

INTERPRETASI DAN PELAJARAN DARI KEGAGALAN STRUKTUR PADA BANGUNAN SIPIL











Disajikan pada Seminar Nasional
“***Coaching Clinic Analysis Structure***”
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang

Antonius



Universitas Islam Sultan Agung
Jurusan Teknik Sipil

TUJUAN PERENCANAAN STRUKTUR

- a) Kuat  strength  Ultimit capacity
- b) Kaku  serviceability  Deflection, kekangan, beban dll
- c) Daktail  survival  Tahan gempa, deformability
- d) Stabil  geometri  Secondary effect

Sistem LRFD:

$$\phi M_n \geq M_u$$
$$\phi P_n \geq P_u$$
$$\phi V_n \geq V_u$$

Persyaratan layanan

- Deflection
- Time dependent analysis: creep, shrinkage
- Lebar retak dsb

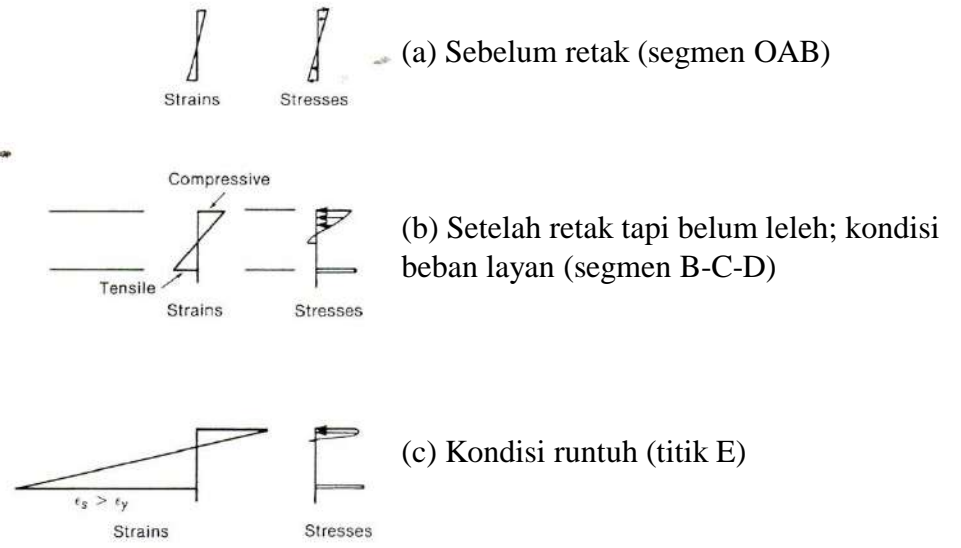
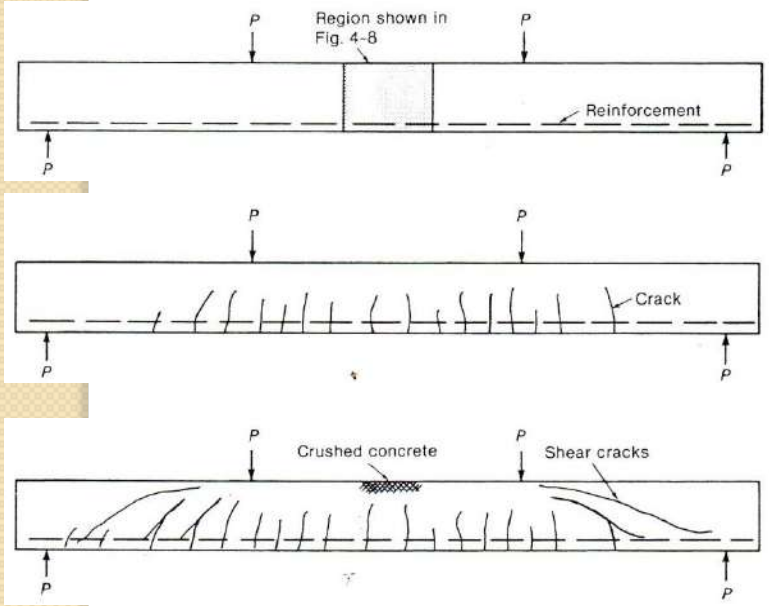
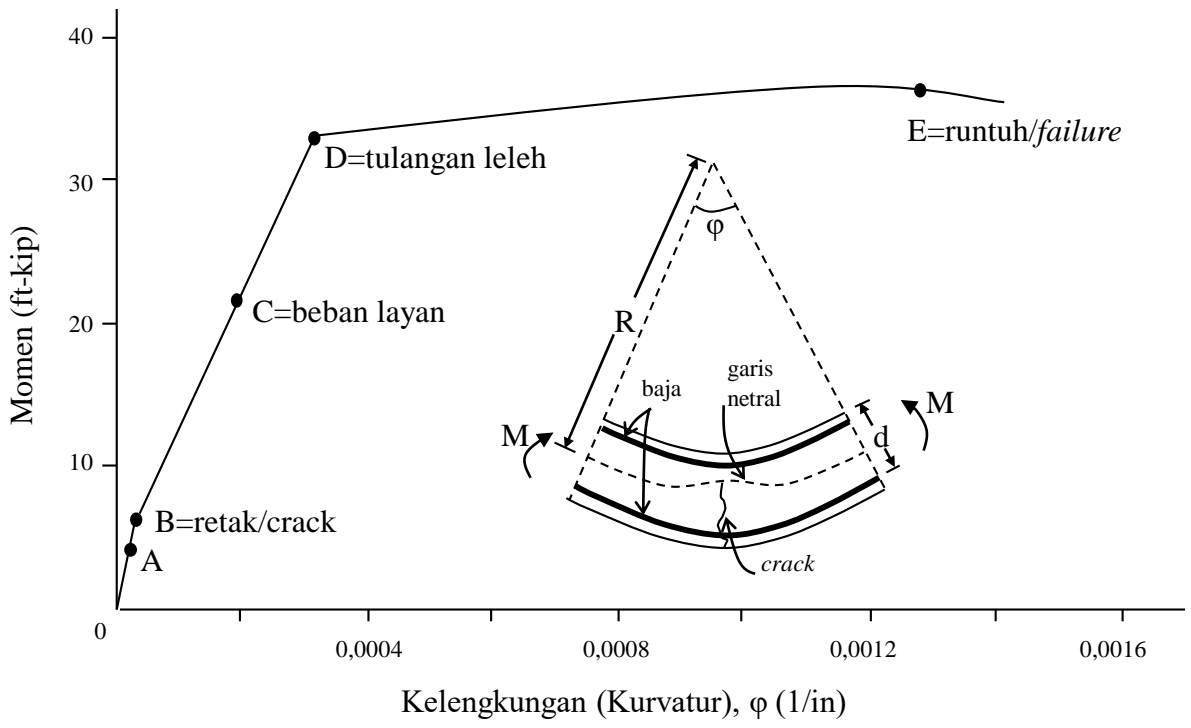
Struktur disebut daktail apabila sebelum runtuh memberikan:

- a) Deformasi leleh yang relatif besar
- b) Energi disipasi

Untuk struktur beton bertulang yang dapat bersifat daktail adalah komponen struktur lentur (flexural members), yang pada umumnya adalah balok. Sendi plastis akibat lentur dapat terbentuk bila:

- a) Kuat geser $>$ kuat lentur
- b) Deformasi geser kecil
- c) Tidak terjadi brittle failure baik akibat momen maupun geser

**PERILAKU
TUMBUHAN BETON
DITUMBUH TULANG**





PERENCANAAN STRUKTUR TAHAN GEMPA

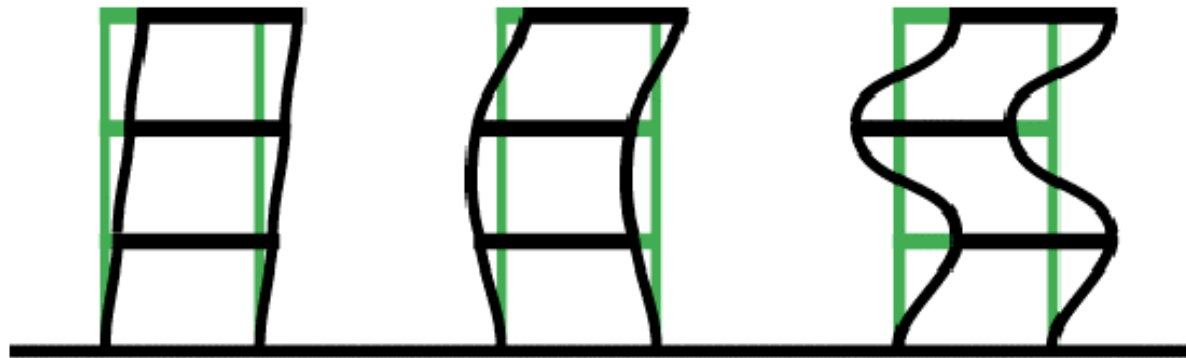
Karakteristik Bangunan

- Periode dasar dan Resonansi
- Mode getar
- Damping
- Daktilitas
- Kekuatan dan Kekakuan
- Drift dan Deformasi
- Pusat massa dan Pusat Kekakuan

Mode Getar

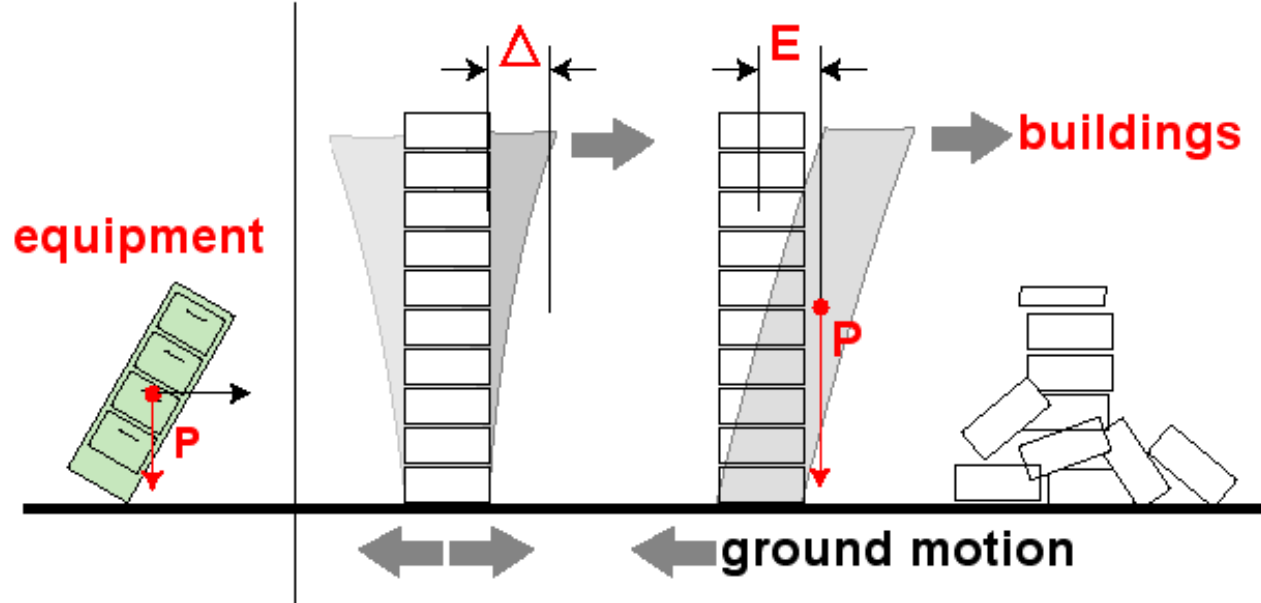
MODES OF VIBRATION

Tall buildings will undergo several **modes of vibration**, but for seismic purposes (except for very tall buildings) the **fundamental period**, or first mode is usually the most significant.



Keruntuhan Bangunan

OVERTURNING

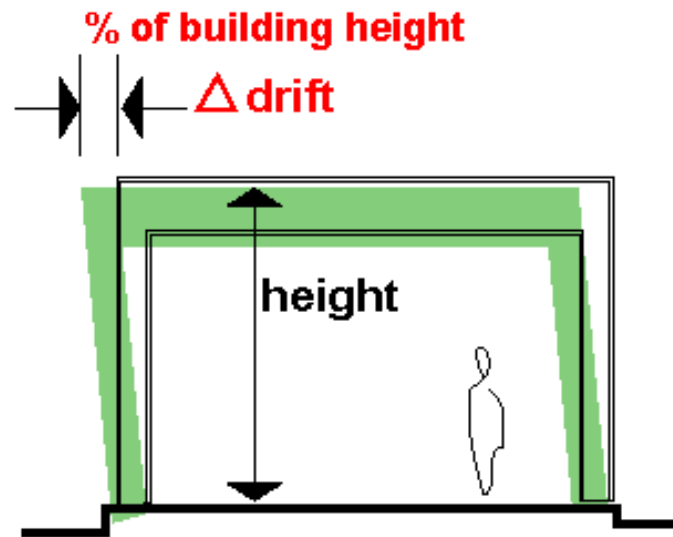


Bangunan jarang mengalami overturning, tapi mengalami keruntuhan total atau sebagian seperti pancake

Drift dan Deformasi

DRIFT and DEFORMATION

story drift ratio



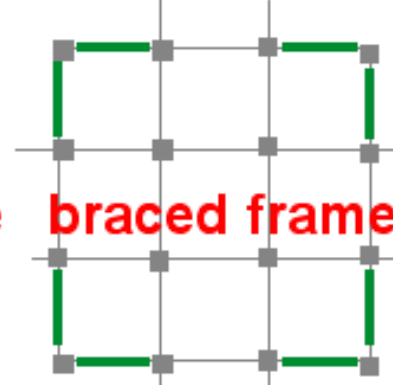
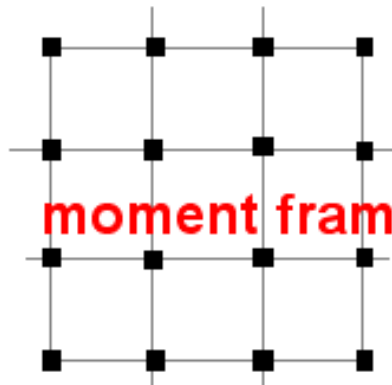
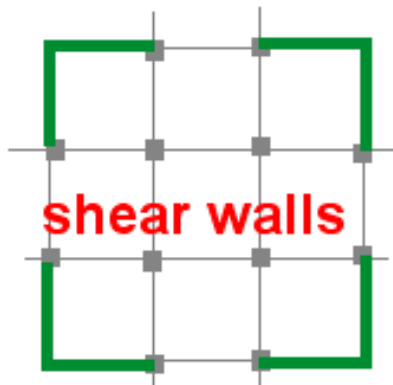
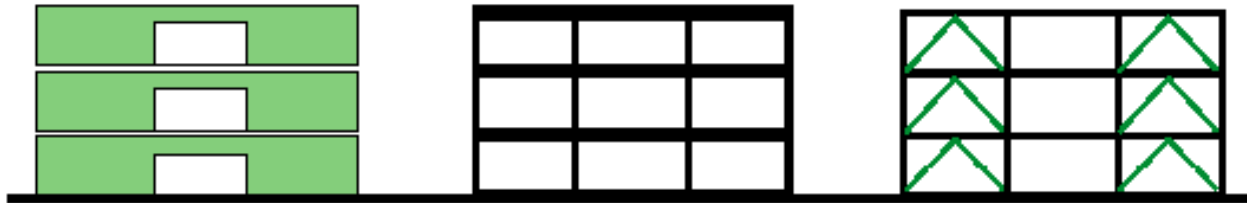


Sistem Struktur Tahan Gempa

Sistem Struktur Dasar

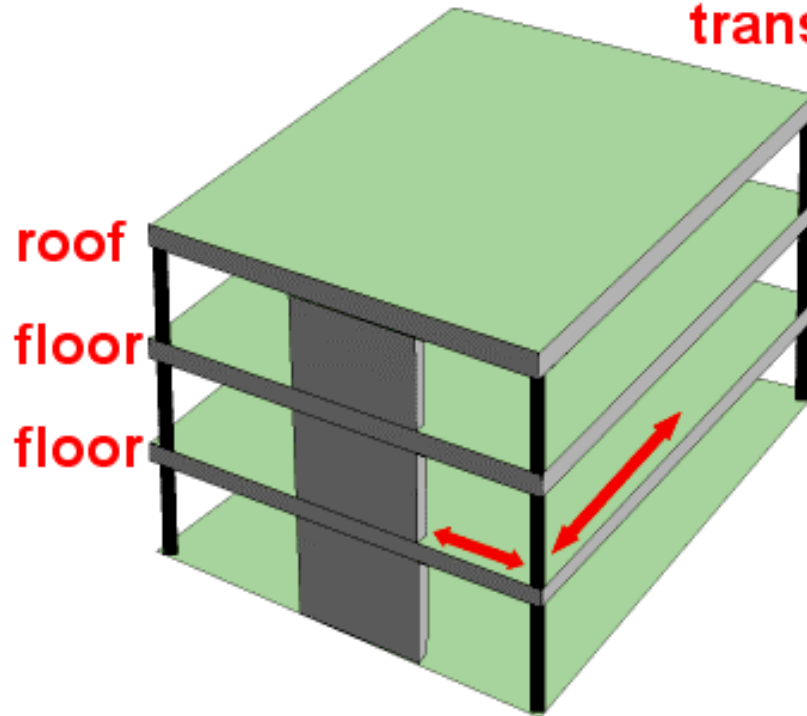
LATERAL FORCE RESISTING SYSTEMS

basic types



Diafragma

the roof and floor structures
transfer the lateral forces
to the columns and
shear walls





Beberapa Ketentuan Dasar untuk Struktur Beton

Ketentuan Dasar

- Kuat tekan beton struktural minimum = 17 MPa (K-200);
- Untuk struktur tahan gempa, kuat tekan beton minimum = 20 MPa (K-250);
- Baja tulangan yang digunakan haruslah tulangan ulir. Baja polos hanya diperkenankan untuk tulangan spiral atau tendon;
- Batasan tulangan di atas tidak berlaku untuk jaring kawat baja polos.

Kombinasi-kombinasi beban

(Pasal 11.2)

- Kombinasi beban mati dan beban hidup:

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R)$$

A= Beban Atap dan R = Beban Hujan

- Jika pengaruh angin ikut diperhitungkan:

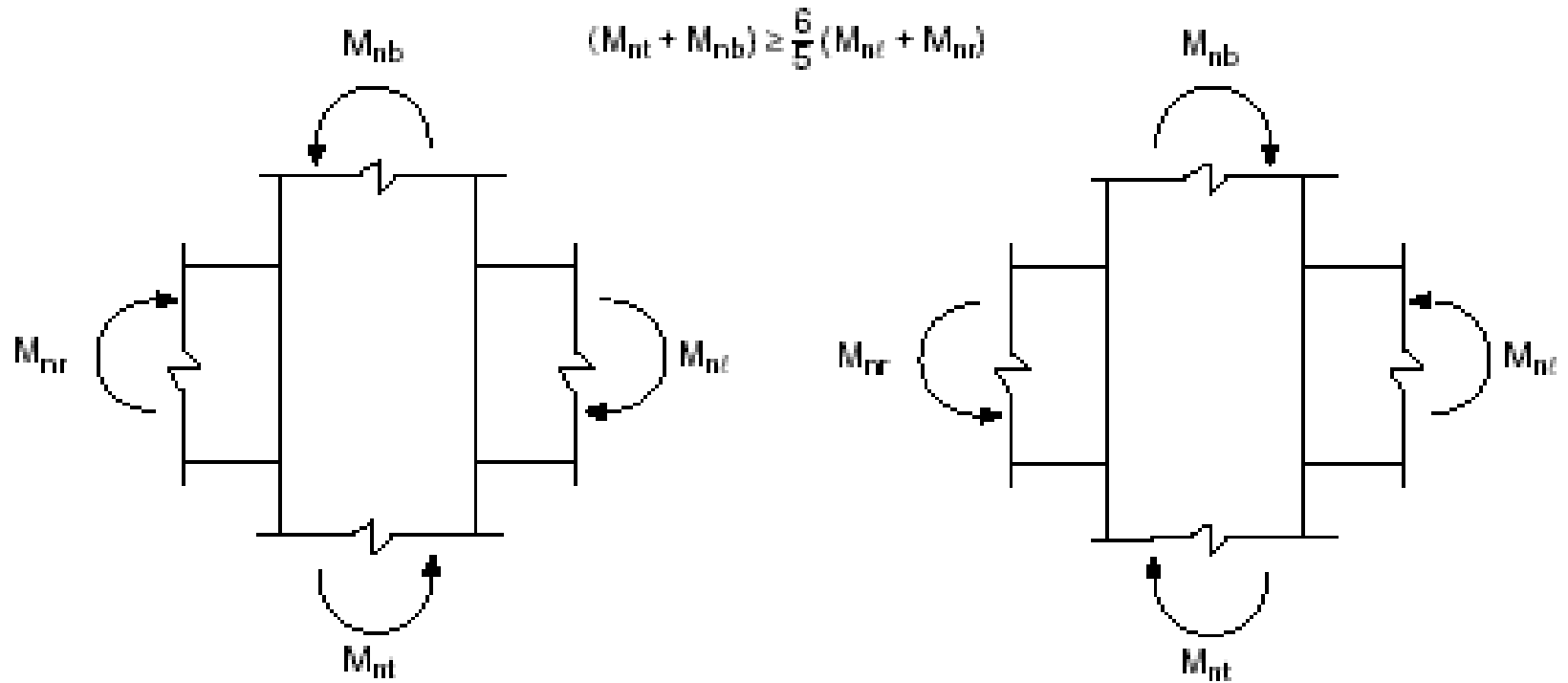
$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R) \text{ atau}$ $U = 0,9 D \pm 1,6 W$	} ambil pengaruh yang terbesar
--	--------------------------------

- Jika pengaruh gempa harus diperhitungkan:

$$U = 1,2 D + 1,0 L_R \pm 1,0 E \text{ atau}$$

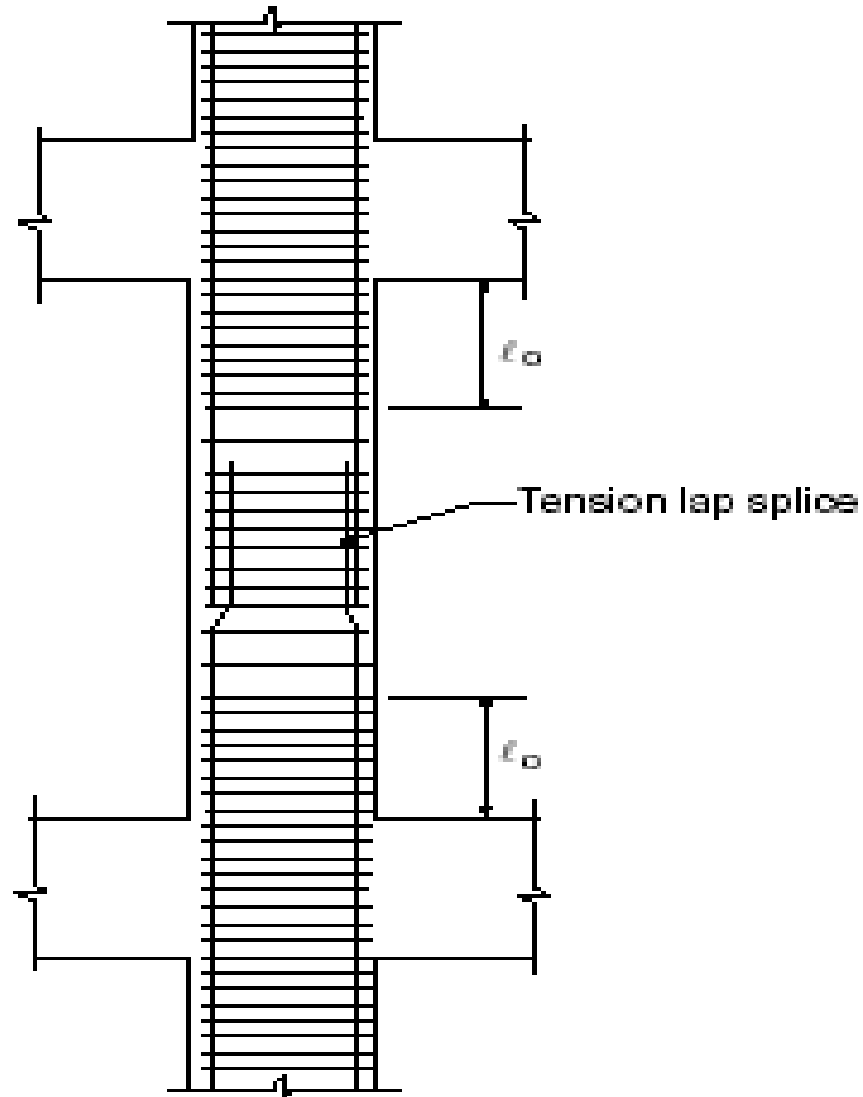
$$U = 0,9 D \pm 1,0 E$$

“Strong Column Weak Beam”

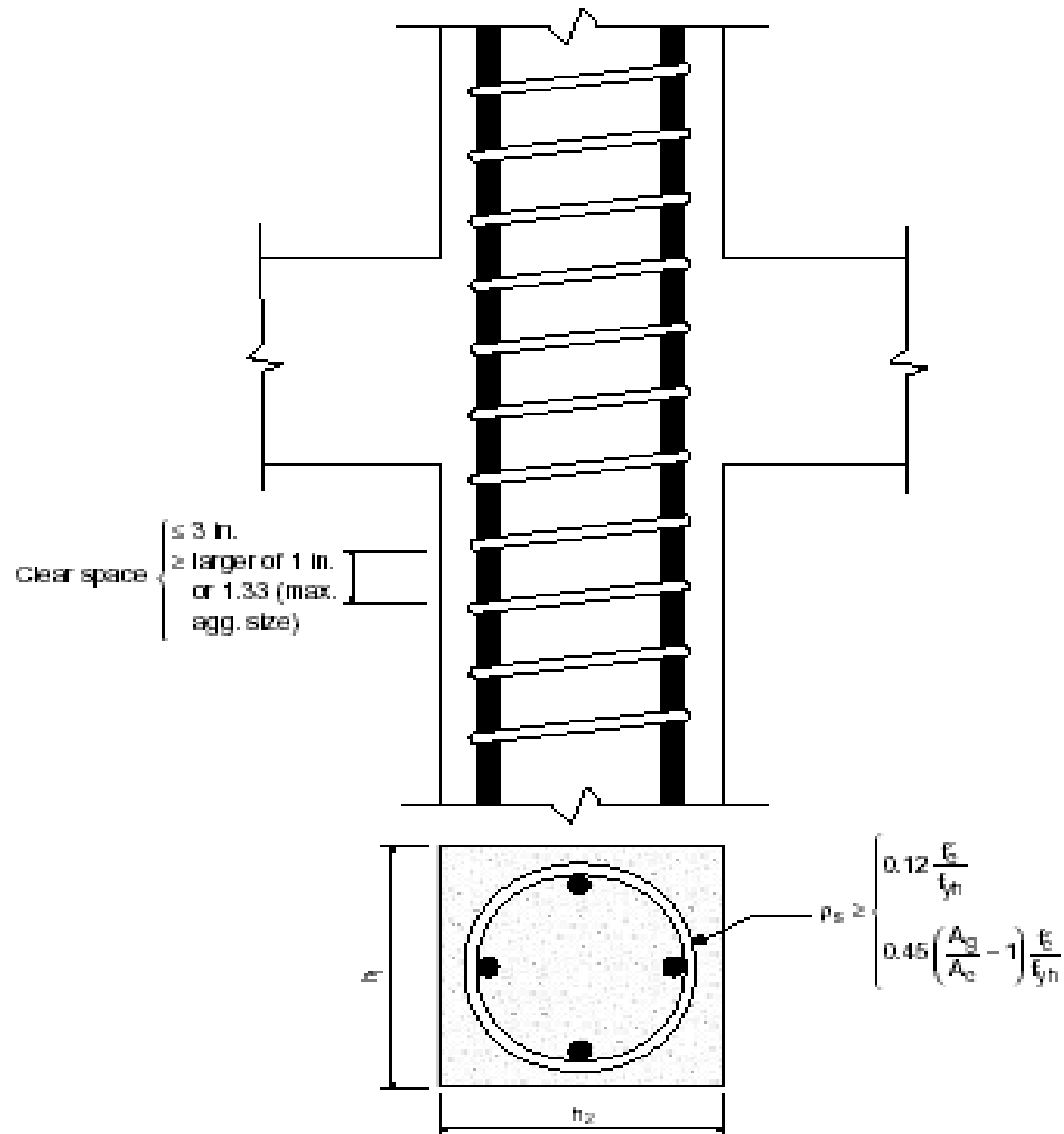


Subscripts l , r , t , and b stand for left support, right support, top of column, and bottom of column, respectively.

Sambungan Lewatan



Persyaratan Kekangan Kolom



STUDI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG TERHADAP GEMPA

Sistem Struktur

- Elemen struktur beton bertulang dengan atap dak beton
- Bangunan bertingkat, direncanakan untuk menahan beban tetap(DL) beban Hidup (LL) Beban Gempa(EL) dan juga beban angin (WV)
- Upper Structure : Sistem Portal
- Sub Structure : Sistem Pondasi, hasil soil test)

BASIC CONCEPT CALCULATION

- SISTEM STRUKTUR BERKAITAN DENGAN Arsitektur, Mekanikal Elektrik dan Equipment
- Preliminary design berkaitan dengan dimensi element struktur
- Pemakaian codes standards berkaitan dengan pembebanan, detailing penulangan pekerjaan beton
- Pemilihan model struktur berkaitan dengan faktor daktilitas maksimum (μ_m), faktor reduksi gempa maksimum (R_m), faktor tahanan lebih struktur (f_s) dan faktor tahanan lebih total konstruksi(f)

Loads design

- Beton Bertulang:
 - Pelat
 - Balok
 - Kolom
 - Tulangan
 - Tulangan

Beban mati

- Berat sendiri konstruksi
 - Berat jenis material adalah sebagai berikut :
 - » Air : 1 ton/m³
 - » Beton bertulang : 2.4 ton/m³
 - » Baja : 7.85 ton/m³
 - » Beban dinding (pasangan bata) ½ batu : 250 kg/m²

Beban hidup merata :

- Lantai : 0,25 ton /m²
 - Lantai Parkir : 0,4 ton /m²
 - Tangga : 0,3 ton /m²
- Beban Atap (air hujan) : 0,10 ton /m²

LOADING COMBINATION

- Untuk beban permanent
 - 1,40 DL
 - 1,20 DL + 1,60 LL
- Untuk beban temporary
 - $1,20 DL+LR \pm 1,0EQX, Y \pm 0,3EQY, X$
 - $0,9(DL+LL) \pm 1,0EQX \pm 0,3EQY$
 - $0,9(DL+LL) \pm 0,3EQX \pm 1,0EQY$
- DIMANA:
 - DL = Dead load
 - LL = Live load
 - Lr = reduction Live load
 - W = Wind load
 - Eq = Equation load

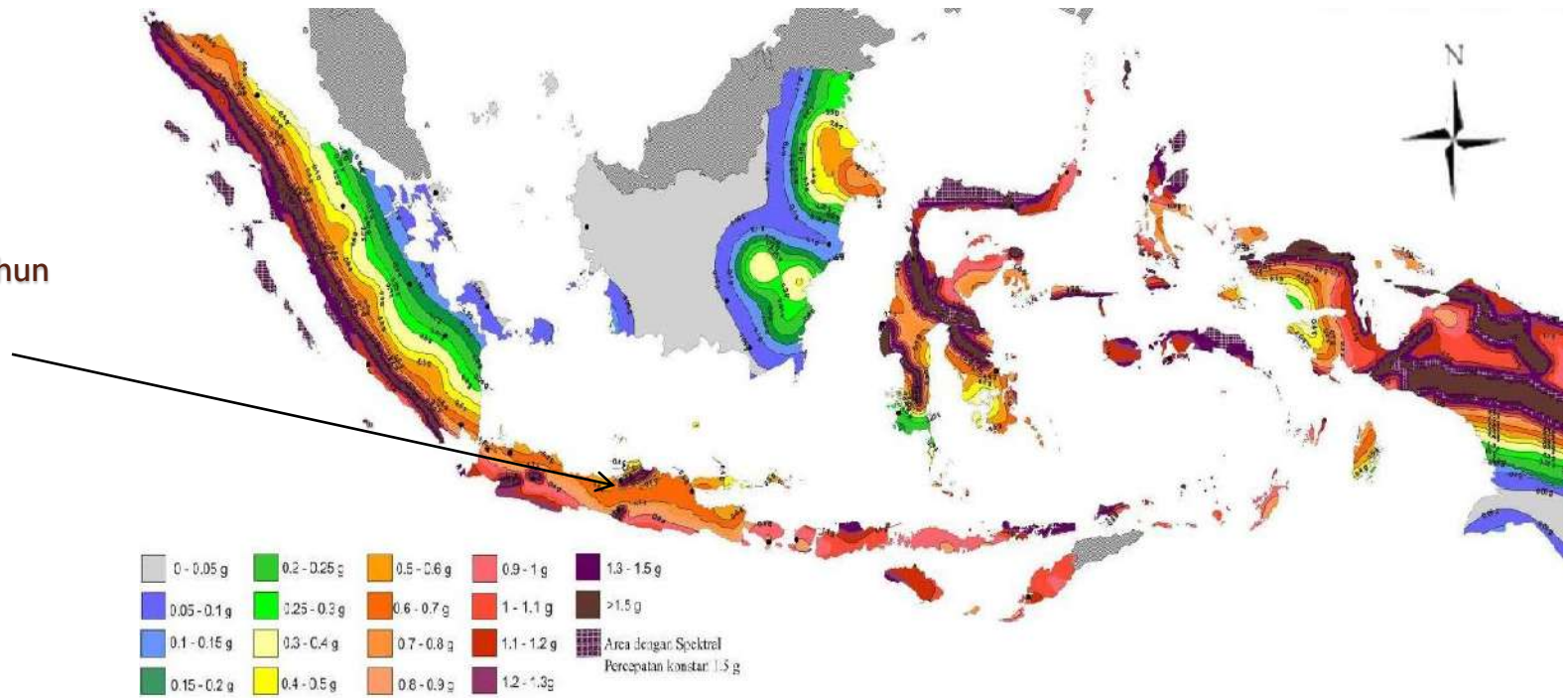
Momen Inersia Efektif

- Sesuai dengan SNI-1726-2012, dalam perhitungan gaya dalam dan deformasi (bukan untuk penentuan level beban gempa) kekakuan perencanaan struktur gedung terhadap pengaruh gempa rencana, pengaruh peretakan beton pada unsur beton bertulang harus diperhitungkan terhadap daktilitasnya.
- Untuk itu momen inersia penampang harus dikalikan efektifitasnya dengan prosentase efektif sebagai berikut:
 - Untuk kolom balok rangka beton =75%
 - Untuk dinding geser beton bertulang kantilver =60%
 - Untuk dinding geser beton bertulang berangkai
 - Dinding yang mengalami tarik aksial =50%
 - Dinding yang mengalami tekan aksial =80%
 - Balok perangkai dengan tulangan diagonal =40%
 - Balok perangkai dengan tulangan memanjang =20%

- Periode Getar alami fundamental (T_1), disesuaikan dengan batasan yang dipersyaratkan dalam SNI 1726 pasal 5.6
- T_1 harus $= < \zeta_n$
- Modal direction Factor (MDF) pada Mode 1 dan 2 harus translasional (D_x, D_y)
- Gaya Geser Rencana adalah yang didapat dari analisa Statik Equivalent (V_s) dan Dinamik Response Spectrum (V_d)
- Eccentrisitas dan Drift yang terjadi sesuai persyaratan SNI-1726-2012

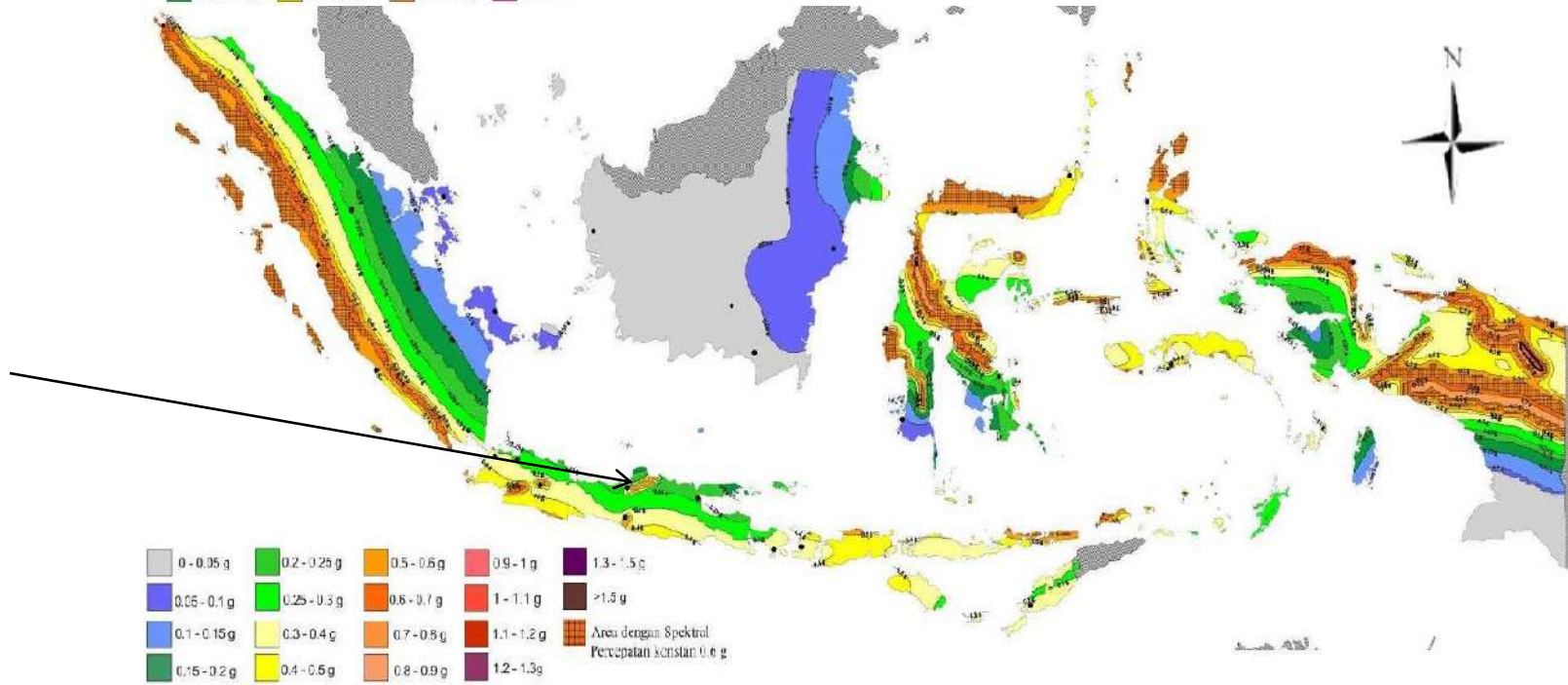
Ss

PGA, 2% dalam 50 tahun
(redaman 5%)



SI

Respons Spektra
Percepatan pada
0.20detik



Penentuan Beban Geser Dasar

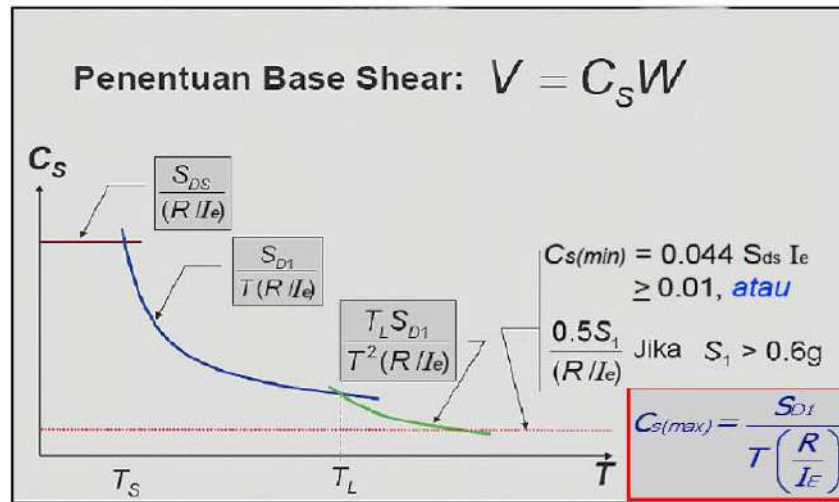
- Gaya geser horisontal total akibat gempa rencana SNI-1726-2012

$$\text{Penentuan Base Shear: } V = C_S W$$

- Apabila rasio antara tinggi struktur gedung dan ukuran denahnya dalam arah pembebanan gempa sama dengan atau melebihi 3, maka $0,1 V$ harus dianggap sebagai beban horisontal terpusat yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat paling atas, sedangkan sisanya dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung. (SNI-1726-2012 Pasal 6.1.4).
- Sehingga beban geser nominal didistribusikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban – beban nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke i menurut persamaan berikut ini :

$$F_{i(x,y)} = \frac{W_i z_i^k}{\sum_{i=1}^n W_i z_i^k} x V_{(x,y)}$$

Pembebanan Gempa 2012



Base Shear Formula: $V =$ from 3 or 4 formulas

Seismic Use Group

I: Agricultural, temporary, minor storage, Residential, Commercial, Housing

II: Public Space, Schools, Large Office, Jail, Power station, Water Treatr

III: Fire Rescue, Police, Hospitals, Backup Power station, Toxic, Aviation

Building Type for T Calculation

Steel Moment Resisting Frames

RC Moment Resisting Frame

Eccentrically Braced Frames

Other Buildings

Structural System, R

Rx

Rz

Site Class

A - Hard Rock

B - Rock

C - Soft Rock, Dense Soil

D - Stiff Soil

E - Soft Soil

F - Site Specific

Add Extra Force on Roof Top

Use user defined R

Use user defined To

Use Cmax for T < 0.2 sec

Use Cmin for T > 3.0 sec

Use Simplified Analysis (Larger Cd)

User Input Site Specific from Map

Ss S1

Select an Indonesian City (2011):

Seismic Amplification Factor (Doverst)

Omega, X

Omega, Z

Fa Sms g Sds g av g To sec

Fv Sm1 g Sd1 g Cu Ts sec

Structural System Name

X direction

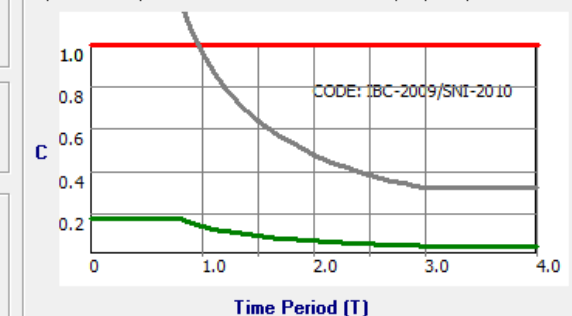
Z direction

The eq maps are from draft of latest revision, January 2011

Calculation Result for Earthquake Load:

Parameters	X_dir	Z_dir	Unit	Note
Earthq. Zone, Z	0.300	0.300		
Importance, I	1.250	1.250		
Ductility, R	8.500	8.500		
Height, H	60.000	60.000	m	
Width, B	44.800	13.650	m	
T_Coef, Ct	0.073	0.073		T=Ct.H^(3/4)
Period, T	1.576	1.576	sec	
Seismic C1	0.090	0.090		Sd1^(1)/(R*T)
Seismic C2	0.176	0.176		Sds^(1)/R
Seismic C3	0.000	0.000		NOT USED
Seismic C4	0.066	0.066		0.044*Sds^(1)
Design Cd	0.090	0.090		min(C1, max(C

Spectrum Response Curve - IBC-2009, SDC = D (Simplified)



Eccentricity center of mass

BACKGROUND THEORY → Code used : SNI-03-1726-2012

Method : Individual Center of Rotation

Formula :

- Untuk $e/b \geq 0.3$:
 - $ed = 1.33*e + 0.10*b$, atau
 - $ed = 1.17*e - 0.10*b$
- Untuk $e/b < 0.3$:
 - $ed = 1.50*e + 0.05*b$, atau
 - $ed = e - 0.05*b$

Dimana :

c.o.m = center of mass

c.o.r = center of rigidity

ed = eccentricity design

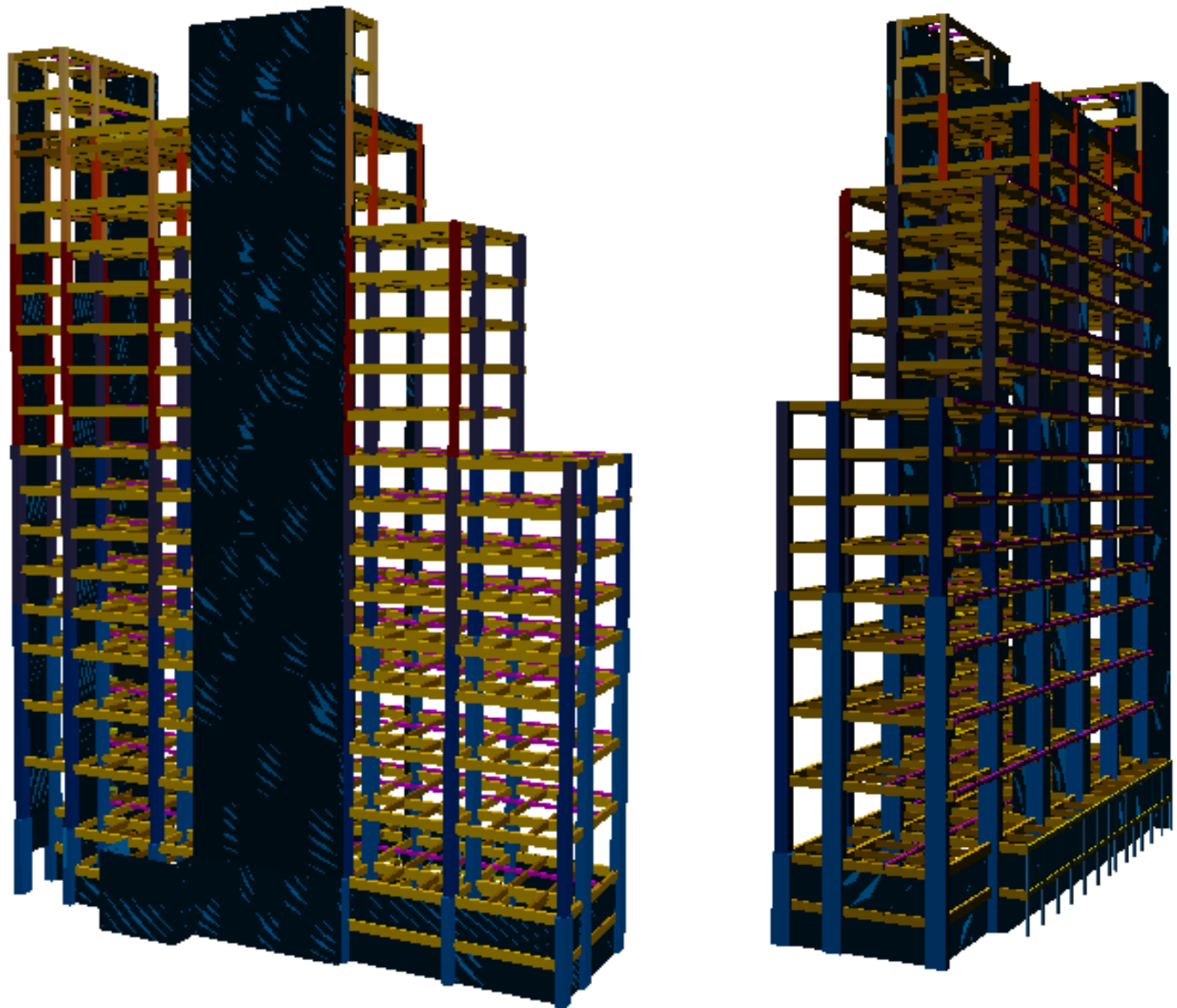
e = Eksentrisitas teoritis antara pusat massa dan pusat rotasi lantai yang ditinjau

b = ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai yang ditinjau

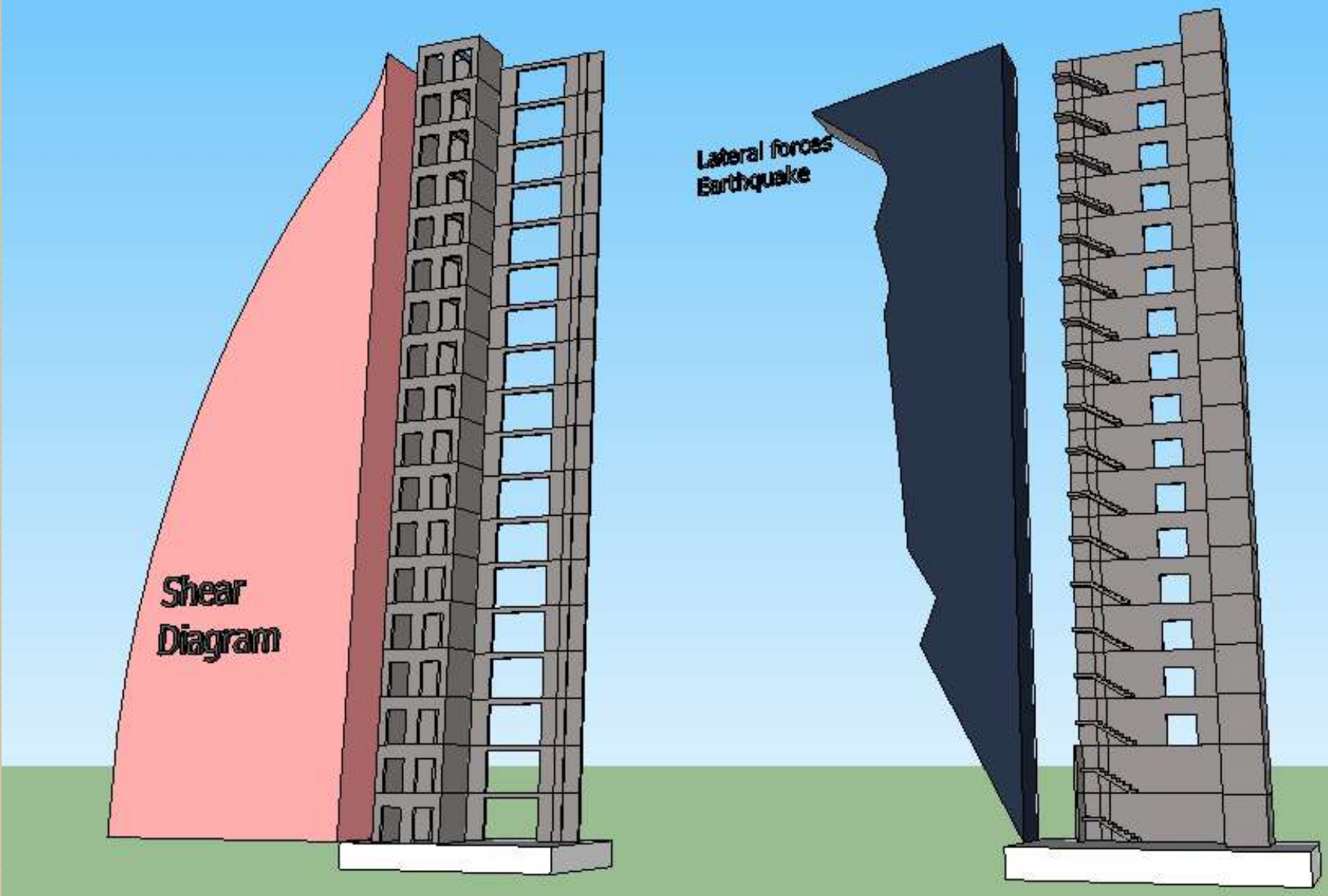
KINERJA STRUKTUR GEDUNG

- Kinerja Batas Layan
 - Ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat gempa rencana, untuk membatasi terjadinya leleh pada tulangan dan crack pada beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan nonstruktur dan ketidak nyamanan pengguna
 - Simpangan antar tingkat yang adalah nilai terkecil dari simpangan struktur gedung $< 0,003/R \times Z_i$ atau 30mm,
- Kinerja Batas Ultimate
 - Struktur Gedung beraturan
$$\zeta = 0,70R$$
 - Struktur Gedung tak-beraturan
$$\zeta = \frac{0,70R}{Scale\ Factor}$$
 - Faktor skala
$$Scale\ factor = \frac{0,8V1}{Vt}$$
 - Ditentukan oleh simpangan antar tingkat struktur gedung akibat dari beban geser gempa rencana dalam kondisi struktur hampir mengalami keruntuhan
 - Simpangan antar tingkat $\leq 0,02 \times Z_i$

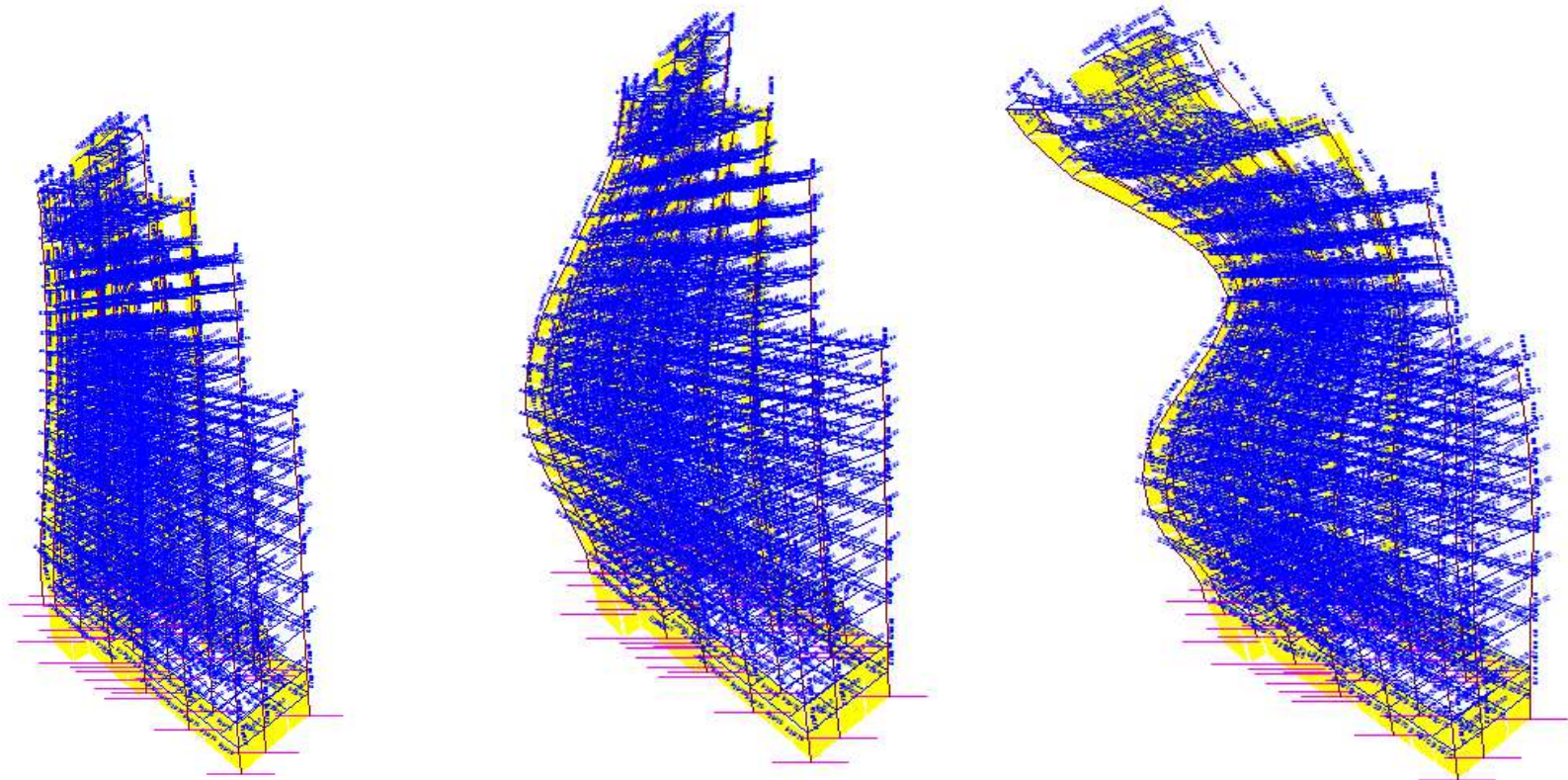
CONTOH DESAIN STRUKTUR TERHADAP GEMPA



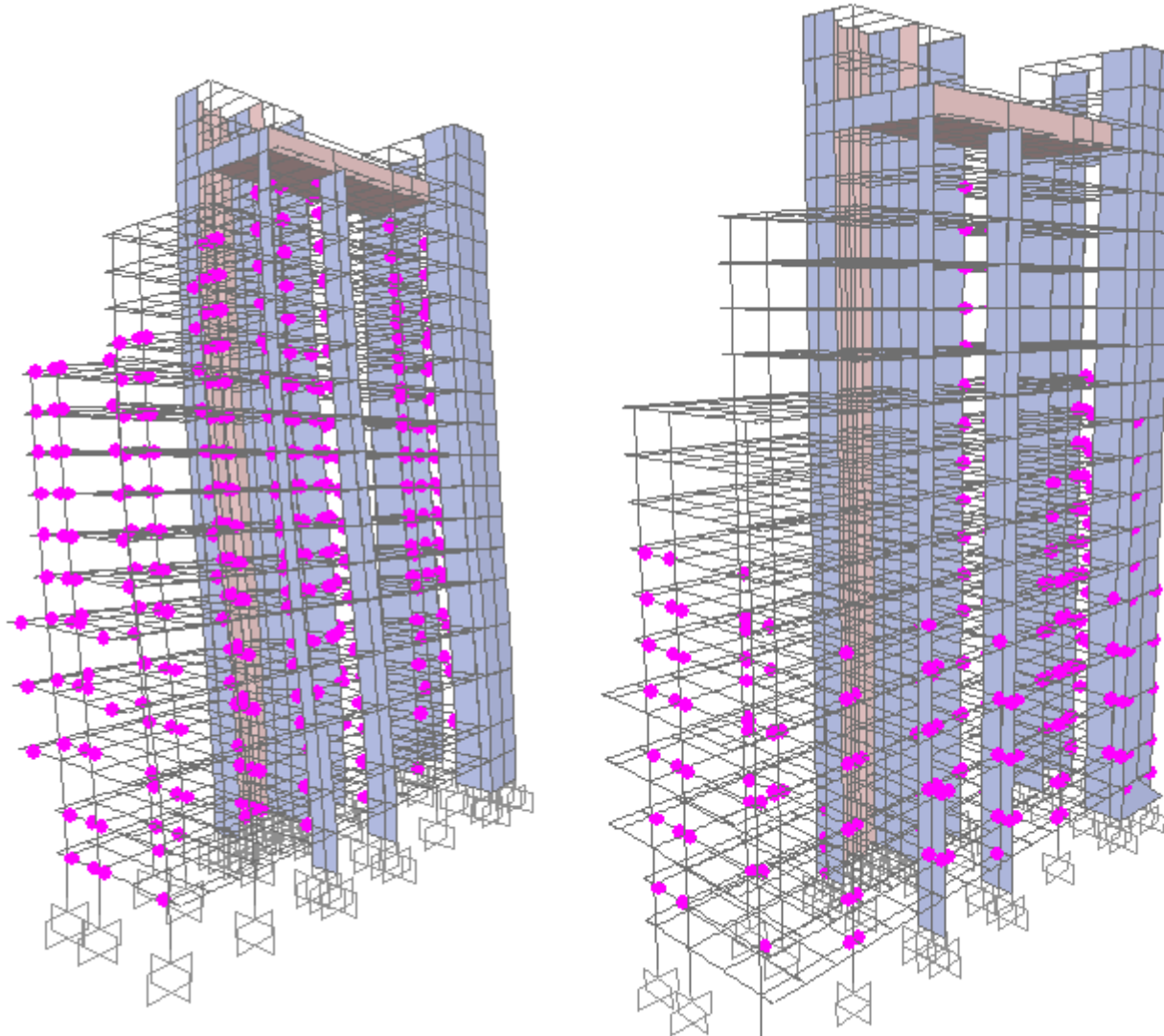
BASE SHEAR



- Kontrol Modus getar



Cek Lokasi Sendi Plastis



B

10

LS

CP

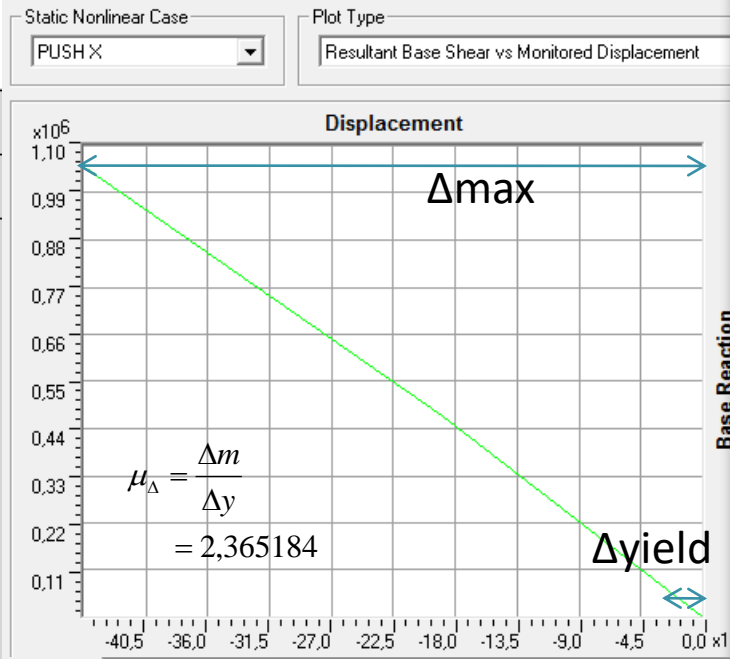
C

D

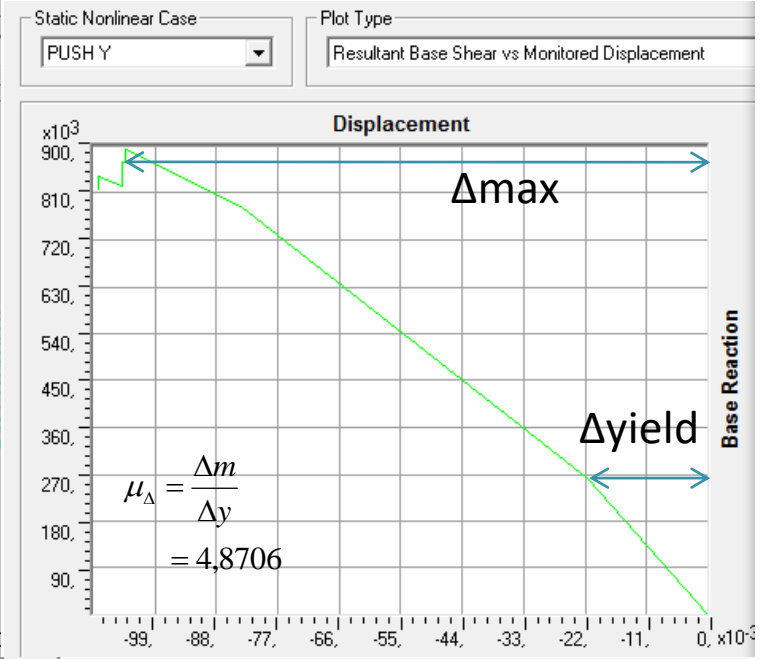
E

Grafik Keruntuhan Pushover

kinerja struktur gedung	μ
Elastisitas penuh	1,0
Daktail parsial	1,5
	2,2
	2,5
	3,0
	3,5
	4,0
4,5	
5,0	
Daktail penuh	5,3



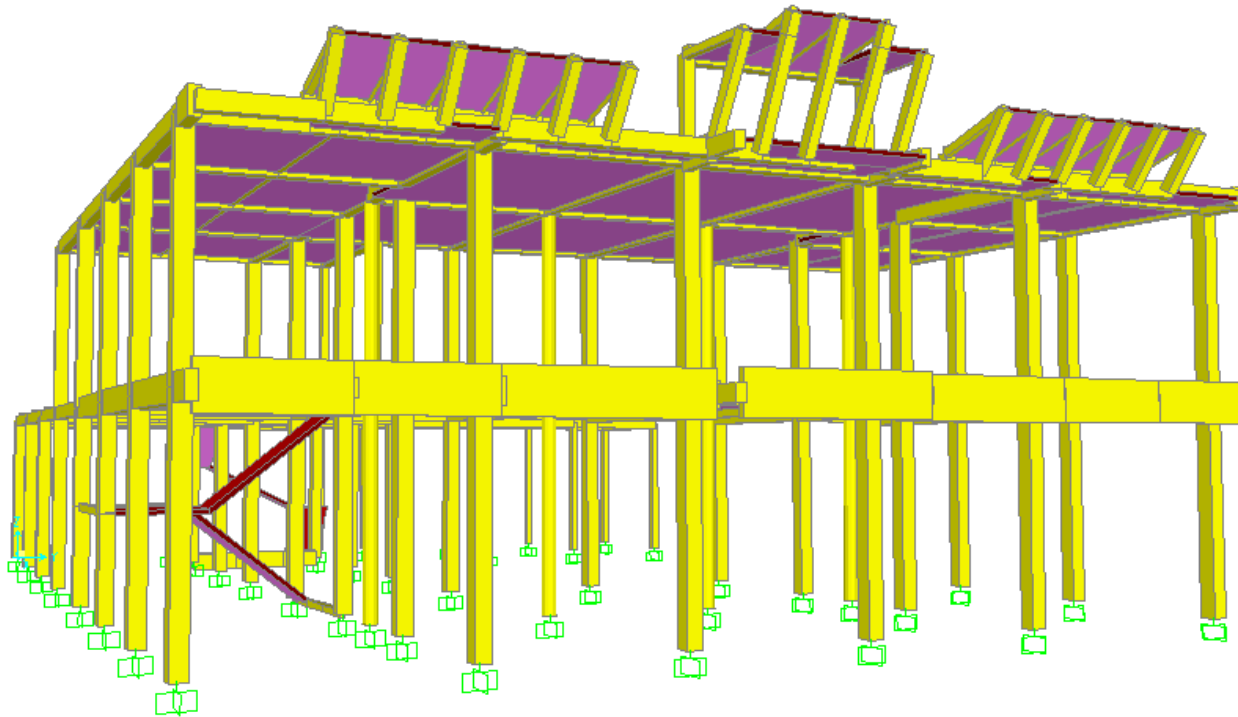
Step	Displacement m	BaseForce Kgf	AtoB	BtoID	IDtoLS	LStoCP
0	0,000000	0,00	7112	0	0	0
1	-0,018974	470298,60	7111	1	0	0
2	-0,044878	1046923,0	6865	247	0	0
3	-0,044877	1047147,4	6864	248	0	0



Step	Displacement m	BaseForce Kgf	AtoB	BtoID	IDtoLS	LStoCP
0	0,000000	0,00	7112	0	0	0
1	-0,021516	261293,20	7110	2	0	0
2	-0,083429	783819,90	6846	266	0	0
3	-0,104374	894495,91	6753	359	0	0
4	-0,104374	869837,32	6752	360	0	0
5	-0,104406	868682,37	6752	360	0	0
6	-0,104796	870293,00	6751	361	0	0
7	-0,104796	840716,91	6749	363	0	0
8	-0,104860	839637,10	6748	364	0	0
9	-0,104866	822742,10	6747	365	0	0
10	-0,109086	840874,40	6734	378	0	0
11	-0,109089	831708,50	6734	378	0	0
12	-0,109089	822500,20	6733	379	0	0
13	-0,109089	813303,40	6733	379	0	0

STUDI KASUS

Gedung 2 Lantai





Ikatan antara tembok dengan balok dan kolom lantai 2 lepas

Tembok terlepas dari kolom (campuran plesteran tidak memenuhi standar)



Kuat tekan rata-rata 133 kg/cm²
(K-133)

Tebal plat 9 cm
(pengamatan core drill)



Plat lantai
2 bergetar



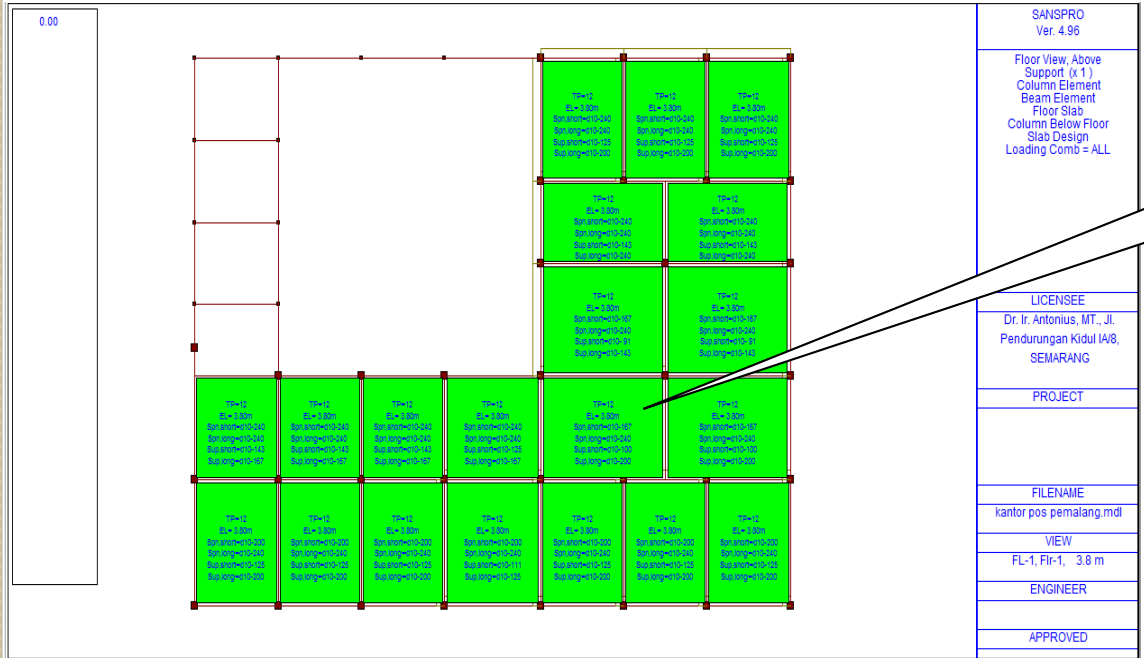


Retak lebar
pada dinding
lantai 1

Retak di lantai 1,
indikasi
penurunan
pondasi

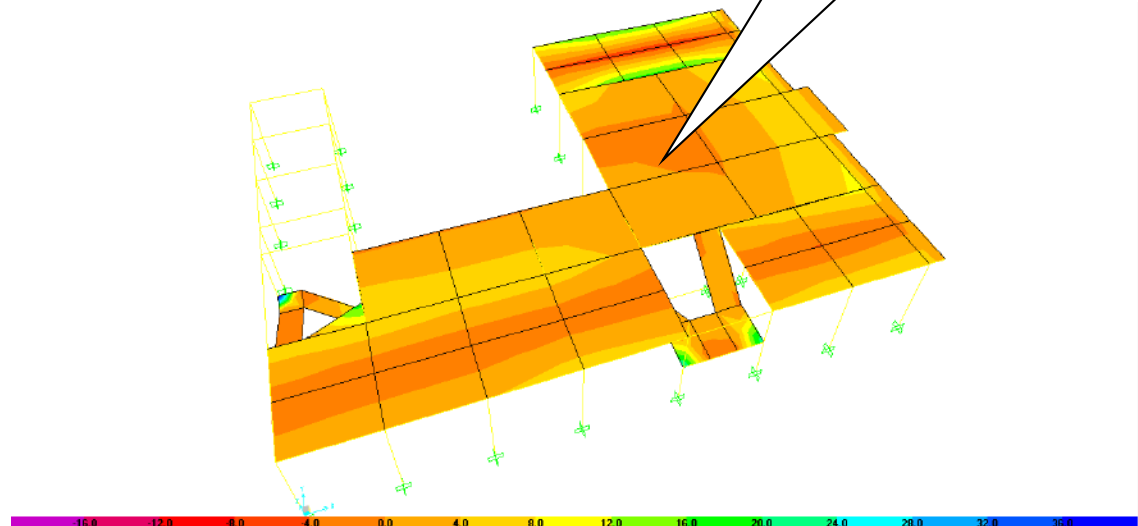


Analisa Plat



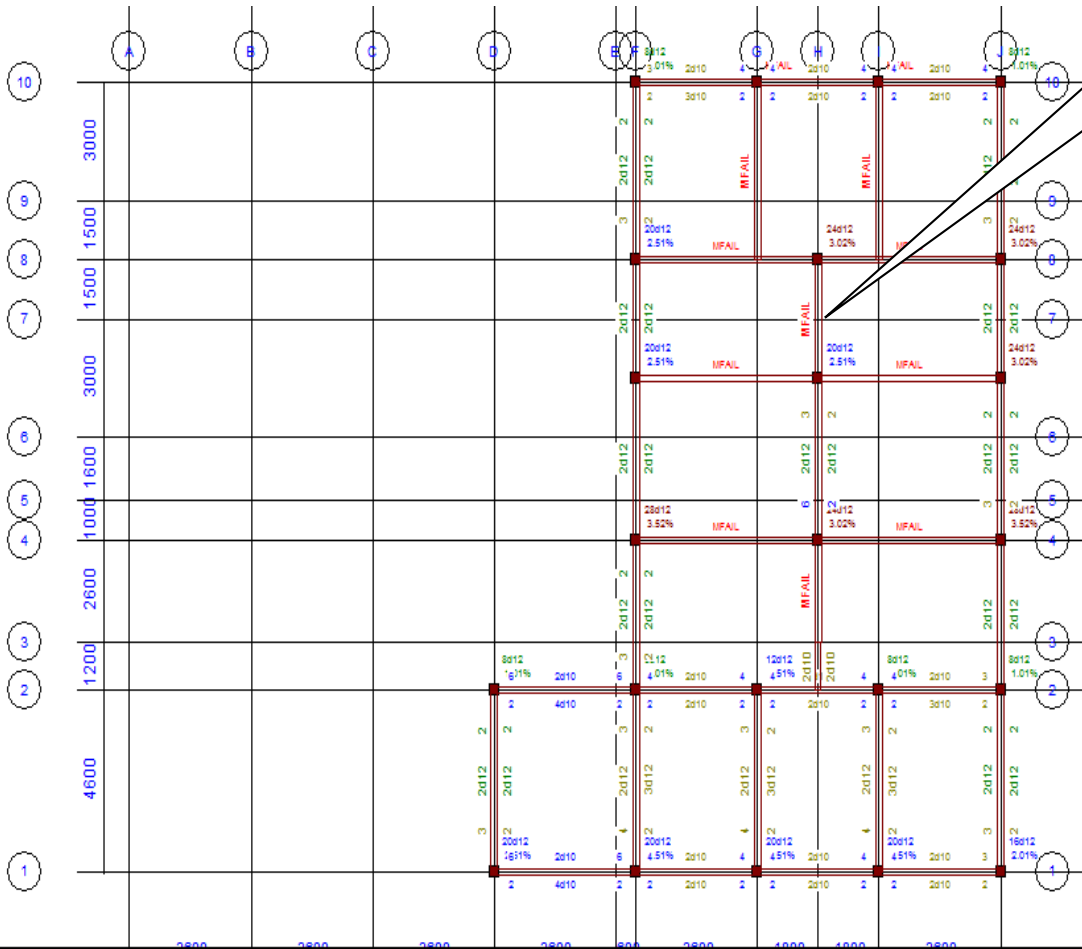
Hasil dari design dengan mutu pasca pengujian jauh lebih banyak dibanding dengan gambar rencana

Hasil dari design dengan mutu pasca pengujian jauh yang mengalami tegangan tarik terbesar



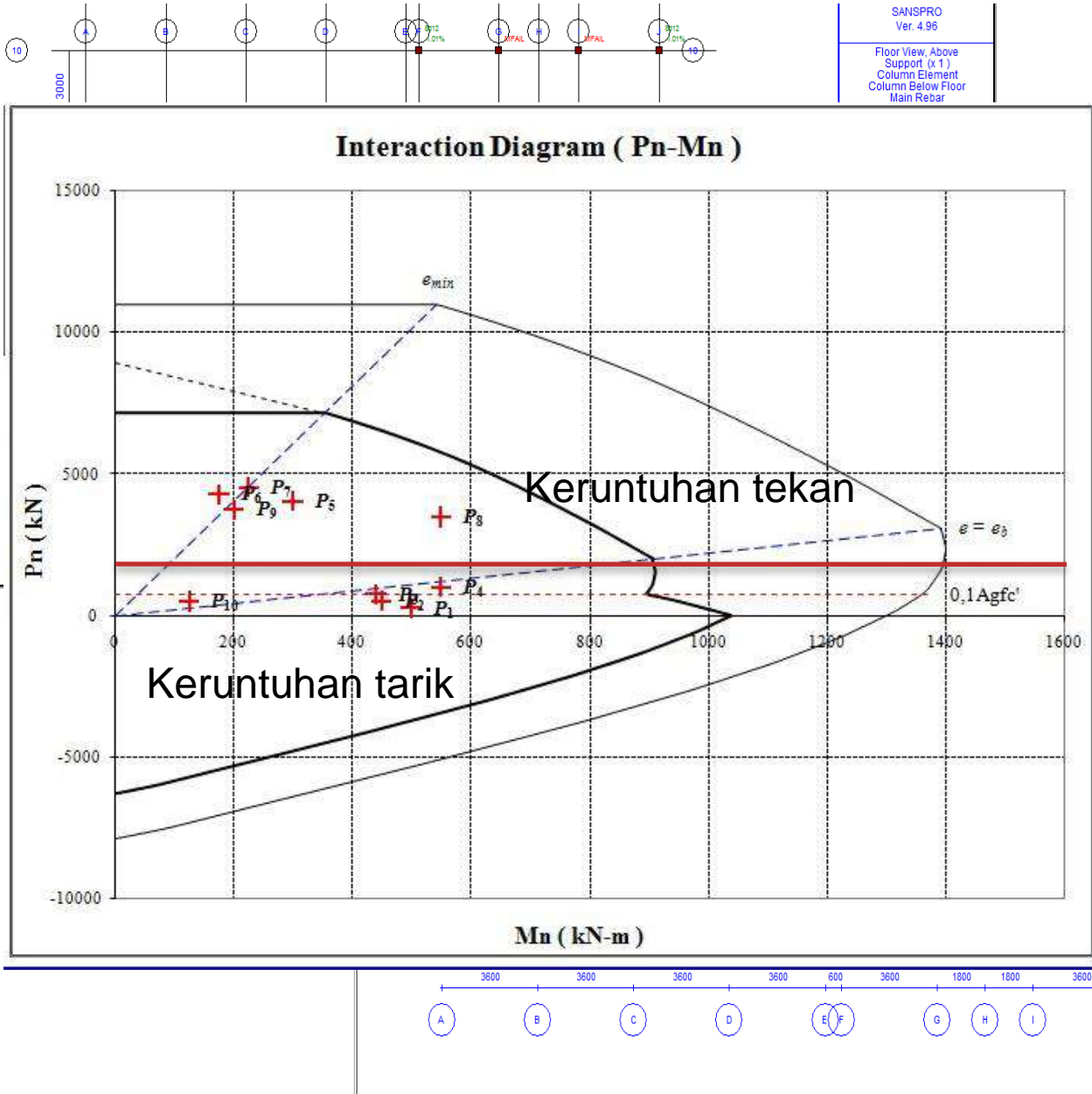
Analisa Balok

Hasil dari desain dengan mutu paska pengujian jauh lebih banyak dibanding dengan gambar rencana dan mengalami FAILURE



SANSPRO Ver. 4.96
Floor View, Above Support (x 1) Column Element Beam Element Column Below Floor Main Rebar Loading Comb = 1
LICENSEE
Dr. Ir. Antonius, MT., Jl. Pendurungan Kidul IA/8, SEMARANG
PROJECT
FILENAME
kantor pos pemalang.mdl
VIEW
FL-2, Fir-2, 7.6 m
ENGINEER
APPROVED

Analisa Kolom



SANSPRO
Ver. 4.96

Floor View, Above
Support (x 1)
Column Element
Column Below Floor
Main Rebar

SANSPRO
Ver. 4.96

Section, Front View
X= -119 to 2699
Y= 793 to 977
Support (x 1)
Column Element
Beam Element
Main Rebar
Loading Comb = ALL

LICENSEE

Dr. Ir. Antonius, MT., JI.
Pendurungan Kidul I/A8,
SEMARANG

PROJECT

FILENAME

kantor pos pemaalang.mdl

VIEW

Section-Front view

ENGINEER

APPROVED

Perkuatan Plat



Plat Carbodur yang telah terpasang

Perkuatan Balok

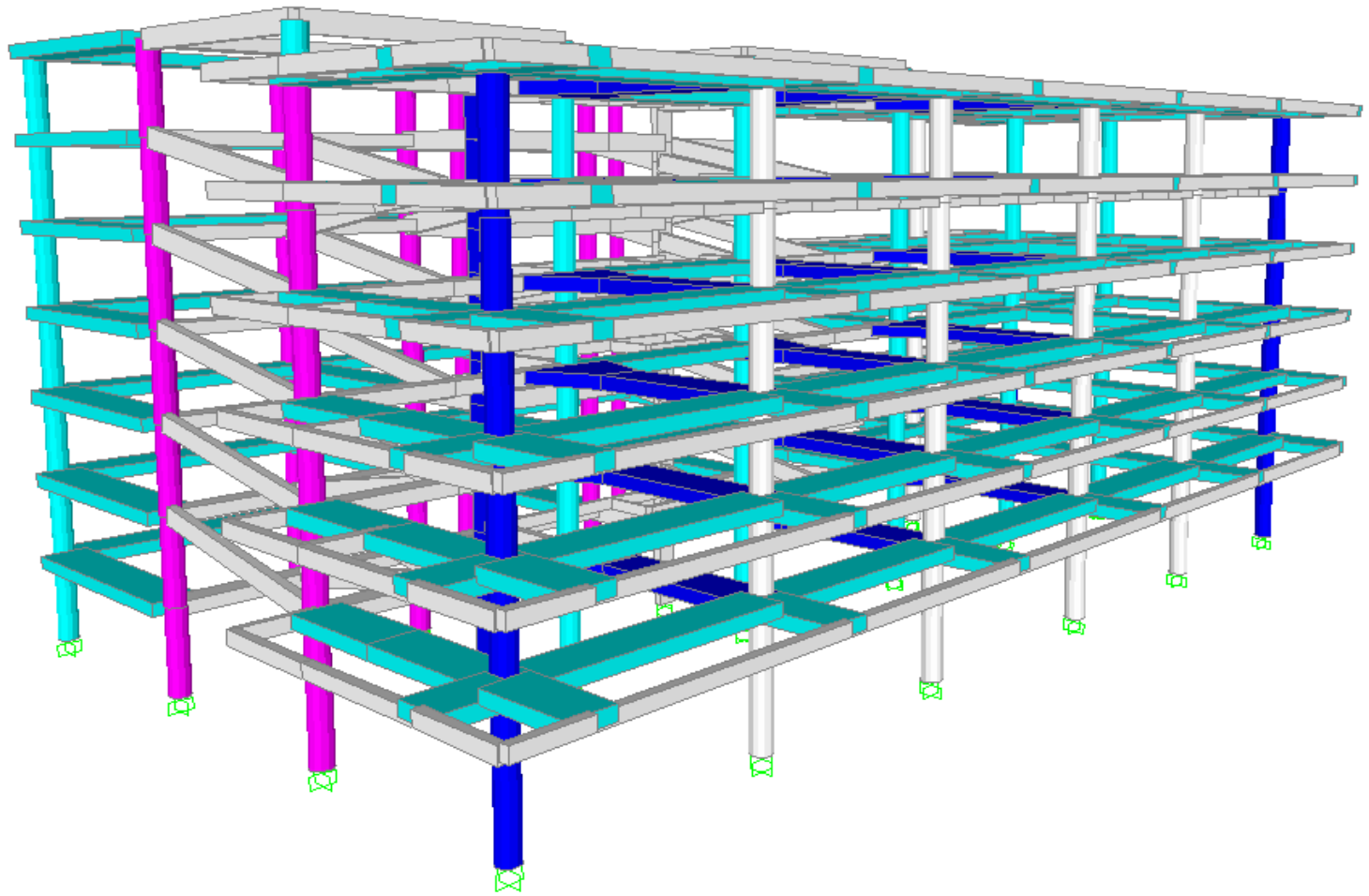
Perkuatan
lentur



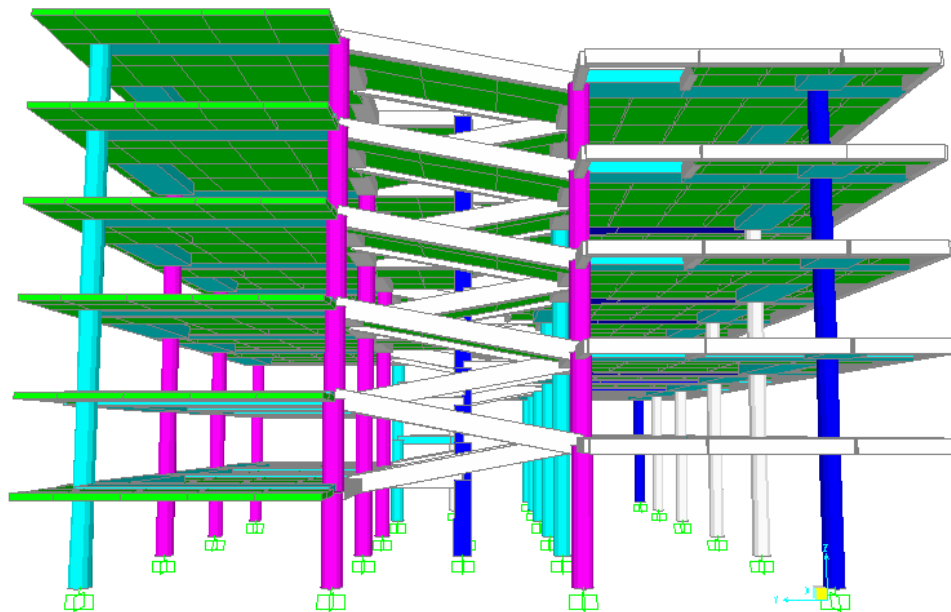
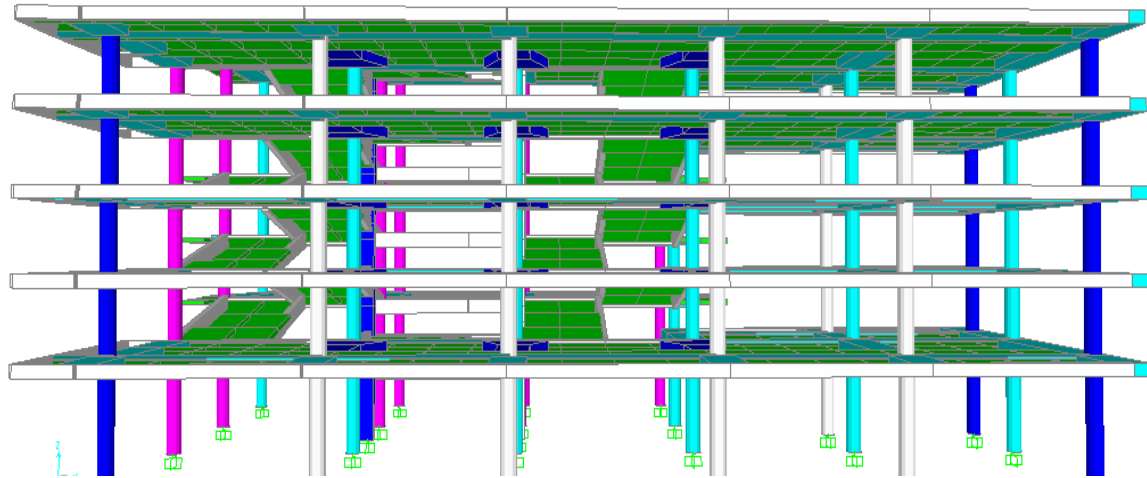
Perkuatan
geser



Kasus Gedung Parkir 8 Lantai



Sistem Rangka Pemikul Momen



Kondisi eksisting plat

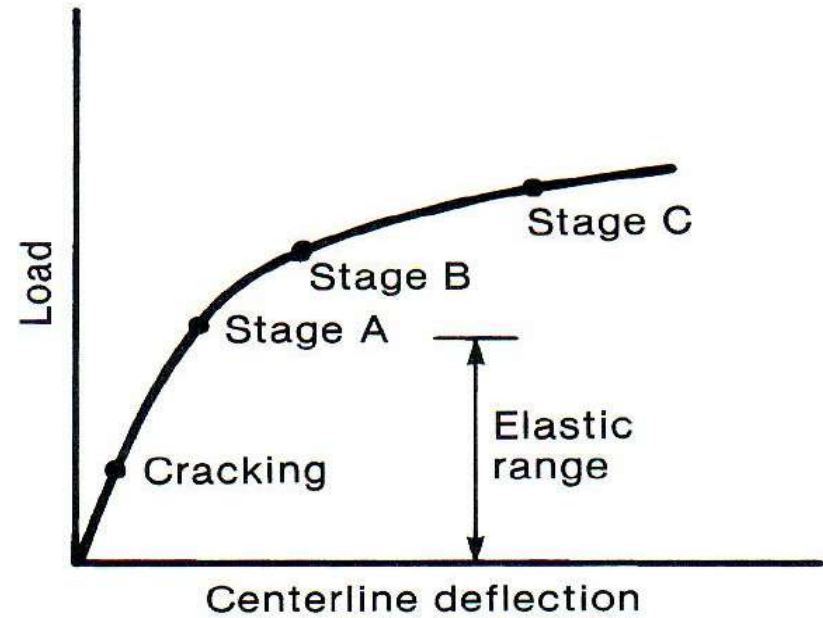
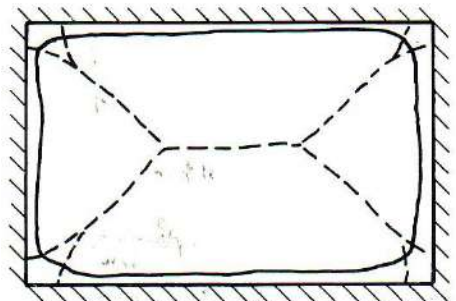
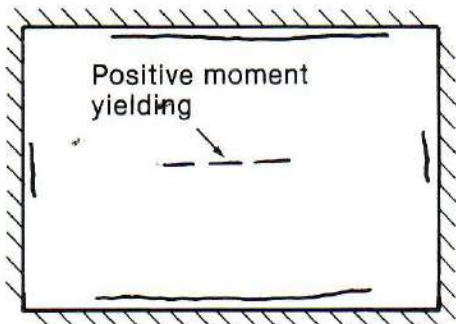
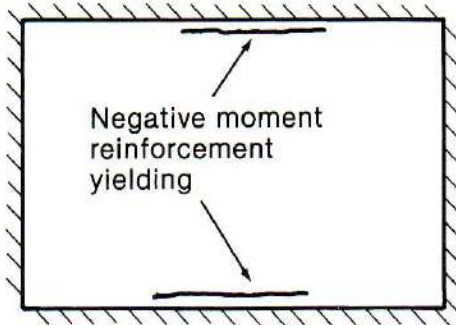


Tujuan

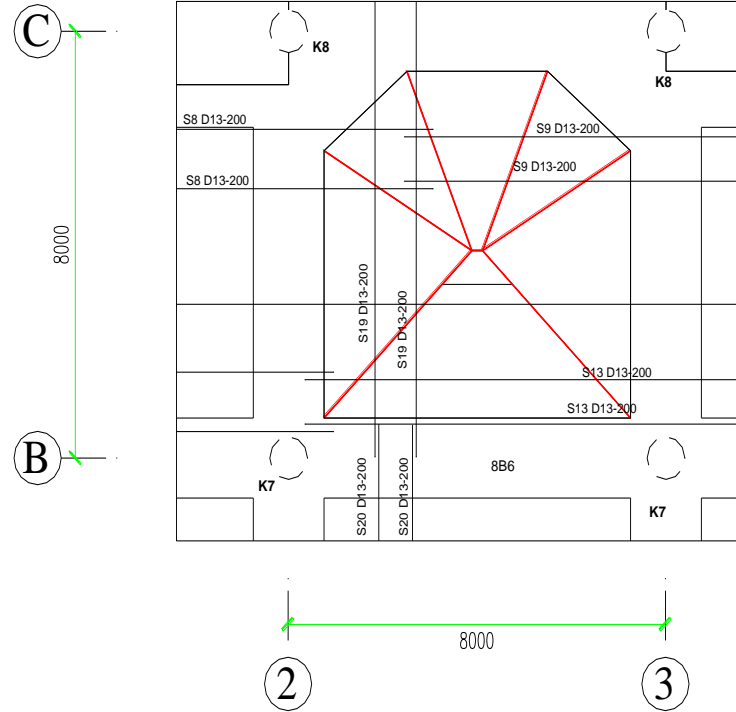
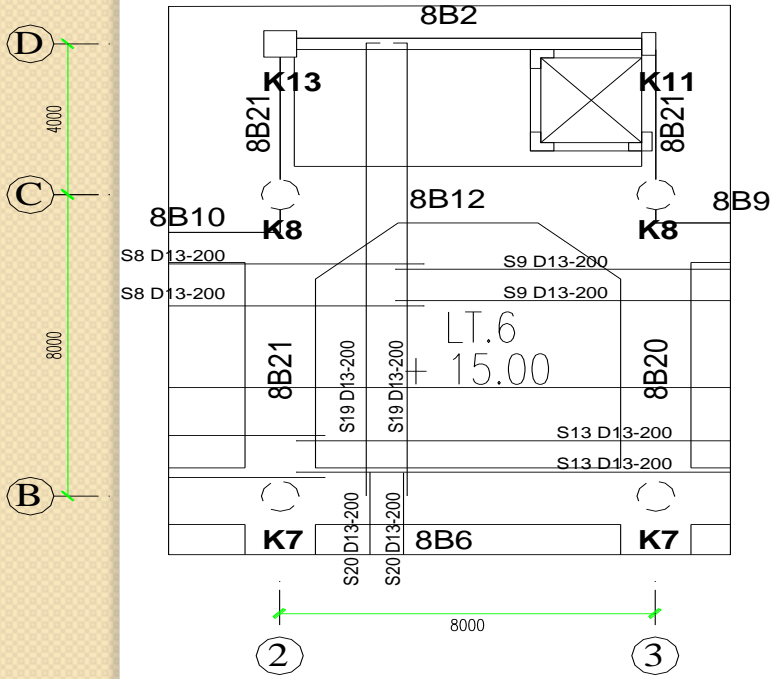
Melakukan pemeriksaan teknis kemampuan layan bangunan gedung terutama pada Lantai 6 di sebelah selatan. Evaluasi yang akan dilakukan adalah :

- Mengetahui kekuatan beton karakteristik (f'_c atau K)
- Mengetahui kekuatan struktur plat eksisting dengan uji Pembebanan.
- Rekomendasi Perkuatan ataupun desain plat agar mempunyai angka keamanan sesuai persyaratan.

SISTEM PLAT DUA ARAH



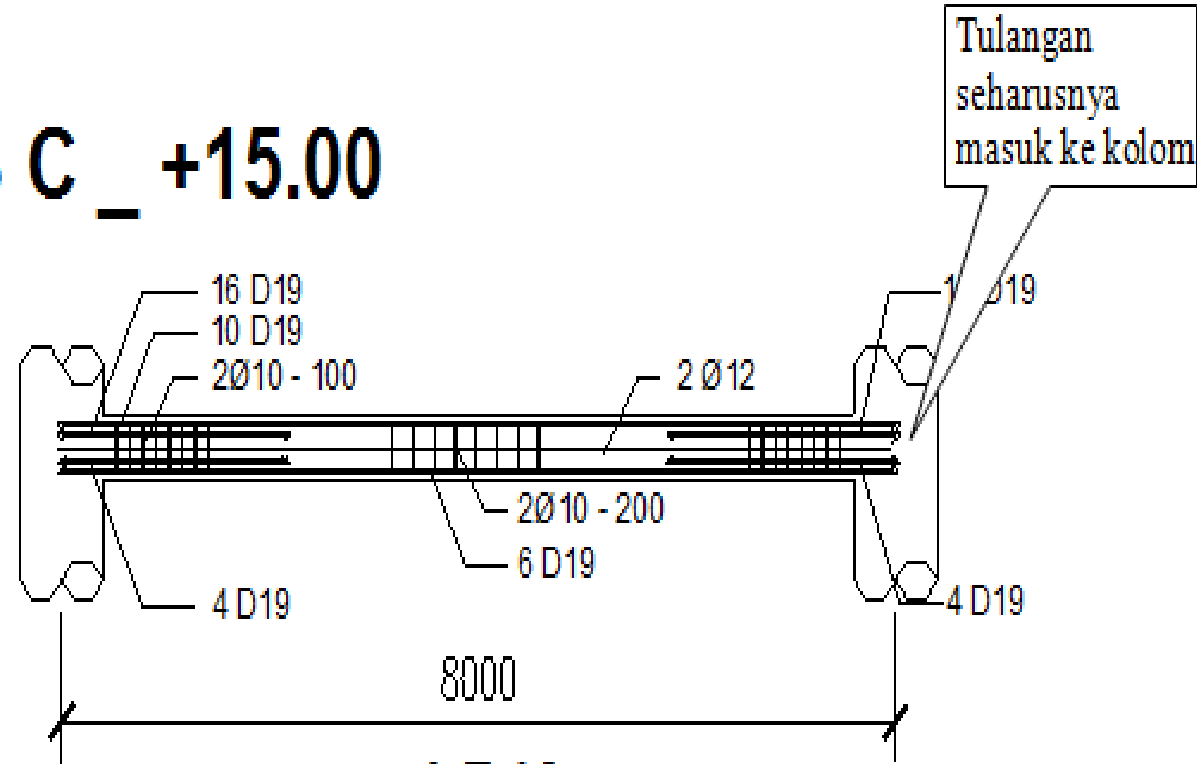
Tinjauan Detail Gambar Perencanaan Plat



— = Garis leleh

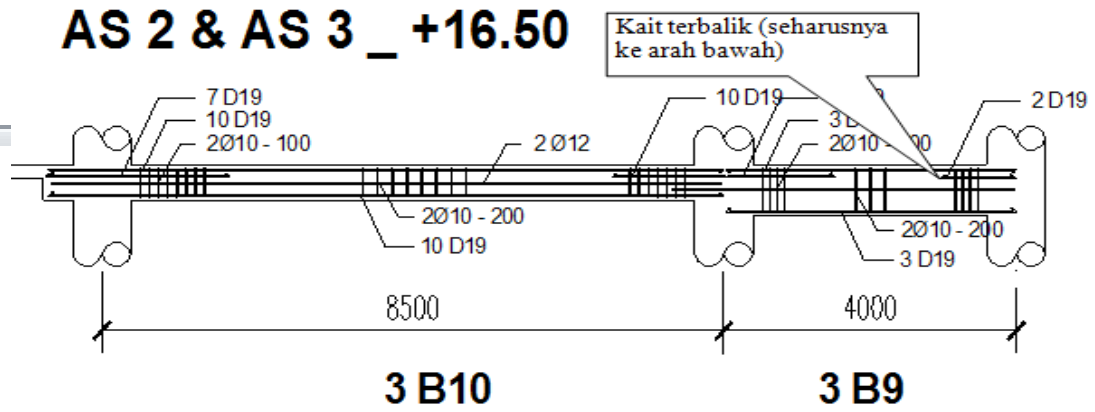
Tinjauan Detail Gambar tulangan Balok

AS C _ +15.00



4 B13

AS 2 & AS 3 _ +16.50



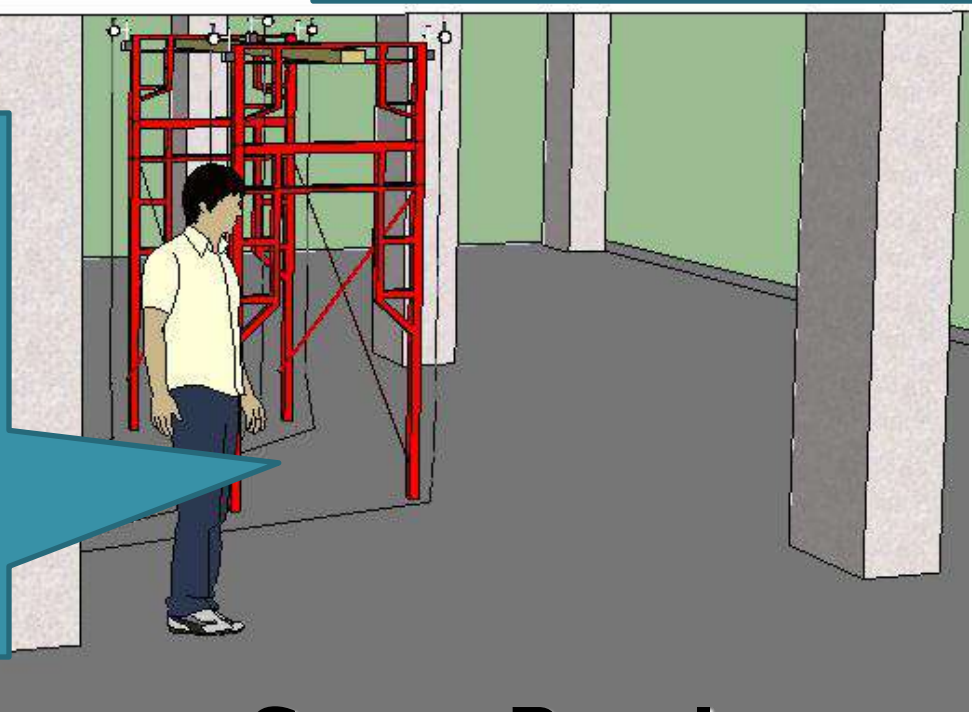
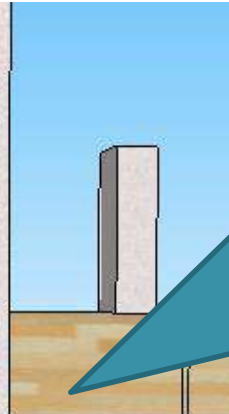
Gambar 4.5. Penulangan balok As-2 dan As-3

Non-destructive test

Hasil uji kuat tekan beton karakteristik pada plat lantai yang paling kritis (lantai 6) adalah K177 atau setara dengan $f'_c = 14,7$ MPa.



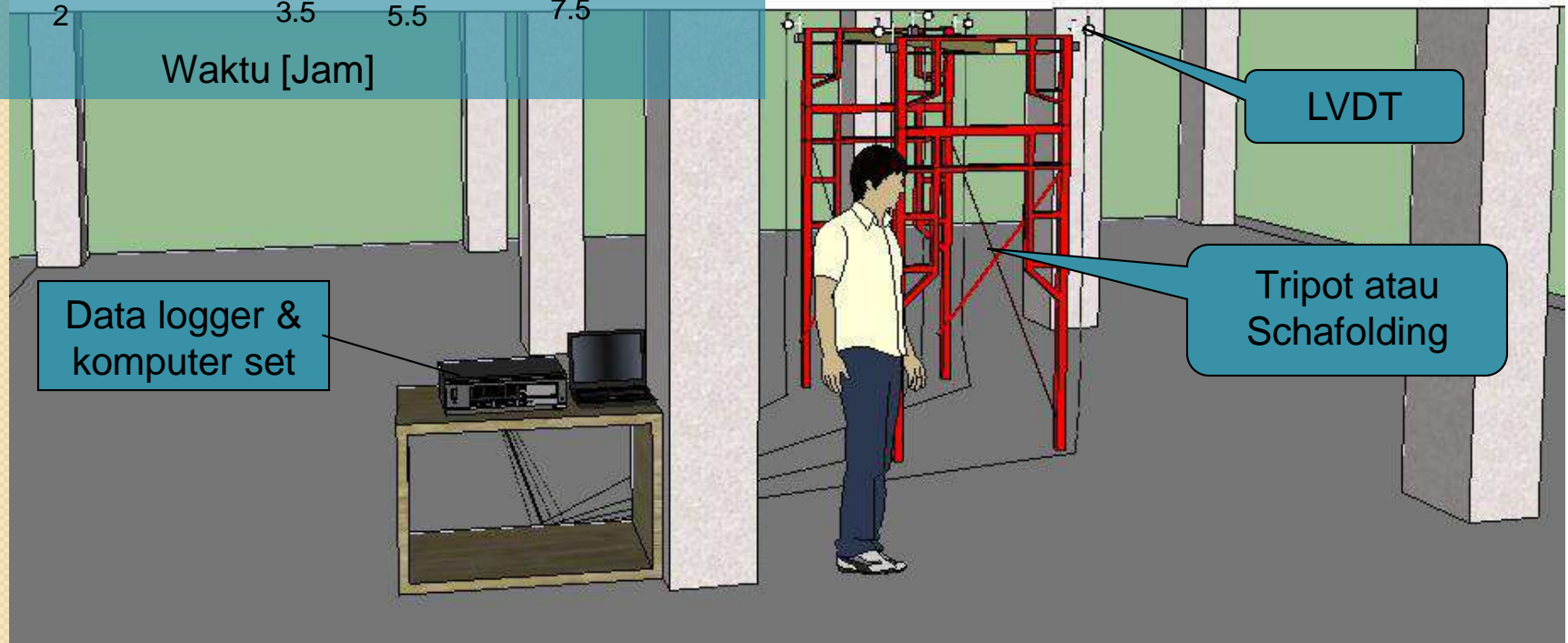
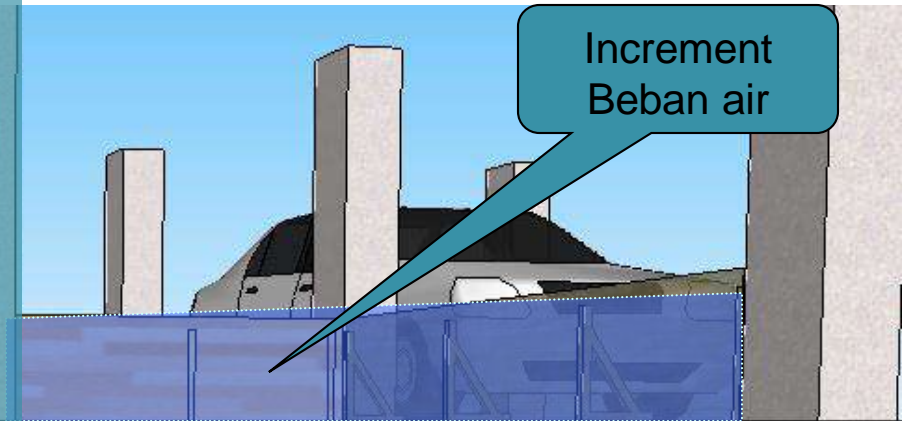
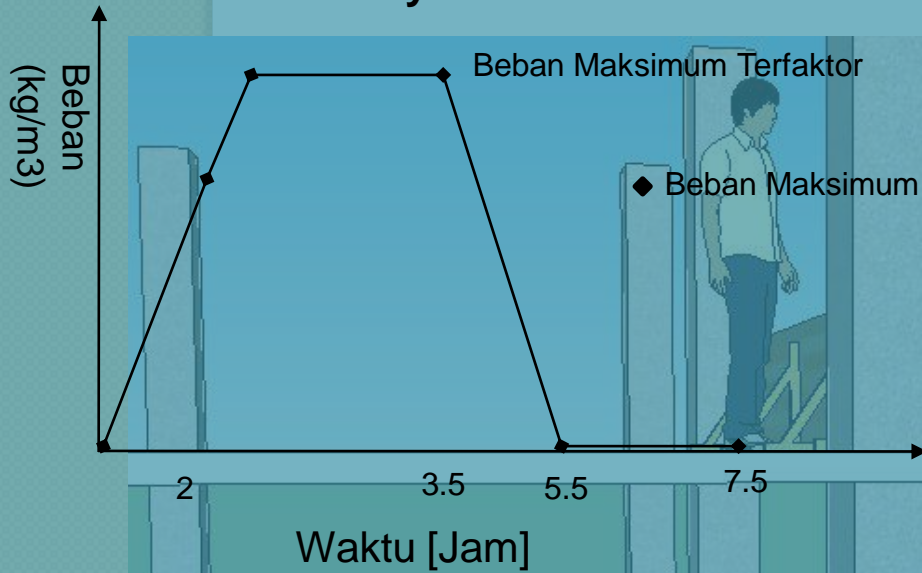
Loading test (Semi Destructive Test)

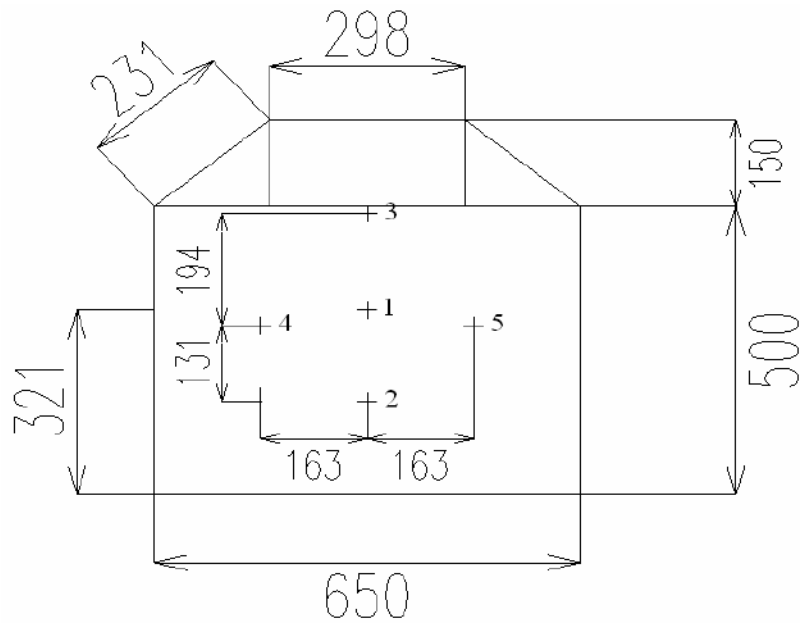


Setup Peralatan

Loading test (Semi Destructive Test)

Riwayat Pembebanan





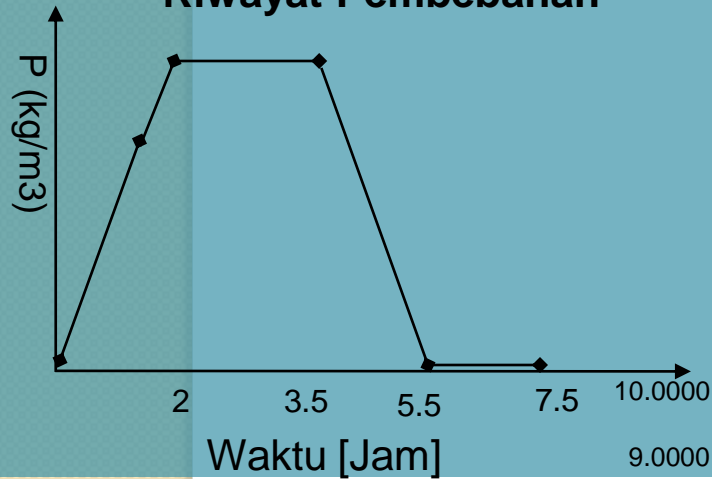
Lokasi penempatan perekam lendutan (LVDT) dan Dial gauge pada plat



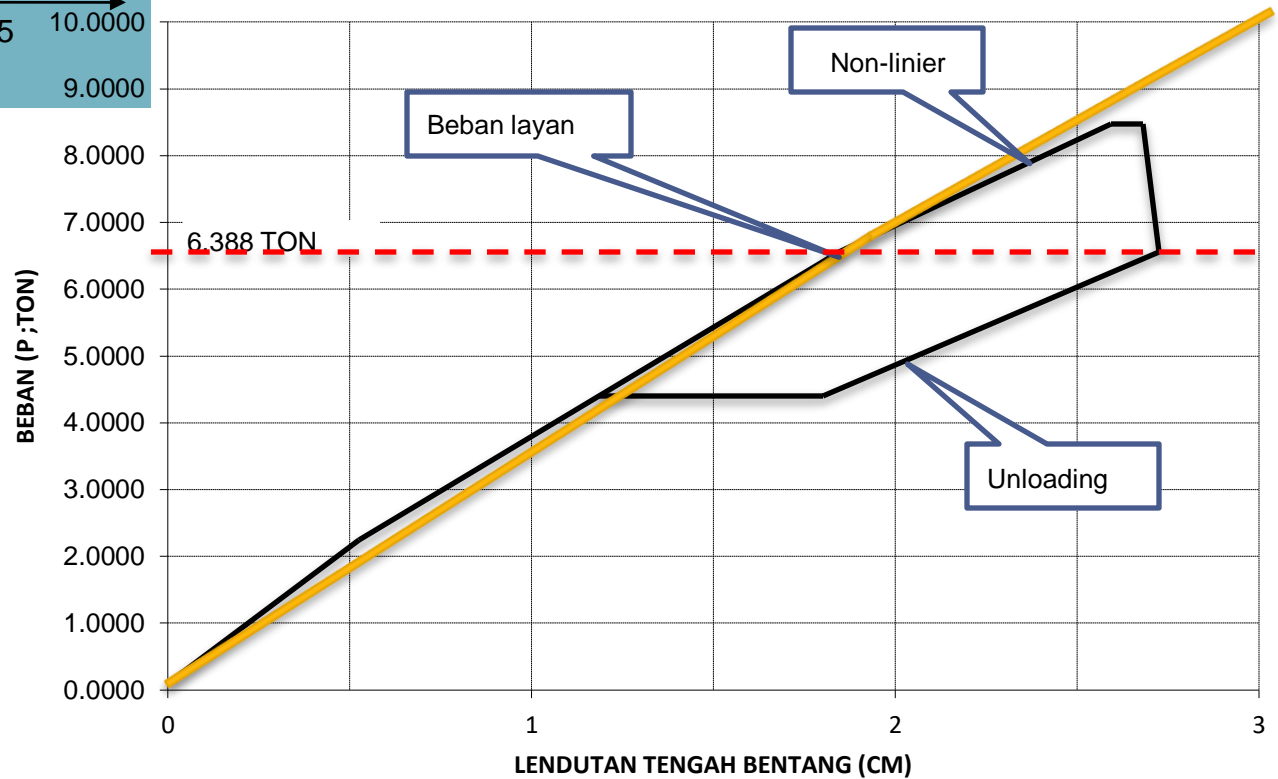
Penempatan LVDT di tengah bentang plat

Hasil Loading Test

Riwayat Pembebanan



Grafik Beban vs Lendutan (P-Δ) di Tengah Bentang



Tegangan Plat Eksisting

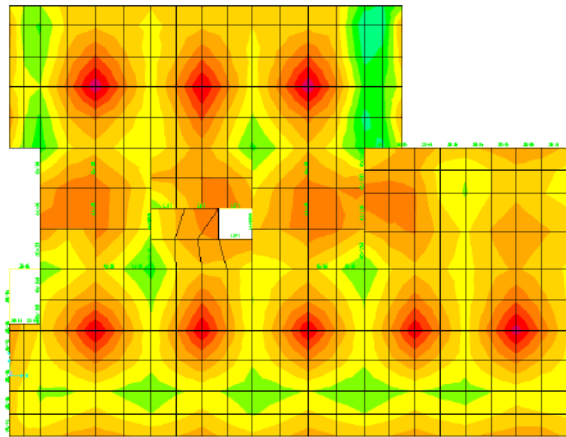


Diagram tegangan lentur plat eksisting

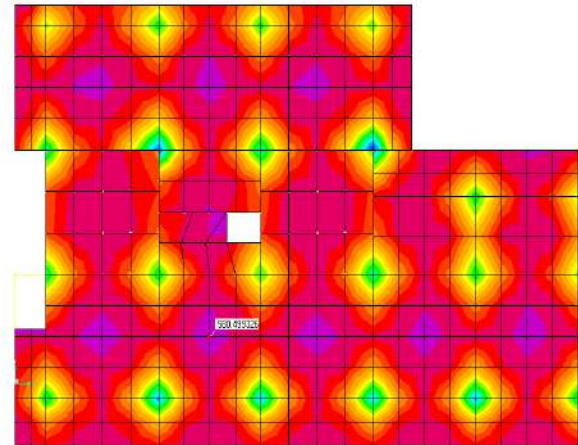


Diagram tegangan geser plat eksisting

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

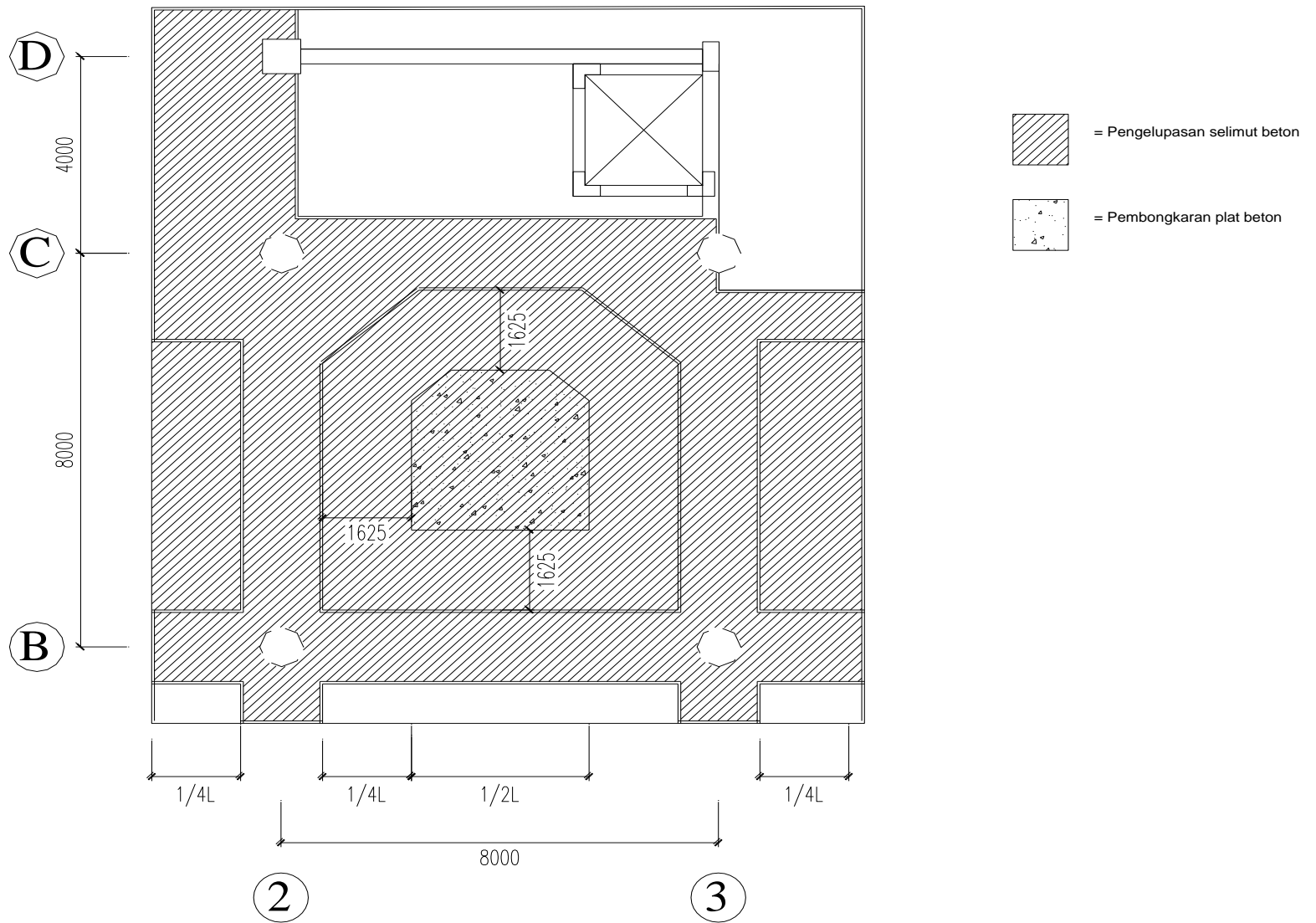
Besaran mekanik	Analisis	Loading Test
Beban layan (ton)	6,393	6,338
Beban hidup (kg/m ²)	150,42	195

Kesimpulan utama :

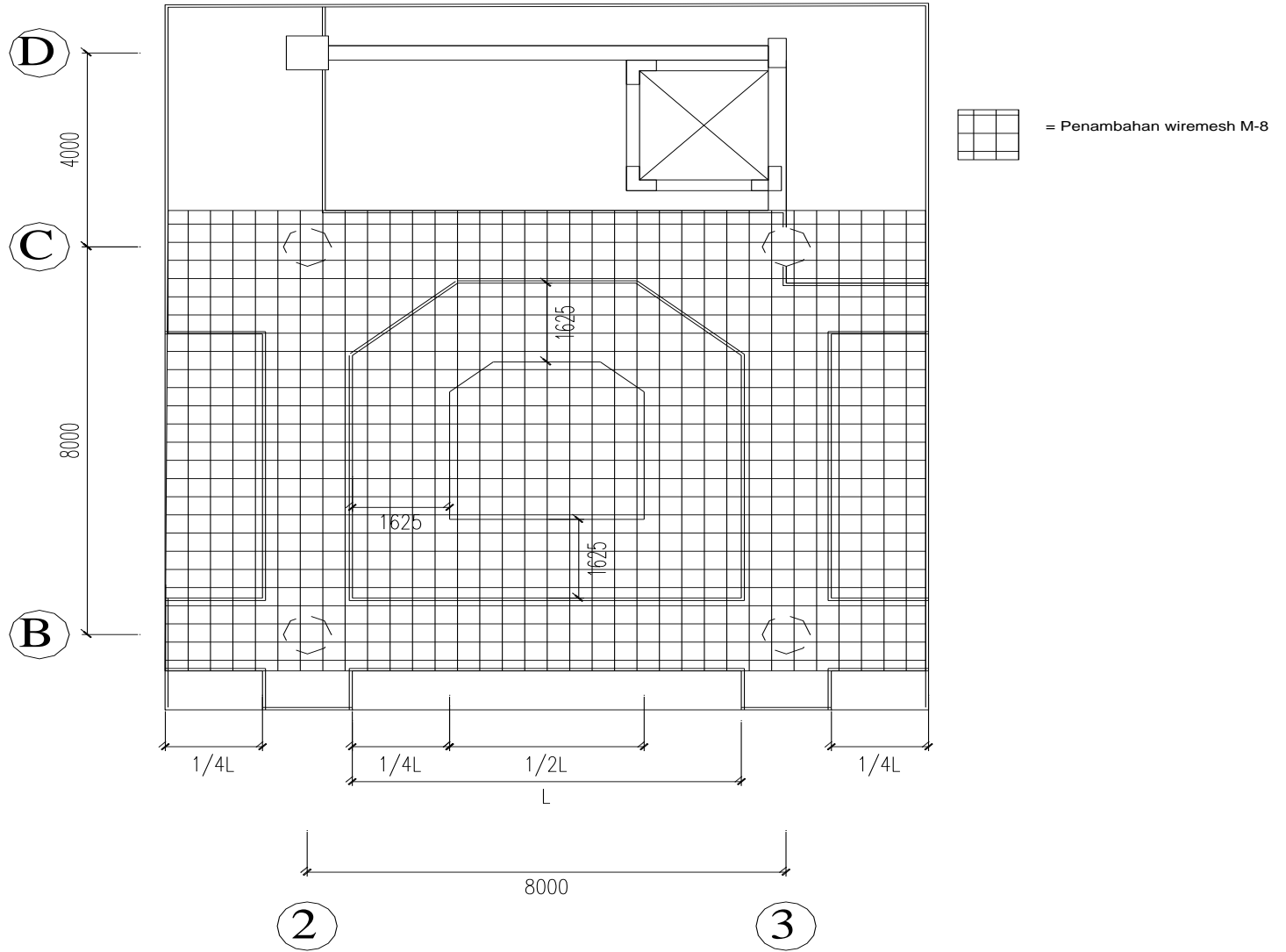
- Plat Lantai 6 pada As 2-3 dan As B-C tidak dapat digunakan untuk dilewati beban mobil maupun kendaraan dan diprioritaskan segera diadakan perbaikan/dibongkar terlebih dahulu kemudian direkonstruksi.
- Pada plat lantai lainnya di semua tingkat juga harus segera diperkuat untuk mencegah perambatan tegangan yang dikhawatirkan akan menambah lendutan.

Rekomendasi

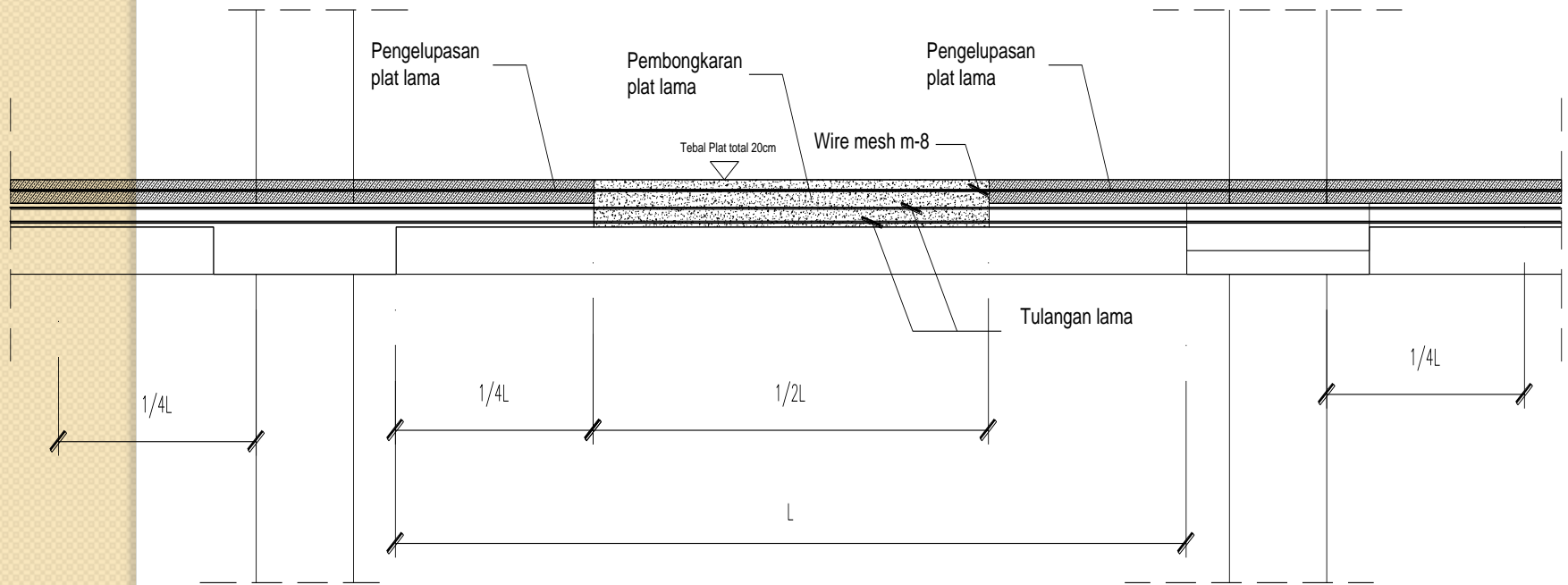
Rekomendasi yang diajukan terutama untuk plat lantai paling kritis yaitu Plat Lantai 6 pada As 2-3 dan As B-C. Pada plat lantai tersebut agar dibongkar kemudian plat lantai dipertebal menjadi 200 mm. Tulangan baru ditambahkan dan dikaitkan pada kolom-kolom dan panjang penyaluran mencapai daerah kantilever. Cor beton dilakukan secara overlap dengan plat lantai di sebelahnya, dimana plat di sebelah tersebut permukaannya dikasar terlebih dahulu. Secara detali dapat dilihat pada gambar di bawah.



Penambahan plat baru



Penambahan tulangan



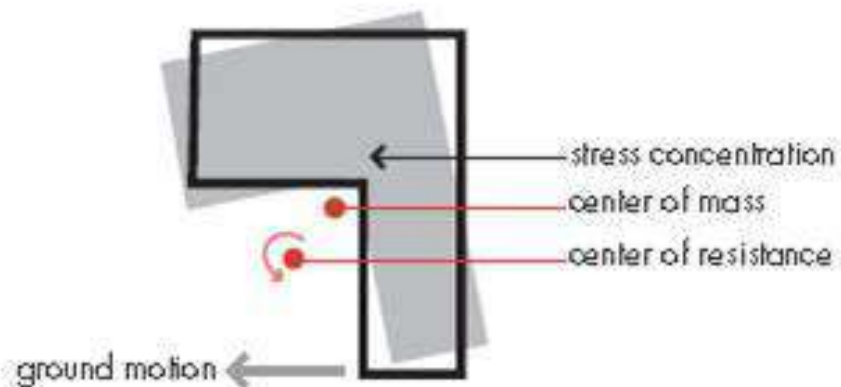
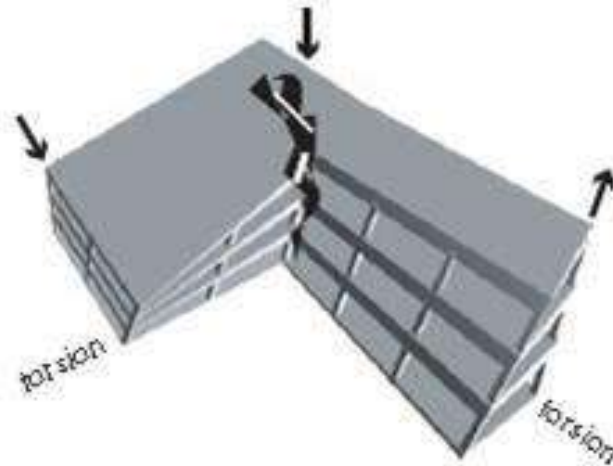
Potongan rencana

Karakteristik Struktur yang Menghasilkan Perilaku yang Kurang Baik

- Kolom pendek
- Konfigurasi struktur terkait dengan ukuran dan bentuk (regular vs irregular)
- Soft story
- Balok kuat kolom lemah
- Distribusi kekakuan, vertikal maupun horizontal, yang tidak merata
- Komponen non-struktural
- Unreinforced Masonry

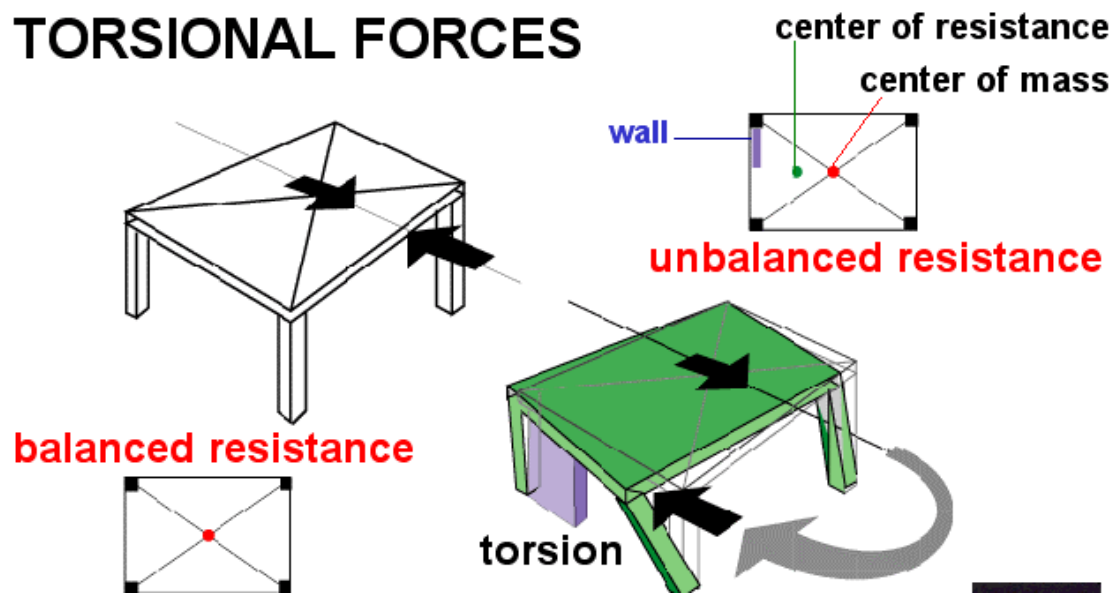
Torsi dan Konsentrasi Tegangan

TORSIONAL FORCES and STRESS CONCENTRATION



Eksentrisitas

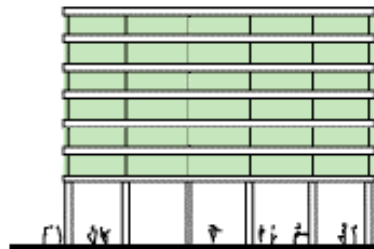
TORSIONAL FORCES



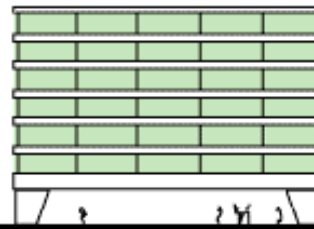
Soft Story

STRESS CONCENTRATIONS

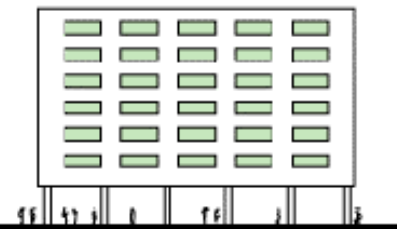
The most serious condition of vertical irregularity is the **soft or weak story**, in which one story, usually the first with **taller, fewer columns**, is significantly weaker or more flexible than the stories above.



flexible 1st floor



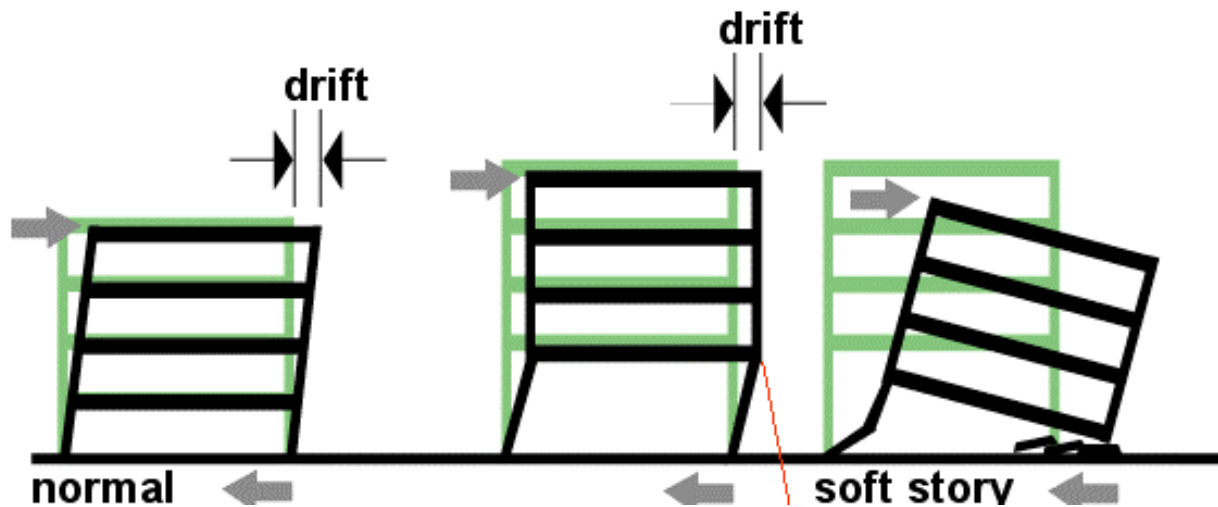
discontinuity



heavy superstructure

Keruntuhan Soft Story

STRESS CONCENTRATIONS
the soft story collapse mechanism



Contoh Keruntuhan Soft Story

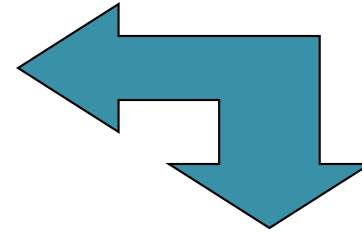
soft stories



KEGAGALAN STRUKTUR AKIBAT EFEK SOFT-STOREY

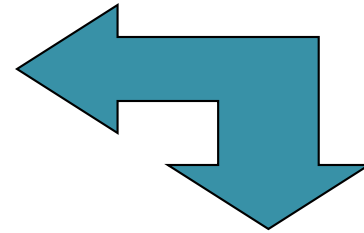


Gempa Padang 2009

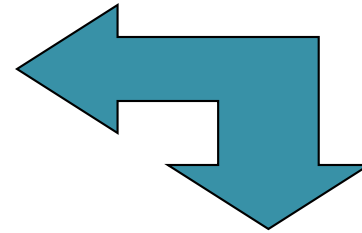




Gempa Padang 2009



Gempa Aceh 2004



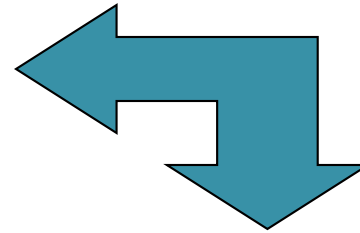
COLLAPSE DUE TO SOFT-STOREY E



STRUCTURE FAILED AFTER EARTHQUAKE
DON'T TAKE THE RISK
ASK YOUR STRUCTURE ENGINEER

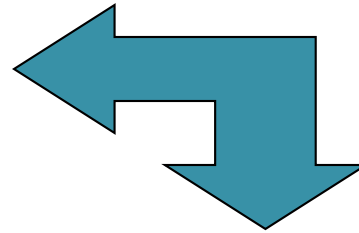


Gempa Nias 2009





Gempa Jogja 2006



Gempa Chili





Gempa di Cina (1999)



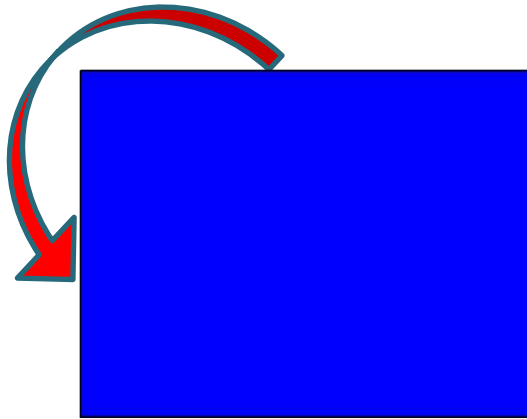
Gempa di India



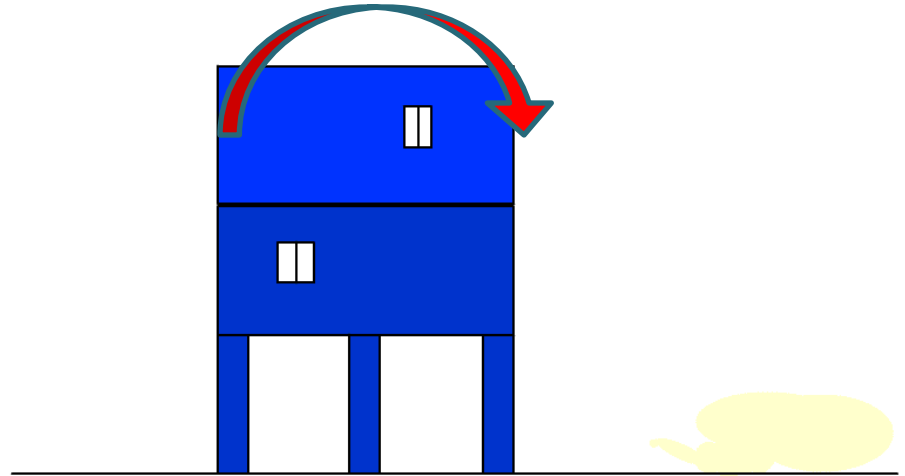
SNI 03-1726-2002 dan SNI 1726-2012:

Definisi struktur gedung tak beraturan adalah terdapat sistem struktur tingkatan lunak (*soft storey*) dalam arah vertikal. Dalam arah tersebut, sistem struktur menurut kedua standar tersebut di atas, *soft storey* didefinisikan sebagai suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70 persen kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 persen kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.

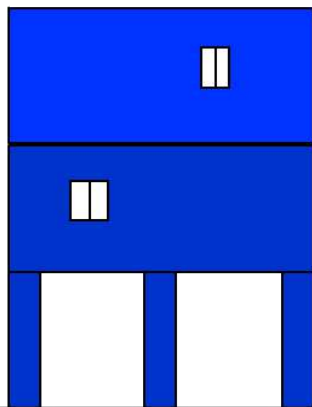
Mekanisme keruntuhan gedung dengan soft-storey



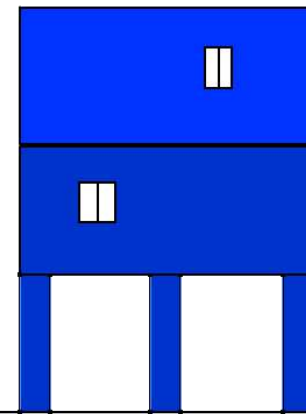
Memutar (Rotation)



Guling (Overtuning)



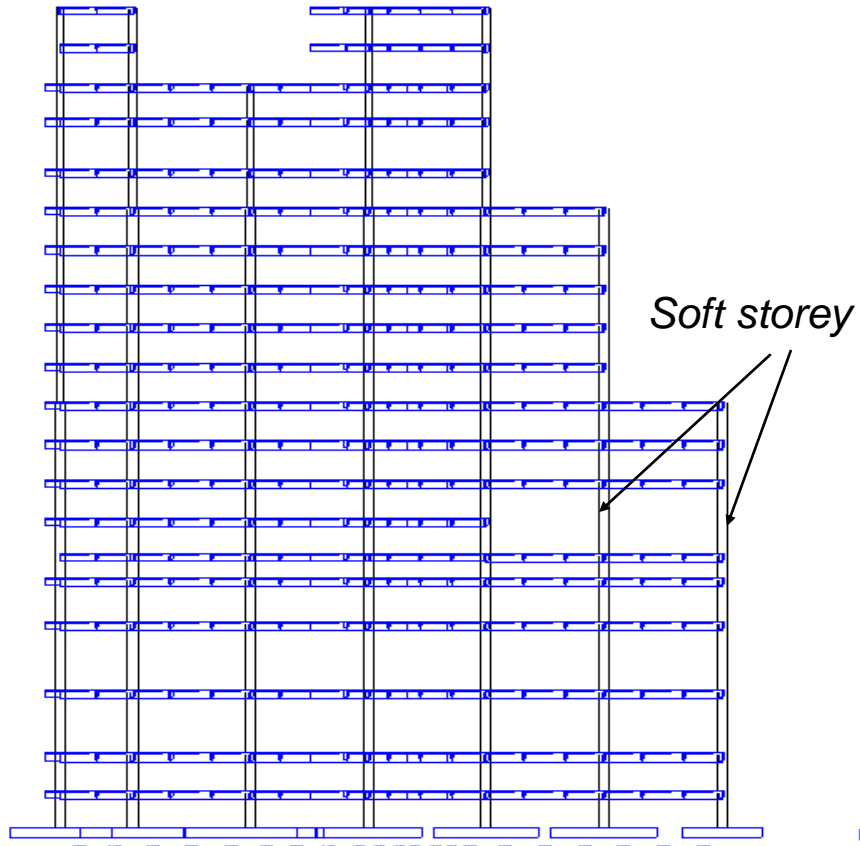
Collapse
(Softstory effect)



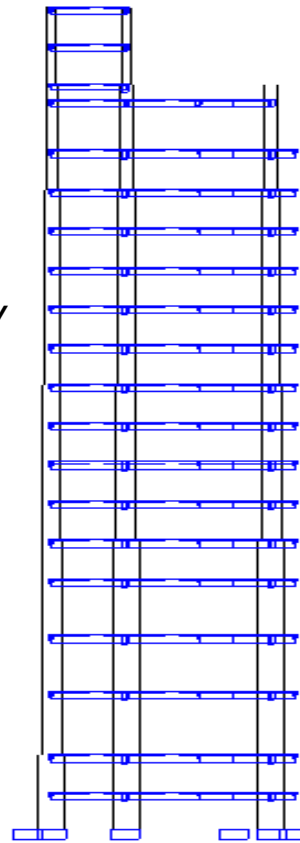
Amblas
(Liquifaction)

Studi kasus Gedung Tinggi 60 meter (20 Lantai)

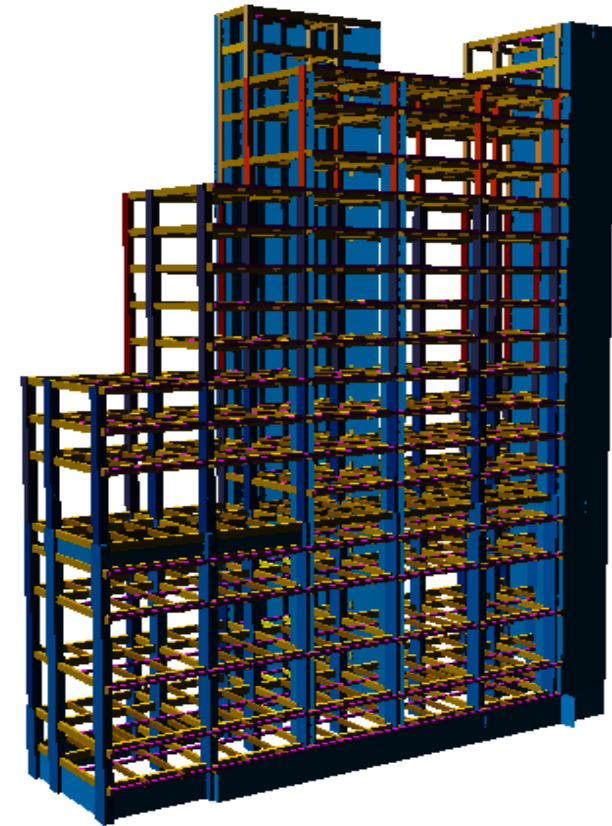
Struktur dengan Soft-Storey



Arah z

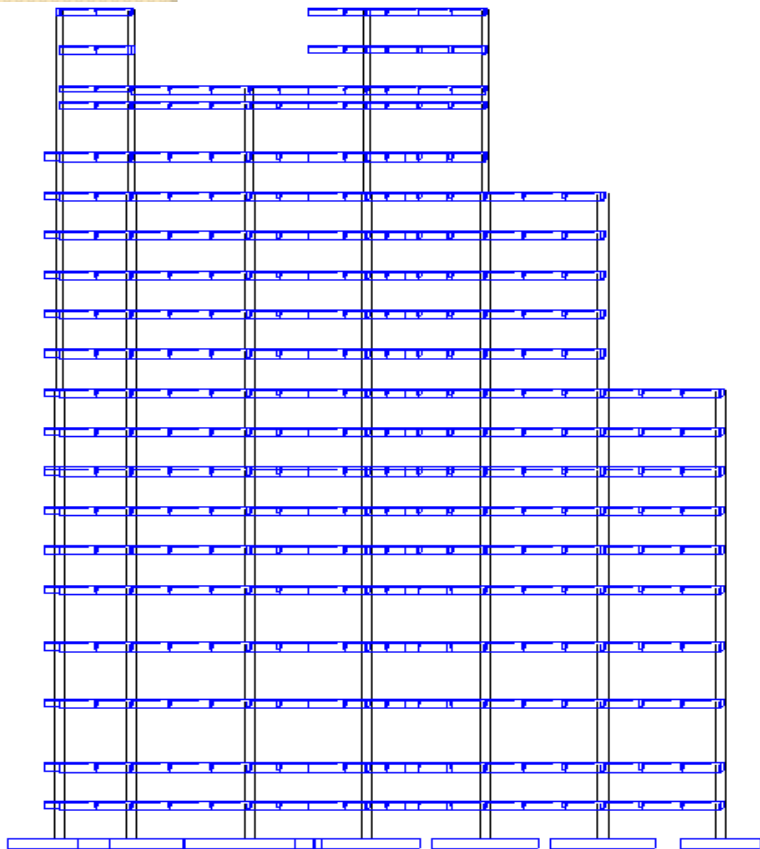


Arah y

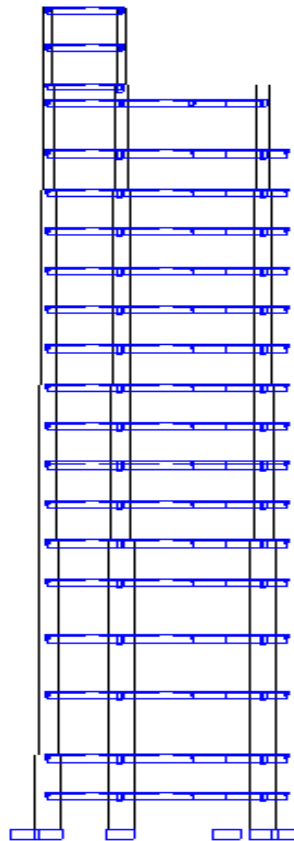


Isometri

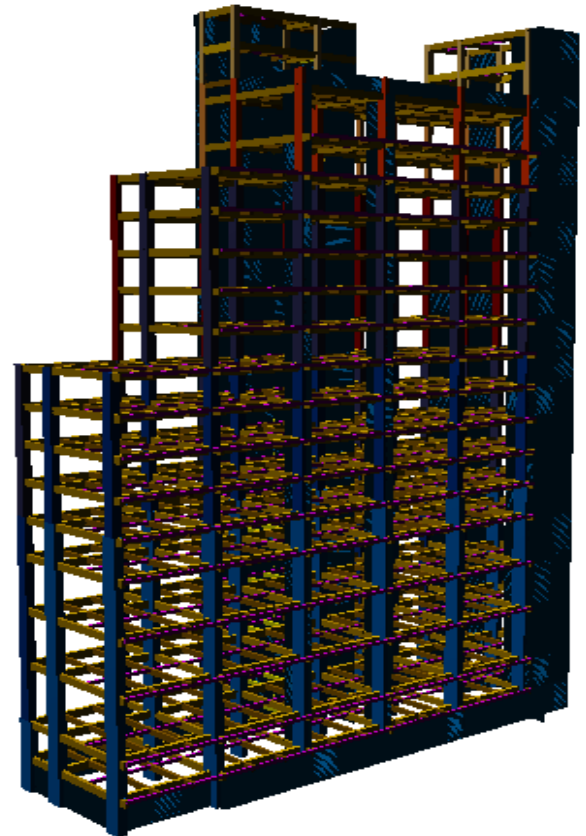
Struktur Tanpa Soft-Storey



Arah z



Arah y



Isometri

Material dan pembebanan

beton bertulang, K-350 ($f'_c \sim 30$ MPa)

baja tulangan utama : deform mutu BJTD40.

Standar utama perencanaan:

Beton bertulang : SNI 03-2847-2002

Terhadap gempa : SNI 03-1726-2002 dan SNI 1726-2012.

Dimensi

Kolom semakin ke atas semakin kecil

-kolom lantai 1 sampai 7 : 400/1000,

- lantai 8 sampai 15 : 400/800,

- kolom lantai di atasnya : 400/600.

- Balok induk : 350/750 dan balok anak 200/600.

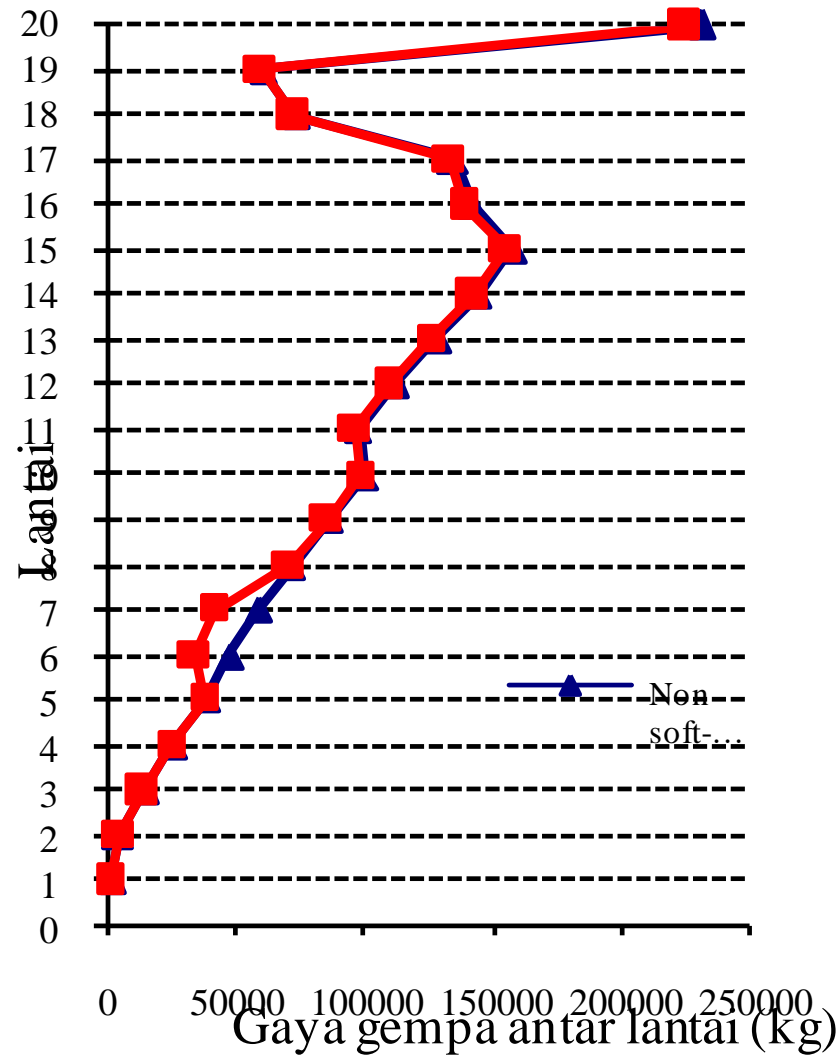
- Plat lantai tipikal dengan tebal 120 mm yang dianggap sebagai diafragma kaku pada sistim struktur rangka.

- Dinding geser menerus sampai lantai paling atas.

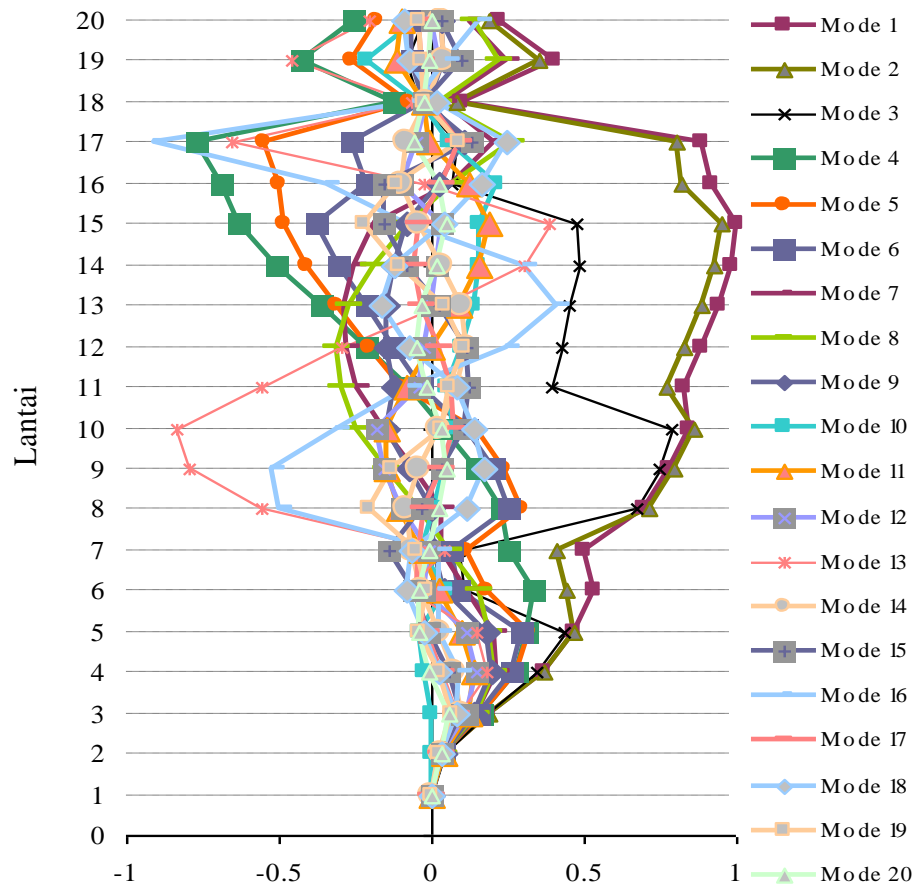
- Struktur gedung terletak di kota Semarang (zona gempa 3)
- Peta gempa SNI 1726-2012
- Desain Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dirangkai dengan dinding geser maupun spandrel di beberapa bagian.
- Faktor reduksi gempa (R) : 8,5 (Tabel 3. Pasal 4.3.6 SNI 03-1726-2002),
- Analisis dinamik dilakukan berdasarkan ragam respon spektrum, dimana digunakan metoda Modal Analisis untuk menentukan respon struktur antar tingkat.
- Kondisi tanah : kategori tanah lunak.
- Percepatan puncak di batuan dasar = 0,2 g,
- $A_o = 0,34g$, $T_c = 1$ detik (untuk tanah lunak),
- $A_m = 2,5 A_o = 0,9$, $A_r = A_m \times T_c = 0,9$ (Tabel 6. Pasal 4.7.6).
- Fungsi gedung termasuk gedung umum, $I = 1,0$.
- $L/B = 45/12,5 = 3,6 > 3$, maka ditambahkan beban horizontal terpusat sebesar 0,1V di lantai tingkat paling atas.
- Analisis maupun pembahasan yang diuraikan adalah pada arah y (arah lemah), karena respon struktur akibat beban gempa dominan dalam arah tsb.

HASIL ANALISIS

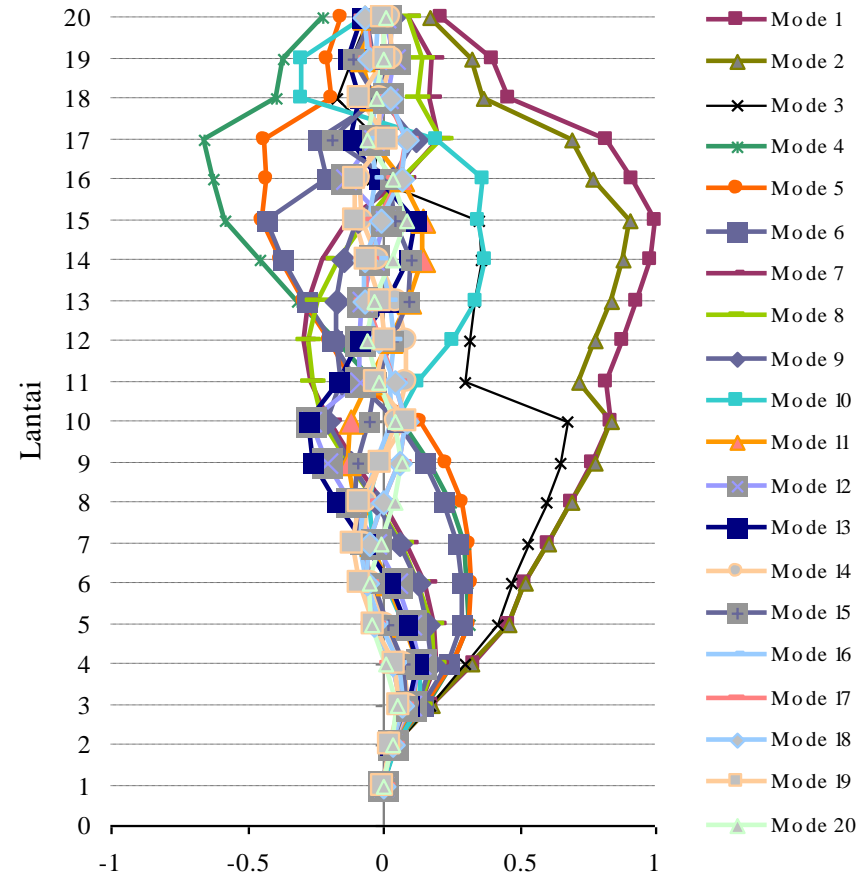
Distribusi gaya gempa antar tingkat



MODUS GETAR



(a) Struktur gedung dengan *soft storey*



(b) Struktur gedung non-*soft storey*

ANALISIS PUSH-OVER

Struktur gedung dengan *soft storey*

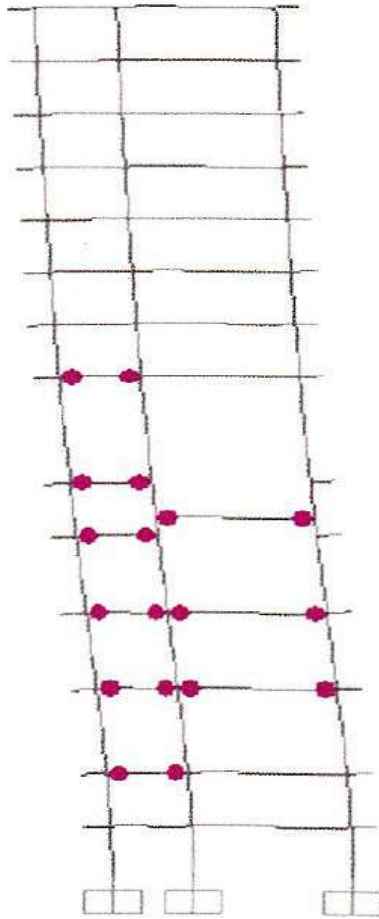
Step	Displacement m	Base Force Kgf	A to B
0	0	0	13720
1	0.021219	272458.14	13718
2	0.06181	685654	13545
3	0.06181	683001.2	13545
4	0.06181	643686.19	13544
5	0.061888	644015.84	13544
6	0.102705	927300.94	13366

Struktur gedung non-*soft storey*

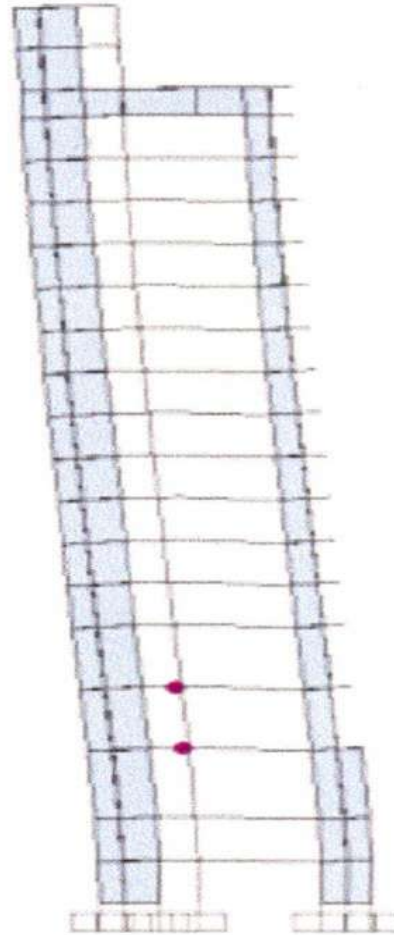
Step	Displacement m	Base Force Kgf	A to B
0	0	0	7112
1	0.021516	261293.28	7110
2	0.083429	783819.98	6846
3	0.104374	894495.91	6753
4	0.104374	869837.41	6752
5	0.104406	868682.53	6752
6	0.104796	870293.18	6751
7	0.104799	825061.93	6749
8	0.104895	824423.83	6748

LOKASI SENDI PLASTIS

Push-Over Step-1



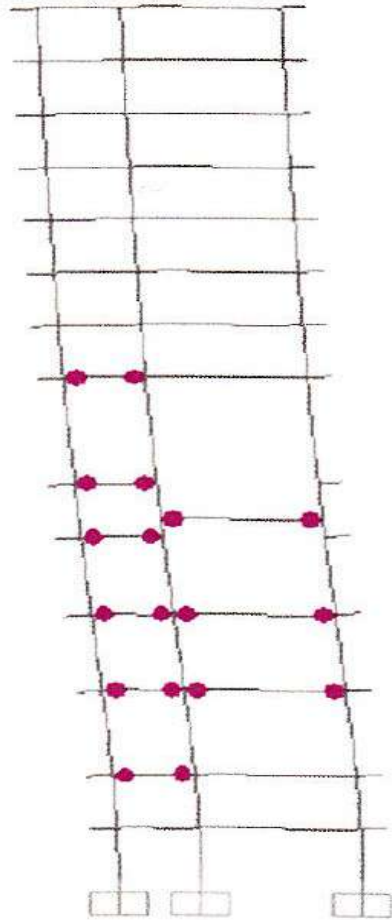
Soft storey



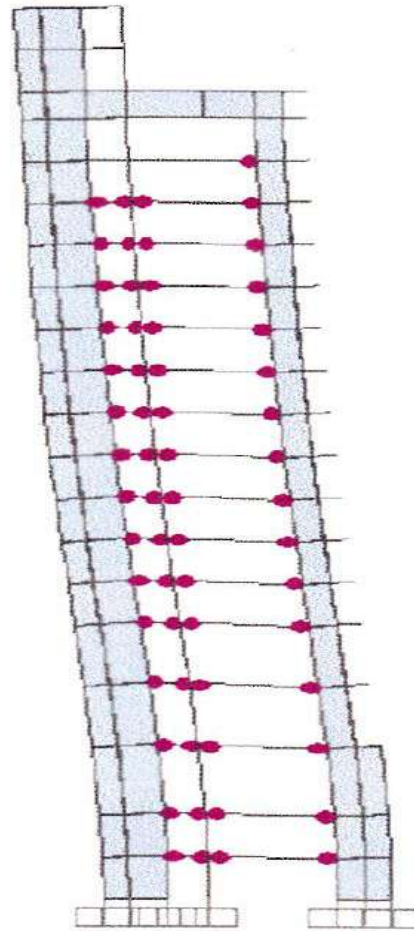
Non-Soft storey

LOKASI SENDI PLASTIS

Push-Over Step-2



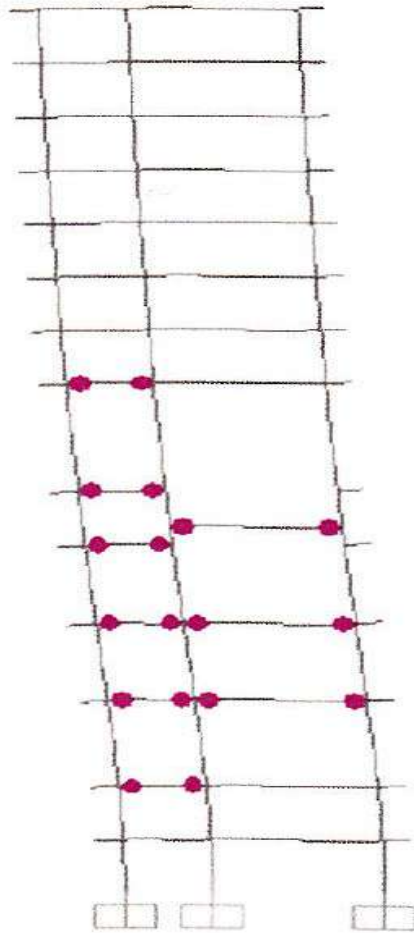
Soft storey



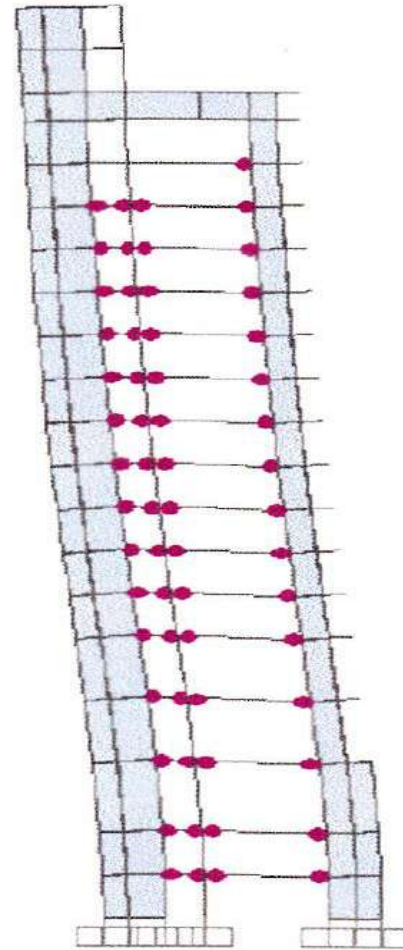
Non-Soft storey

LOKASI SENDI PLASTIS

Push-Over Step-3

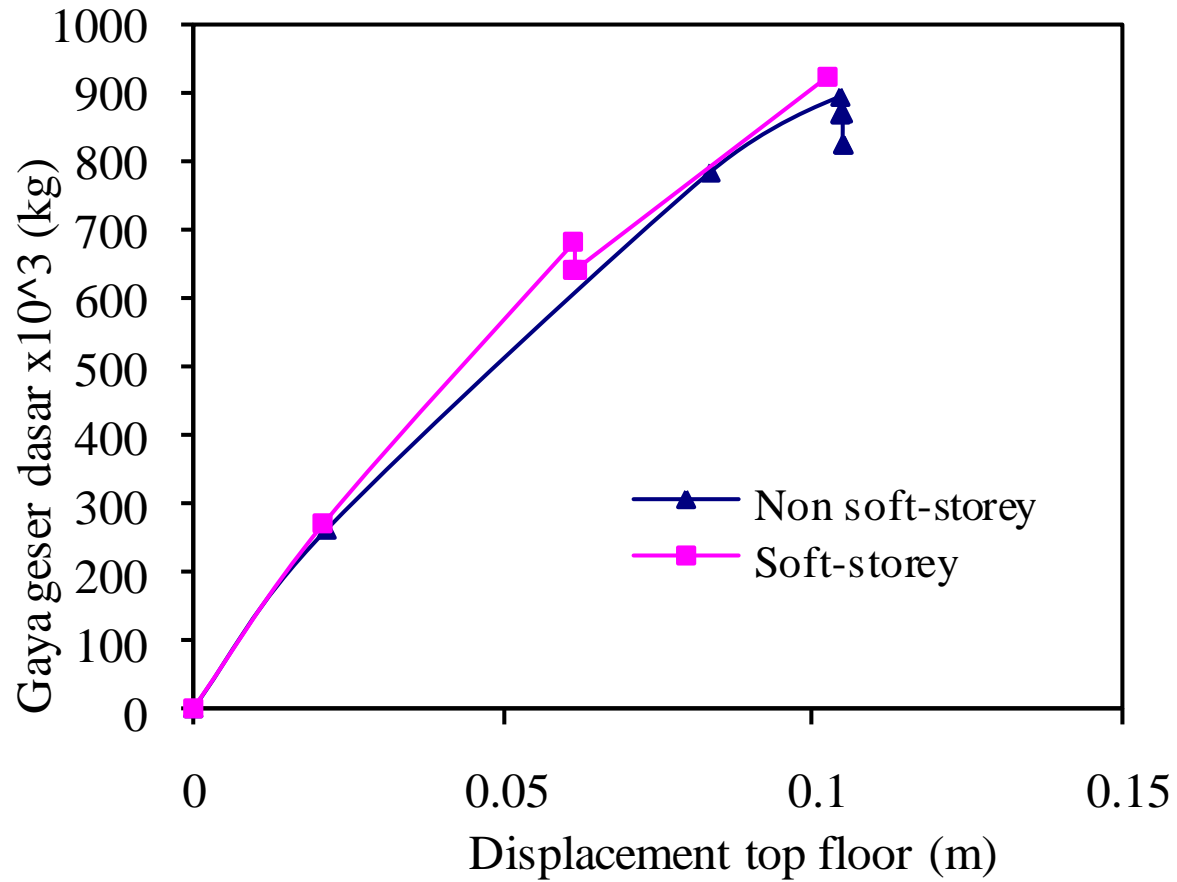


Soft storey

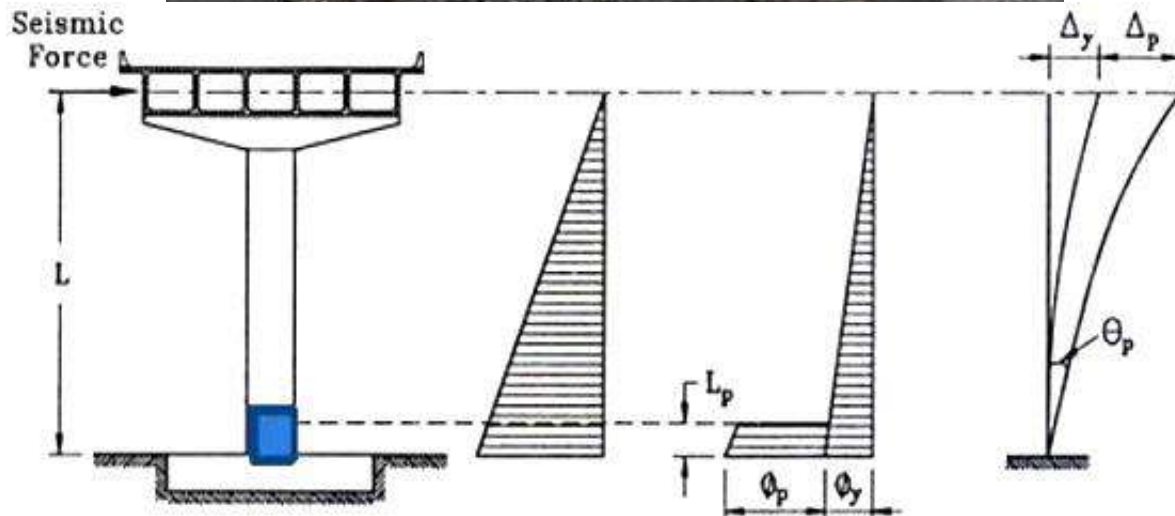


Non-Soft storey

Gaya geser dasar vs displacement



EVALUASI PEMASANGAN TULANGAN PENGEKANG PADA PILAR JEMBATAN



INTRODUCTION



SNI 2833:2008 for bridge, the plastic hinge area at the ends of the columns must be confined.

The amount of spiral reinforcement or closed stirrups used in certain areas that potentially form plastic hinge:

Circular section:
$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_y}$$

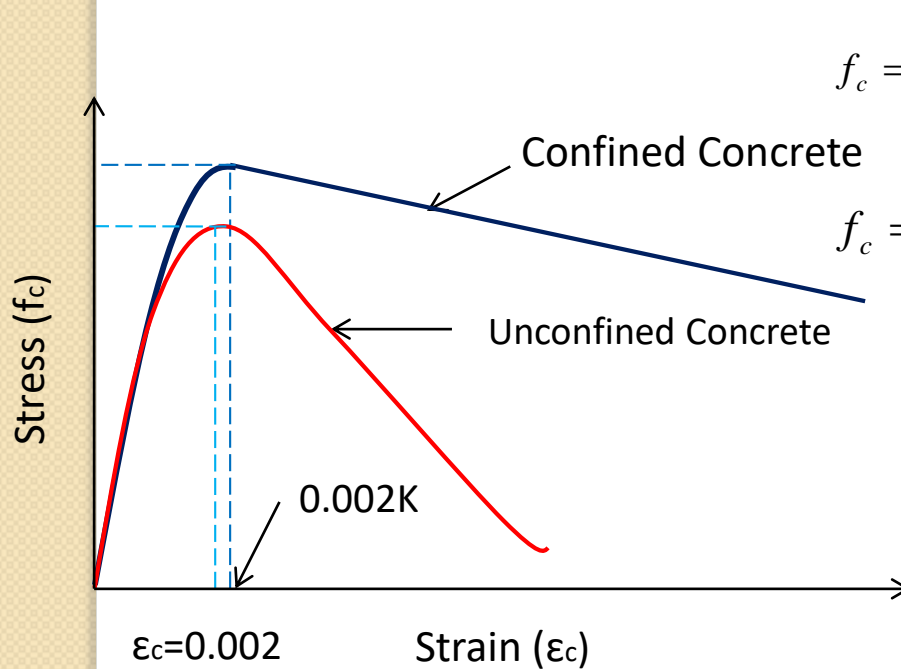
$$\rho_s = 0.12 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_y}$$

Rectangular section:
$$A_{sh} = 0.3sh_c \frac{f'_c}{f_{yh}} \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0.09sh_c \frac{f'_c}{f_{yh}}$$

CONFINEMENT MODELS

- **Model by Scott et al. 1982**



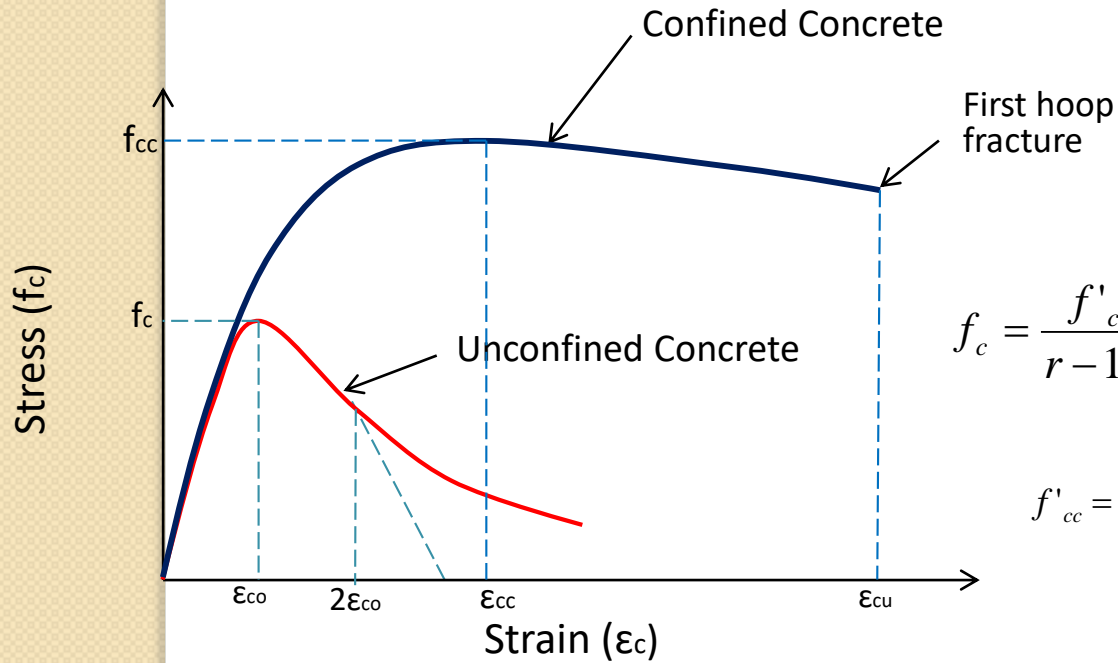
$$f_c = Kf'_c \left[\frac{2\epsilon_c}{0.002K} - \left(\frac{\epsilon_c}{0.002K} \right)^2 \right]; \epsilon_c \leq 0.002K$$

$$f_c = Kf'_c [1 - Z_m (\epsilon_c - 0.002K)]; \epsilon_c > 0.002K$$

$$K = 1 + \frac{\rho_s f_{yh}}{f'_c}$$

$$Z_m = \frac{0.5}{\frac{3 + 0.29f'_c}{145f'_c - 1000} + \frac{3}{4} \rho_s \sqrt{\frac{h''}{s_h}} - 0.002K}$$

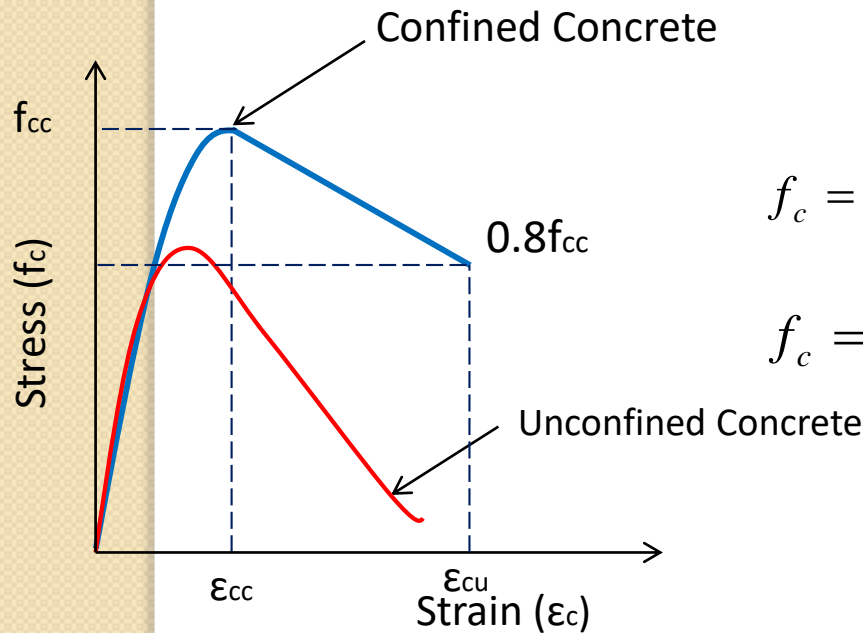
Model by Mander et al. (1988)



$$f_c = \frac{f'_{cc} x r}{r - 1 + x^r} \quad ; \quad \epsilon_{cc} = \epsilon_{co} \left[1 + 5 \left(\frac{f'_{cc}}{f'_{co}} - 1 \right) \right]$$

$$f'_{cc} = f'_{co} \left(-1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 f'_l}{f'_{co}} - 2 \frac{f'_l}{f'_{co}}} \right)$$

Model by Hoshikuma, J., Kawashima, K. (1997)



$$f_c = E_c \epsilon_c \left\{ 1 - \frac{1}{n} \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \right)^{n-1} \right\} \text{ Ascending branch}$$

$$f_c = f'_{cc} - E_{des} (\epsilon_c - \epsilon_{cc}) \text{ Descending branch}$$

$$f'_{cc} = f'_c + 3.8\alpha\rho_s f_{yh}$$

$$E_{des} = 11.2 \frac{f'_c{}^2}{\rho_s f_{yh}}$$

$$\epsilon_{cc} = 0.002 + 0.033\beta \frac{\rho_s f_{yh}}{f'_c}$$

Where,

$\alpha=1.0$ and $\beta=1.0$: circular sections,

$\alpha=0.2$ and $\beta=0.4$: rectangular sections

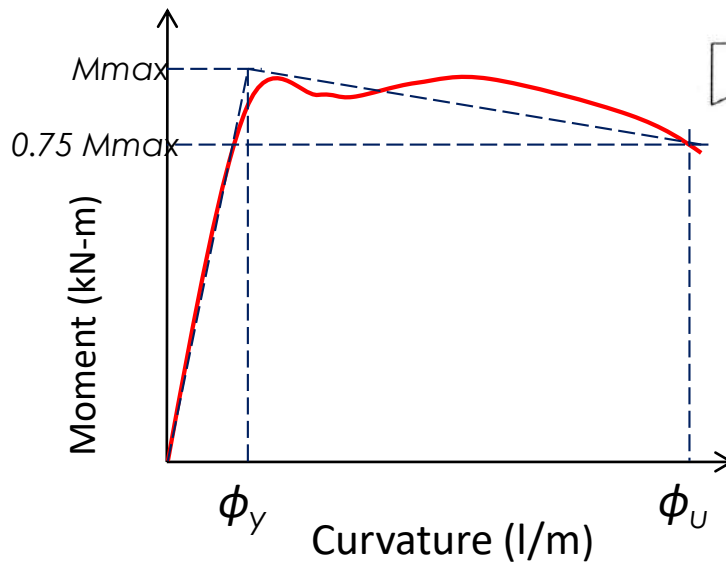
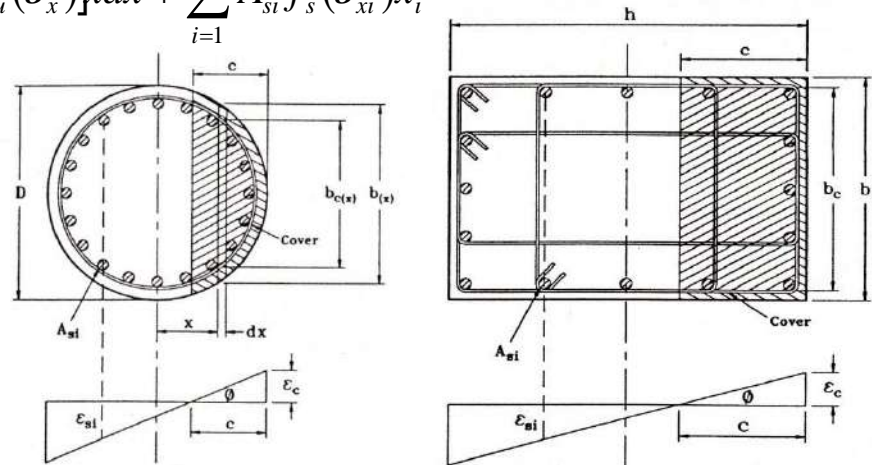
Moment-Curvature Analysis

Moment equilibrium,

$$M = \int_{x=(D/2)-c}^{D/2} [b_{c(x)} f_c(\epsilon_x) + (b_{(x)} - b_{c(x)}) f_{cu}(\epsilon_x)] x dx + \sum_{i=1}^n A_{si} f_s(\epsilon_{xi}) x_i$$

And the curvature is

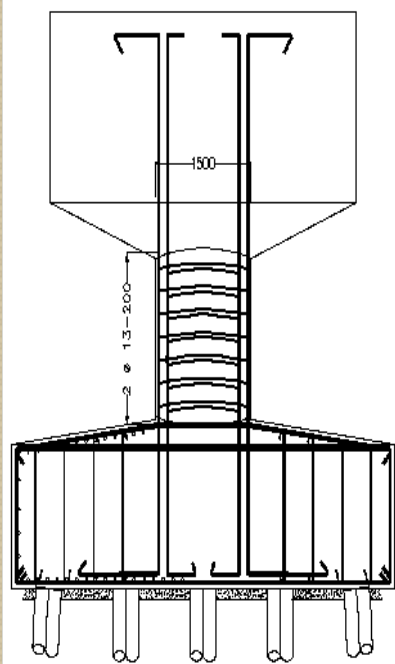
$$\phi = \frac{\epsilon_c}{c}$$



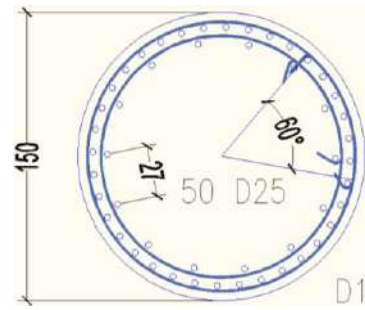
And the Ductility curvature is

$$\mu = \frac{\phi_u}{\phi_y}$$

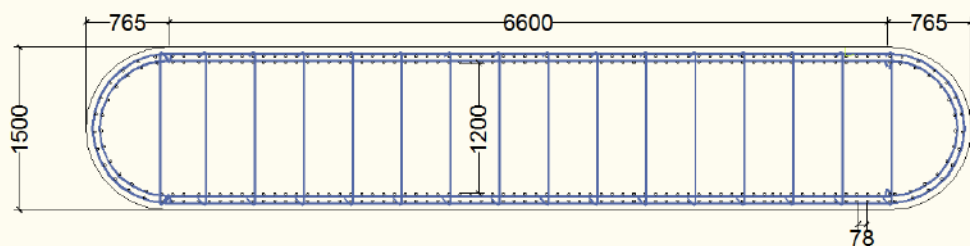
Cases study



Greenwood bridge section



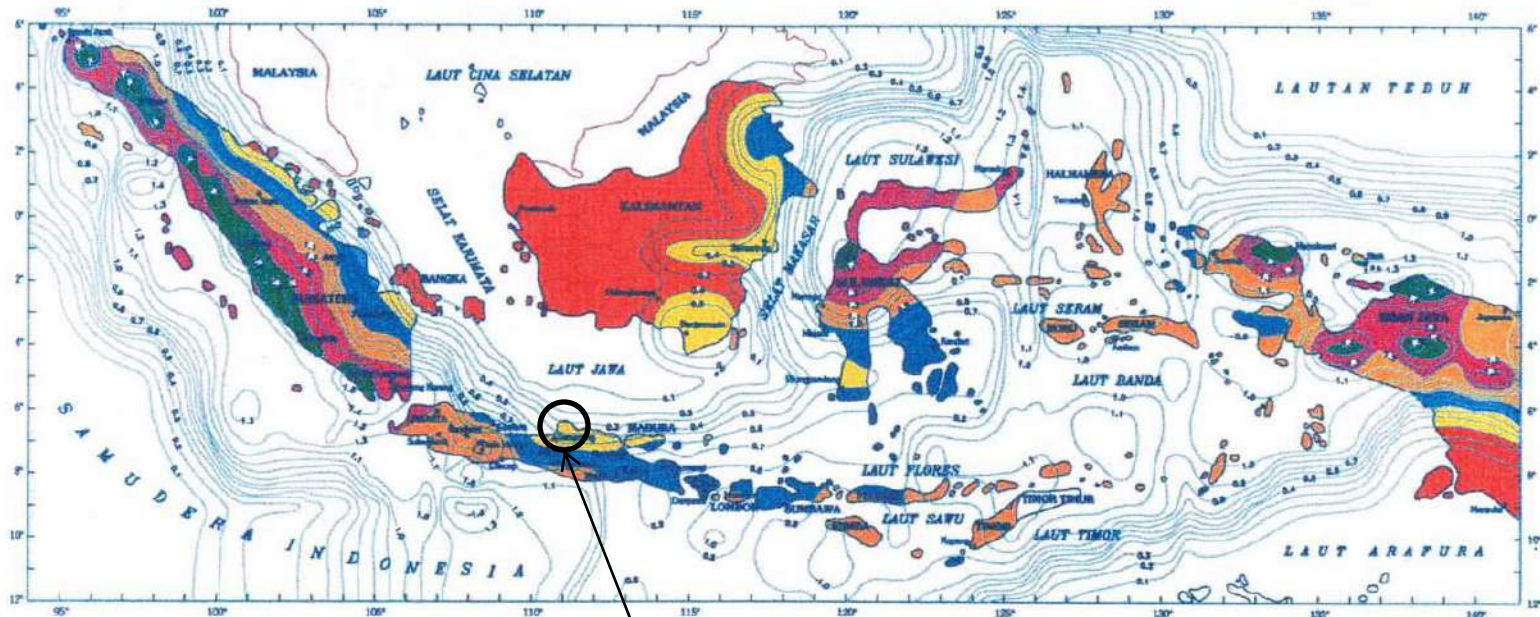
Srowol bridge section



Results

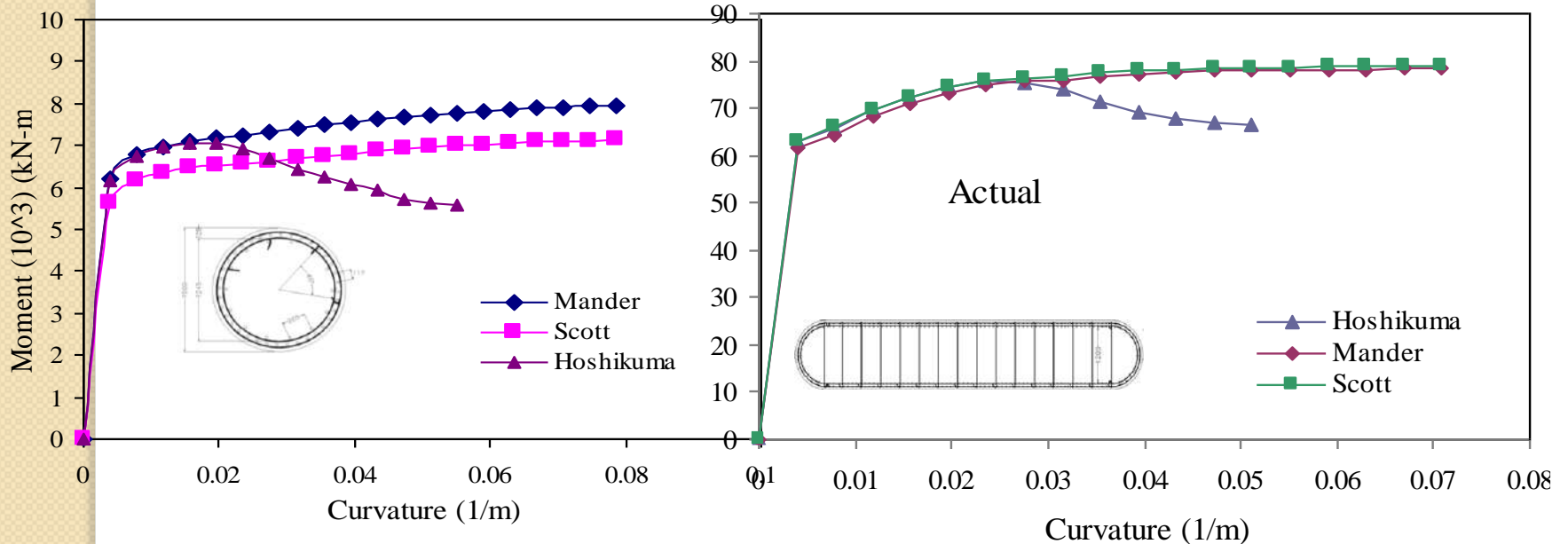
Piers bridge	Confining steel					Long. steel	Curvature ductility (μ)					
	D -s	f_y (MPa)	Volumetric ratio (ρ)				Scott		Mander		Hoshikuma	
			Actual	SNI static	SNI seismic		Actual	SNI seismic	Actual	SNI seismic	Actual	SNI seismic
Greenwood (Circular)	13-150	320	0.5	0.7	1.2	50D25	17.6	17.9	17.6	17.5	11.9	16.8
Srowol (Wall)	16-150	320	0.5	0.1	0.8	240D22	16.8	18.5	15.4	15.5	10.9	14

Located study in map earthquake SNI 2833:2008 For Bridge



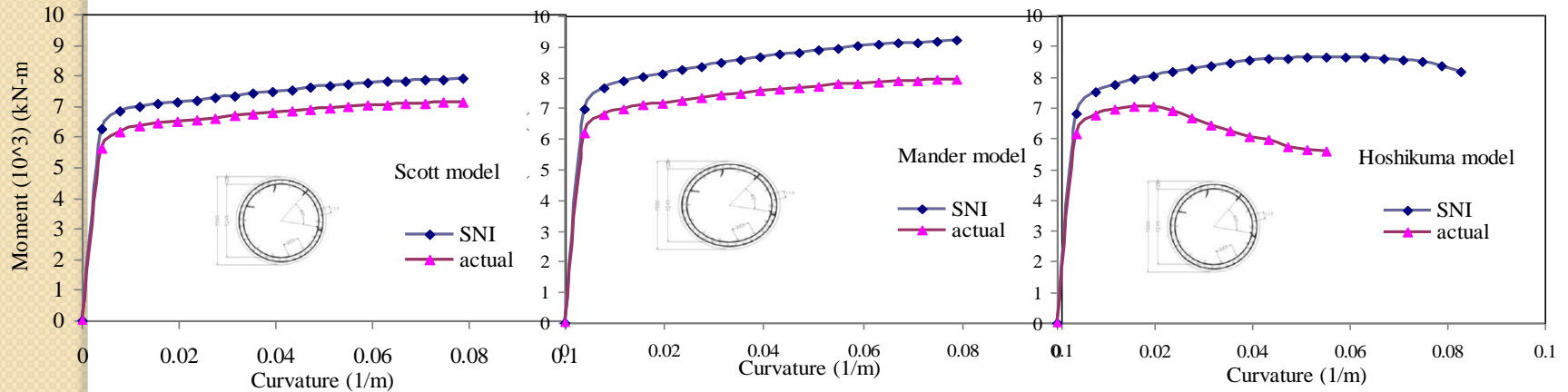
Greenwood, Semarang and Srowol,
magelang

Results of moment curvature

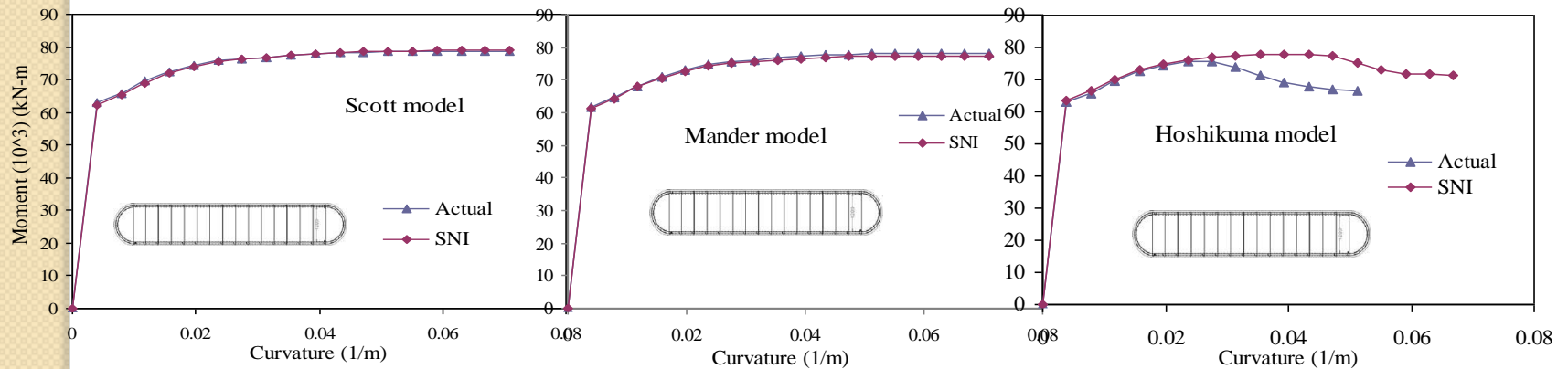


Moment-curvature curves of Scott, Mander, and Hoshikuma model

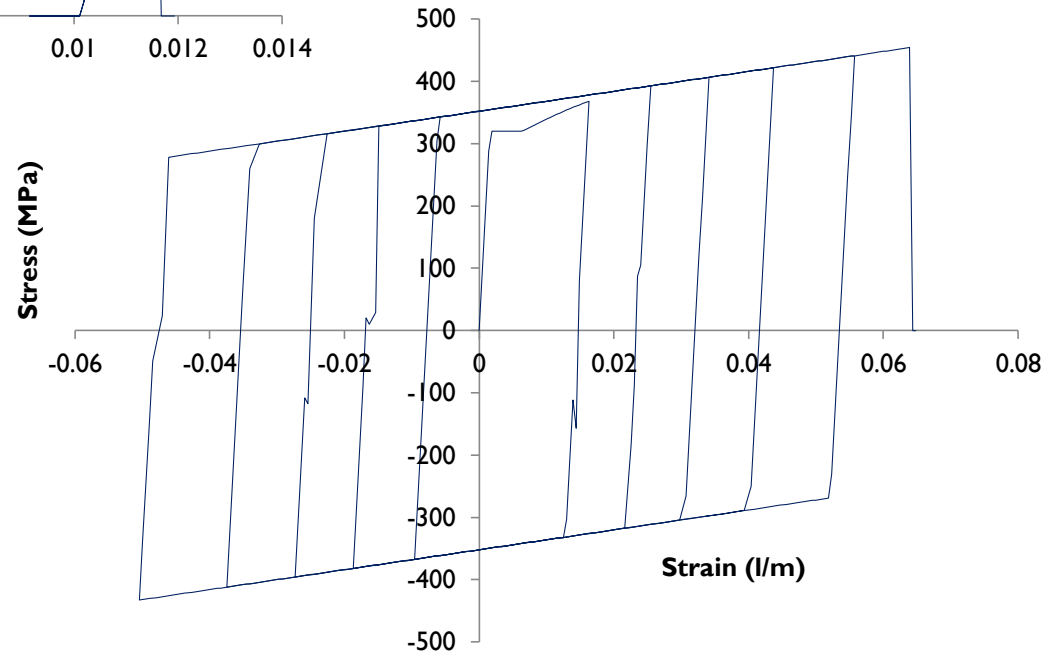
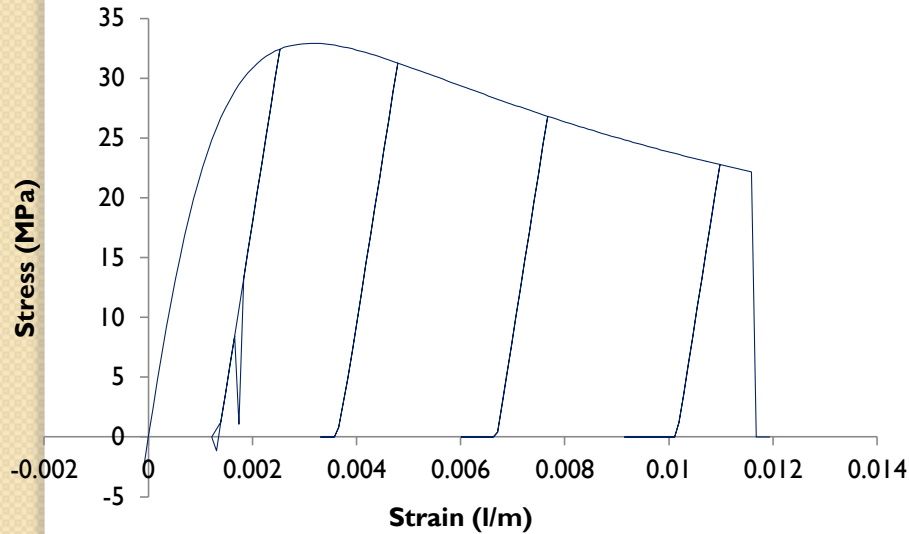
Greenwood bridge



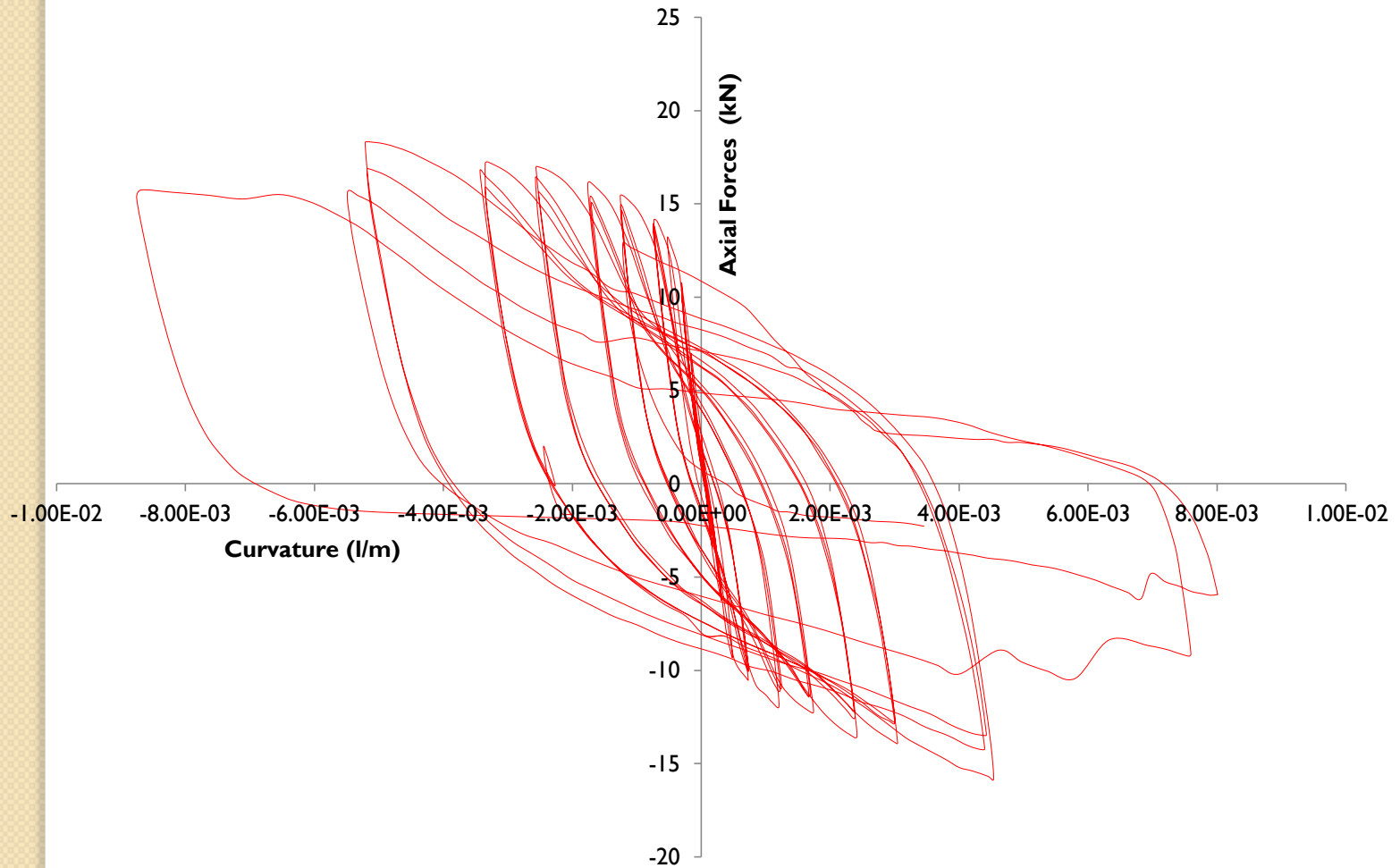
Srowol bridge



Stress-strain relation with Reversal loading for Mander model



Cyclic loading for Mander model



Cyclic Loading moment curvature result

