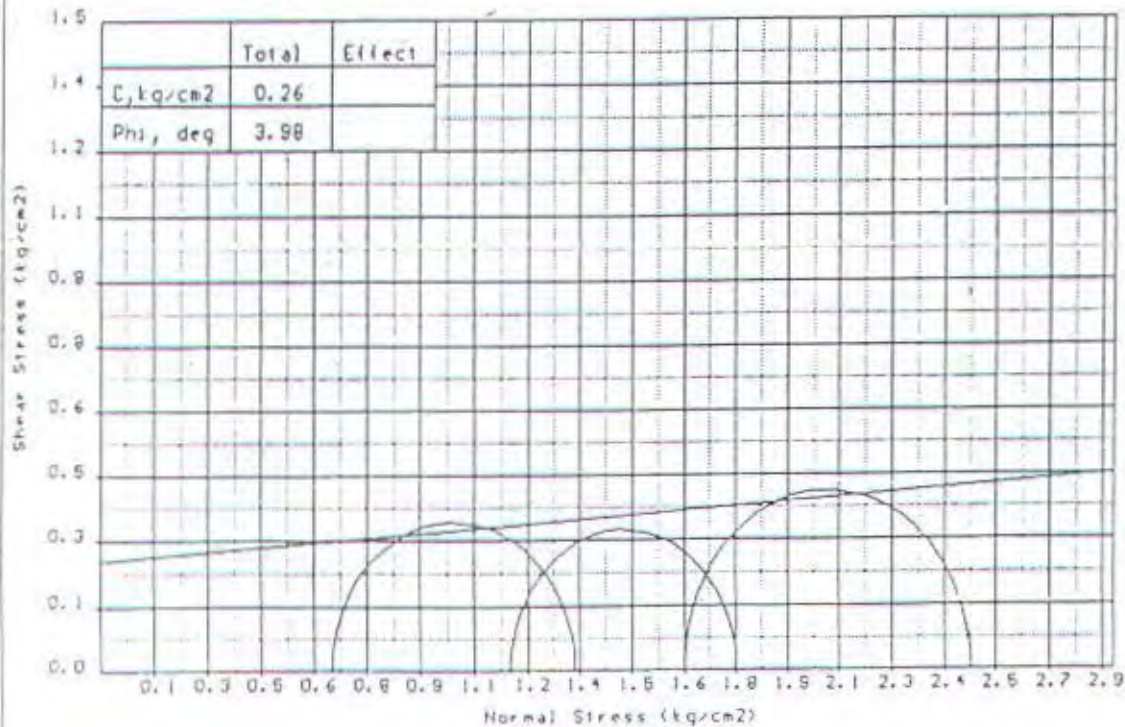
INDEC & ASSOCIATES LTD.

PROJECT : PASTEUR-CIKAPAYANG-SURAPATI
LOCATION : BANDUNG
DATE : MARCH 1997
TEST TYPE: UU
DESCRIPT.: SILTY CLAYS, HI. PLASTICITY, BROWN.

BOR NO. : EROI
TESTED BY : AAN S
SAMPLE DEPTH : 3.50-3.90
CONDITION : Undisturbed



SAMPLE NO.	1	2	3
Water Content, %	36.1	36.3	36.9
Unit Weight, t/m ³	1.73	1.76	1.77
Dry Density, t/m ³	1.27	1.27	1.27
Spec. Gravity, Gs	2.66	2.66	2.66
Saturation Sr, %	82.0	82.0	82.0
Void Ratio e	1.06	1.06	1.06
Area A _o , cm ²	11.3	11.3	11.3
Length L _o , mm	76.0	76.0	76.0
Initial Ppress, u _o	0.00	0.00	0.00
Residual Strain	0.00	0.00	0.00
Sigma-3, kg/cm ²	0.65	1.15	1.65
Back Press, kg/cm ²			
Fail Stress, kg/cm ²	0.69	0.65	0.83
Sigma-1, kg/cm ²	1.34	1.80	2.48
Sigma-3, kg/cm ²	0.65	1.15	1.65
Pore Press, kg/cm ²	0.00	0.00	0.00
Final Stress, kg/cm ²	0.69	0.65	0.83
Pore Press, kg/cm ²	0.00	0.00	0.00



CONSOLIDATION TEST

Project : Pasteur - Cikapayang - Surapali
 Boring No. : ER01
 Depth : 3.50-3.90

Tested by : Dody
 Date : Feb. 1997
 Comp. Index : 0.102

Load	e	Cv (x10 ⁻³)
0.25	1.168	8.935
0.50	1.149	6.973
1.00	1.130	2.905
2.00	1.097	6.234
4.00	1.057	1.881
2.00	1.072	
0.25	1.090	

