

JURNAL TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN BARATIE
12 (DUA BELAS) LANTAI DI KABUPATEN SUKOHARJO**



Disusun oleh :

ALFIAN DICKY SUKARNO PUTRO
A.0115021

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TUNAS PEMBANGUNAN
SURAKARTA**

2019

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN BARATIE 12 (DUA BELAS) LANTAI DI KABUPATEN SUKOHARJO

Alfian Dicky Sukarno Putro (A.0115021)

ABSTRAK

Tugas akhir ini dimaksudkan untuk merencanakan gedung perkantoran dua belas lantai dengan fasilitas tertentu dalam satu gedung. Perencanaan ini dibatasi pada perencanaan struktur dari gedung, yaitu perencanaan pondasi, sloof, balok, plat, dan kolom. Analisis perhitungan struktur gedung perkantoran menggunakan bantuan program *SAP 2000*. Sedangkan penggambaran struktur menggunakan program *Autocad*. Analisis beban gempa menggunakan metode dinamis ekuivalen dengan pedoman Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung & Non Gedung SNI 1726 : 2012. Beban yang bekerja pada struktur mengacu pada SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983. Untuk persyaratan detailing struktur bangunan beton bertulang mengacu pada SNI 2487 : 2013. Sedangkan mutu bahan untuk penulangan struktur beton bertulang dengan kuat tekan (f'_c) = 30 MPa, f_y plat = 420 MPa. Hasil yang diperoleh pada perencanaan struktur gedung adalah sebagai berikut : dimensi kolom 70 cm x 70 cm dengan tulangan 12 D 22, tulangan geser \emptyset 12 – 140 dan untuk kolom dimensi 65 cm x 65 cm menggunakan tulangan 12 D 19, tulangan geser \emptyset 10 – 140. Dimensi sloof yaitu 20 cm x 40 cm dengan tulangan tekan dan tarik masing-masing menggunakan 2 D 12 dan tulangan geser \emptyset 10 – 167. Dimensi balok anak yaitu 30 cm x 40 cm, penulangan balok anak menggunakan tulangan tekan dan tarik 2 D 19 dan tulangan geser menggunakan \emptyset 10 – 140. Dimensi balok induk yaitu 50 cm x 70 cm, penulangan balok induk menggunakan tulangan tekan 2 D 13 dan tulangan geser \emptyset 10 – 140. Dimensi tiang pancang menggunakan diameter 60 cm dengan kedalaman 9 m. Dimensi *Pile Cap* yaitu 5,2 m x 3,5 m, dengan tebal 1,2 m. Penulangan *Pile Cap* menggunakan tulangan D 22 – 100.

Kata Kunci : Struktur beton bertulang, SAP 2000 V.14

STRUCTURAL DESIGN OF BARATIE 12 (TWELVE) OFFICE BUILDING IN SUKOHARJO

By : Alfian Dicky Sukarno Putro (A.0115021)

ABSTRACT

This final project is intended to plan twelve-story office buildings with certain facilities in one building. This plan is limited to the planning of the structure of the building, namely the planning of the foundation, sloof, beam, plate, and column. Analysis of structural calculations of office buildings using the assistance of the SAP 2000 program. While the description of the structure uses the Autocad program. Seismic load analysis uses an equivalent dynamic method with the Guidelines for Earthquake Resilience Planning for SNI Building & Non Building Structure 1726: 2012. Loads that work on structures refer to SNI 1727: 2013 and PPIUG 1983. For the detailing requirements of reinforced concrete building structures refer to SNI 2487: 2013. While the material quality for reinforcing concrete reinforced structures with compressive strength (f_c) = 30 MPa, f_y plate = 420 MPa. The results obtained in building structure planning are as follows: column dimensions 70 cm x 70 cm with 12 D 22 reinforcement, \emptyset 12 - 140 shear reinforcement and for column dimensions 65 cm x 65 cm using 12 D 19 reinforcement, \emptyset 10 - 140 shear reinforcement. Sloof dimensions are 20 cm x 40 cm with compressive reinforcement and pull each using 2 D 12 and shear reinforcement \emptyset 10 - 167. The dimensions of the beam are 30 cm x 40 cm, reinforcement of the beam using 2 D 19 compressive and tensile reinforcement and shear reinforcement using \emptyset 10 - 140. The dimensions of the beam are 50 cm x 70 cm, reinforcement of the beam uses reinforcement press 2 D 13 and reinforcement slide \emptyset 10 - 140. The dimensions of the pile use a diameter of 60 cm with a depth of 9 m. The dimensions of the Pile Cap are 5.2 m x 3.5 m, with a thickness of 1.2 m. Reinforcement of Cap Piles using reinforcement D 22 - 100.

Key words : Reinforced concrete structure, SAP 2000 V.14

1.1. Latar Belakang

Sukoharjo merupakan Kabupaten yang berpotensi baik dari segi industri dan perdagangan yang perkembangannya semakin meningkat. Dengan demikian adanya perkembangan Kabupaten Sukoharjo, maka sebagian besar pengusaha diluar kota berdatangan untuk mengembangkan usahanya di Sukoharjo. Keberadaan kaum eksekutif di Sukoharjo, membutuhkan sarana dan prasarana bagi kaum eksekutif tersebut sangat dibutuhkan. Kebutuhan sarana dan prasarana juga didukung dengan pola kehidupan masyarakat zaman sekarang yang mengarah kepada kehidupan masyarakat maju yang serba praktis dan efektif, sehingga mereka sangat menghargai waktu yang disebabkan oleh mekanisme yang serba masal dan mobilitas yang tinggi. Kalangan kelas atas yang memerlukan suatu wadah berupa tempat pekerjaan yang dapat menyatu dengan aktifitas lain dalam pemenuhan kebutuhannya. Produk yang dimaksud berupa gedung perkantoran yang relative dekat dengan tempat kerja, memenuhi kebutuhan pokok lainnya. Dengan menyadari keterbatasan lahan, maka gedung perkantoran vertikal merupakan pilihan yang tepat. Dari beberapa macam gedung vertikal, terbatasnya lahan dengan pola hidup masyarakat yang serba praktis dan efektif. Hal mendasar tersebut yang melatar belakangi penulis untuk merencanakan dan merancang perkantoran dua belas lantai yang direncanakan di Sukoharjo dengan pertimbangan lokasi yang dekat dengan daerah perdagangan, pendidikan dan industri serta mudah

dijangkau oleh transportasi umum maupun transportasi pribadi.

1.2. Rumusan Masalah

2. Bagaimana merancang struktur bangunan perkantoran di Sukoharjo yang sesuai dengan fungsinya sehingga dapat memenuhi kebutuhan berupa perkantoran yang dapat menyatu dengan aktifitas lain untuk pemenuhan kebutuhan yang lainnya dengan penekanan permasalahan pada fungsinya. Yang menjamin kemudahan akses bagi masyarakat pengguna?

2.1. Batasan Masalah

Batasan masalah perencanaan ini adalah :

1. Bagaimana merencanakan bangunan perkantoran di Sukoharjo?
2. Bagaimana mewujudkan program ruang pada perencanaan dan perancangan perkantoran di Sukoharjo?
3. Bagaimana mewujudkan tata ruang pada perencanaan dan perancangan perkantoran di Sukoharjo?

a. Peraturan - Peraturan.

Peraturan-peraturan yang digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012.

2. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013.
3. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung atau Struktur Lain, SNI 1727-2013.

b. Tujuan Perencanaan

Tujuan pembahasan adalah menyusun landasan konseptual perencanaan dan perancangan tugas akhir (LKPP-TA) tentang perkantoran di Sukoharjo dengan penekanan dengan menggunakan SNI 1726 Tahun 2017

c. Manfaat Perencanaan

Manfaat yang bisa didapat adalah

1. Menambah pengetahuan dalam bidang perencanaan struktur gedung dengan sistem rangka pemikul momen biasa.
2. Sebagai bahan referensi Tugas Akhir bagi mahasiswa lainnya.

d. Pemodelan Struktur

Struktur yang ditinjau adalah Gedung Apartemen Sepuluh Lantai di Klaten. Bangunan yang direncanakan terletak pada zona wilayah gempa 3 dengan jenis tanah sedang.

1. Struktur Gedung direncanakan menggunakan mutu beton sebagai berikut:

$$\text{Mutu beton } (f'c) = 30 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat leleh tulangan utama } (fy) \\ = 420 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat leleh tulangan geser } (fys) \\ = 240 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastik beton} \\ = 4700 \sqrt{f'c} = \\ 23500 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

2. Sedangkan untuk dimensi elemen beton struktur direncanakan sebagai berikut:

$$K 1 = 70 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$$

$$BI 2 = 25 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$$

$$K 2 = 65 \text{ cm} \times 65 \text{ cm}$$

$$BA 1 = 25 \text{ cm} \times 45 \text{ cm}$$

$$\text{Sloof} = 25 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$$

$$BA 2 = 20 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$$

$$BI 1 = 35 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$$

$$\text{Pelat lantai} = 12 \text{ cm}$$

$$\text{Pelat atap} = 10 \text{ cm}$$

*Catatan :

$$K = \text{Kolom}$$

$$BI = \text{Balok Induk}$$

$$BA = \text{Balok Anak}$$

e. Perhitungan Beban Mati Dan Beban Hidup.

Selanjutnya berdasarkan denah struktur dan fungsi bangunan dapat dihitung dengan beban mati dari komponen dinding dan lantai.

1. Beban Mati (DL)

- a. Pelat atap

$$\text{Asphalt Sheet } 2 \text{ cm}$$

$$\text{Berat elektrik}$$

Berat *gypsum* + hollow
berat *plumbing*

b. Pelat lantai

Berat *gypsum* + hollow
Berat elektrik
Berat keramik
Berat pasir urug 2 cm
Berat spesi 3 cm
Berat *plumbing*

c. Beban dinding pasangan 1/2 bata
(250 Kg/m²)

Berat dinding lantai 3,5 m

2. Beban Hidup (LL)

a. Beban hidup lantai apartemen
SNI-1727-2013 (LL) =

488,00 Kg/m²

b. Beban hidup atap apartemen
SNI-1727-2013 (LL) =

97,70 Kg/m²

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup pada struktur kemudian digunakan sebagai input pembebanan pada program SAP 2000.

Setelah beban yang bekerja pada struktur dihitung, maka dapat dihitung berat struktur pada masing-masing lantai. Perhitungan berat dilakukan dengan pertama-tama menentukan koefisien

beban mati $30,75 \text{ Kg/m}^2$ beban hidup sebagai komponen berat struktur .
= $51,03 \text{ Kg/m}^2$
determined from dead load 100% and live load

30%.
= $30,75 \text{ Kg/m}^2$

f. Analisis Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012

1. Kategori Resiko
= $0,05 \times 1800 = 90,00 \text{ Kg/m}^2$
= $0,03 \times 2100 = 63,00 \text{ Kg/m}^2$
= 10
Sesuai SNI 1726 - 2012 (hal. 14).
Gedung Perkantoran di Kabupaten Sukoharjo ini termasuk kedalam kategori resiko II

2. Faktor Keutamaan Gedung

= $250 \times 3,5 = 875,00 \text{ Kg/m}$
Sesuai SNI 1726 - 2012 faktor keutamaan untuk bangunan dengan kategori resiko II adalah 1.

3. Parameter Percepatan Batuan Dasar S_s dan S_1

Berdasarkan program desain spektra indonesia yang bisa diakses di alamat :
http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desa_in Spektra Indonesia 2011/ data yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

- Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek (S_s) = 0,944
- Parameter respon spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik (S_1) = 0,368

4. Kelas Situs

Untuk mengetahui kelas situs pada suatu lokasi, harus melalui perhitungan nilai N SPT. Nilai perhitungan N SPT pada lokasi gedung kampus yang akan dibangun ditunjukkan dalam tabel 5.1.

Tabel 5.3. Perhitungan Nilai N SPT (asumsi)

No	Kedalaman	Tebal (d)	N SPT	N' = (d)/(N SPT)
1	0,00-3,00	3	16	0.18
2	3,00-5,00	2	20	0.10
3	5,00-8,00	3	22	0.13
4	8,00-12,00	4	25	0.16
5	12,00-14,00	2	27	0.07
6	14,00-16,00	2	31	0.06
7	16,00-19,00	3	34	0.08
8	19,00-22,00	3	37	0.08
9	22,00-25,00	3	36	0.08
10	25,00-27,00	2	38	0.05
11	27,00-30,00	3	41	0.07
	Σ	30		1.16

Nilai N rata-rata ditentukan dengan rumus:

$$\bar{N} = \frac{\sum d}{\sum N'} = \frac{30}{1,16} = 18,75$$

Sesuai SNI 1726-2012(hal. 17) nilai N rata-rata akan menentukan jenis tanah, sbb:

$$\begin{aligned} \bar{N} \geq 50 &= \text{Tanah Keras} \\ 15 \leq \bar{N} < 50 &= \text{Tanah Sedang} \\ \bar{N} < 15 &= \text{Tanah lunak} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai tes penetrasi standar rata-rata $N = 18,75$. Kelas situs lokasi pembangunan adalah SD (tanah sedang)

5. Koefisien Situs F_a dan F_v

Berdasarkan program desain spektra indonesia yang bisa diakses di alamat

<http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra Indonesia 2011>

dengan kelas situs tanah sedang (SD) didapatkan nilai :

- $F_a = 1,122$
- $F_v = 1,665$

6. Parameter Percepatan Spektral Respons pada Periode Pendek (S_{MS}) dan Periode 1 Detik (S_{M1}) Berdasarkan MCE_R

Menurut SNI 1726-2012 (hal. 21), koefisien situs dan parameter

respon spektral percepatan gempa maksimum ditentukan dengan persamaan :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_S = 1,122 \times 0,944 = 1,059$$

$$S_{MI} = F_v \cdot S_I = 1,665 \times 0,368 = 0,612$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,059 = 0,706$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{MI} = \frac{2}{3} \times 0,612 = 0,408$$

8. Kategori Desain Seismik (KDS)

Hal yang menjadi pertimbangan untuk menentukan kategori desain seismik (KDS) adalah S_{DS} dan S_{D1} , dan kategori bangunan tersebut berdasarkan SNI 1726-2012 (hal. 24) adalah:

- Nilai $S_{DS} = 0,706$ dengan kategori resiko gedung II, didapatkan Nilai KDS = D
- Nilai $S_{D1} = 0,408$ dengan kategori resiko gedung II, didapatkan Nilai KDS = D

9. Pemilihan Sistem Struktur

Perancangan gedung kampus ini memilih sistem struktur, Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Sesuai SNI-1726-2012(hal. 36) untuk SRPMB didapat nilai :

7. Parameter Percepatan Spektral Respons Rencana pada Periode Pendek (S_{DS}) dan Periode 1 Detik (S_{D1})

Berdasarkan SNI 1726-2012 (hal. 22), nilai S_{DS} dan S_{D1} diperoleh dari perhitungan:

- Koefisien Modifikasi Respon (R^a) = 3
- Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0^s) = 3
- Faktor Pembesaran Defleksi (C_d^b) = 2,5
- Untuk sistem struktur D dibatasi ketinggian strukturnya mak. 72m

10. Desain Respon Spektrum

Sesuai SNI-1726-2012(hal. 23) nilai T_0 dan T_s ditentukan sebagai berikut :

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \cdot \frac{0,706}{0,408} = 0,1156$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,706}{0,408} = 0,578$$

11. Periode Fundamental Struktur

Waktu getar alami fundamental yang didapat dari analisis dengan software SAP2000 adalah :

$$T_y = 0,8655 \text{ s (mode 1)}$$

$$T_x = 0,7975 \text{ s (mode 2)}$$

Hasil dari analisis tersebut harus diperiksa dengan periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan (T_a). Berdasarkan SNI 1726-2012 (hal. 56) untuk koefisien untuk C_u ditentukan oleh S_{D1} adalah 1,4, dan untuk rangka beton pemikul momen nilai $C_t = 0,0466$ dan nilai $x = 0,9$.

Kemudian perhitungan T_a adalah sebagai berikut :

$$T_{a \text{ min}} = C_t \cdot h_n^x = 0,0466 \times (28,5)^{0,9} = 0,95005$$

$$T_{a \text{ maks}} = C_u \cdot T_{a \text{ min}} = 1,4 \times 0,95 = 1,33006$$

12. Koefisien Respon Seismik

Sesuai SNI-1726-2012(hal. 54) mencari koefisien respons seismik (C_s) ditentukan sebagai berikut :

$$C_{s \text{ hit x}} = \frac{S_{D1}}{T_x \left(\frac{R}{I_e} \right)} =$$

$$\frac{0,408}{0,7975 \left(\frac{3}{1} \right)} = 0,1705$$

$$C_{s \text{ hit y}} = \frac{S_{D1}}{T_y \left(\frac{R}{I_e} \right)} =$$

$$\frac{0,408}{0,8655 \left(\frac{3}{1} \right)} = 0,1571$$

$$C_{s \text{ maks}} = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} =$$

$$\frac{0,706}{\left(\frac{3}{1} \right)} = 0,2353$$

13. Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik dihitung oleh program, dengan memasukkan berat jenis beton pada awal pengerjaan, yaitu γ_{bc} beton = 24 KN/m³

14. Berat Total Struktur Gedung

Berat total bangunan yang dihasilkan dari perhitungan SAP2000 sebagai berikut

Tabel 1 Tabel Berat Bangunan

Lantai	Berat (kN)
Atap	7345
8	8936
7	8936
6	8936
5	8936
4	12935
3	12935
2	13283
1	5148

g. Perencanaan Struktur

Pada penyusunan Tugas Akhir ini penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan dalam perancangan struktur gedung Apartemen Bams Flower di Klaten, antara lain :

1. Analisa gempa yang digunakan untuk perancangan struktur bangunan ini menggunakan metode analisis gempa sesuai SNI 03 – 1726-2012.

2. Perancangan plat lantai dan plat atap menggunakan cara konvensional dengan hasil :
 - a. Plat lantai tebal 12 cm dengan tulangan sebagai berikut :
 - Tulangan pada lapangan arah x dan y D12 – 240
 - Tulangan pada tumpuan arah x dan y D12 – 240
 - b. Plat atap tebal 10 cm dengan tulangan sebagai berikut:
 - Tulangan pada lapangan arah x dan y D10 – 200
 - Tulangan pada tumpuan arah x dan y D10 – 200
 3. Perancangan perhitungan struktur utama (balok dan kolom) menggunakan bantuan analisa dari program SAP 2000 versi 14 dan Microsoft Excel 2013
 4. Perancangan balok dengan tulangan sebagai berikut :

Balok induk 50/70

 - a. Tulangan lapangan
 - Tulangan pokok 4 D - 13 mm
 - Tulangan tekan 2 D - 13 mm
 - b. Tulangan Tumpuan
 - Tulangan pokok 2 D 13 mm
 - Tulangan tekan 2 D 13 mm
 - c. Tulangan geser Tumpuan p10 - 140 mm
Tulangan geser Lapangan p10 – 140 mm
- Balok anak 30/40
- a. Tulangan lapangan
 - Tulangan pokok 4 D - 19 mm
 - Tulangan tekan 2 D - 19 mm
 - b. Tulangan Tumpuan
 - Tulangan pokok 4 D 19 mm
 - Tulangan tekan 2 D 19 mm
 - c. Tulangan geser Tumpuan p10 - 140 mm
Tulangan geser Lapangan p10 – 140 mm
5. Perancangan Sloof dengan ukuran 20/40 cm dengan tulangan sebagai berikut :
 - a. Tulangan lapangan
 - Tulangan pokok 2 D - 12 mm
 - Tulangan tekan 2 D - 12 mm
 - b. Tulangan Tumpuan
 - Tulangan pokok 2 D 12 mm
 - Tulangan tekan 2 D 12 mm
 - c. Tulangan geser Tumpuan p10 - 167 mm
Tulangan geser Lapangan p10 – 167 mm
6. Perancangan kolom dengan ukuran 70 x 70 cm
 - a. Tulangan utama 12 D 22 mm

b. Tulangan geser Tumpuan
p12 -140 mm

c. Tulangan geser Lapangan
p12 – 320 mm

7. Perancangan kolom dengan
ukuran 65 x 65 cm

a. Tulangan utama 12 D 19
mm

b. Tulangan geser Tumpuan
p10 -140 mm

c. Tulangan geser Lapangan
p10 – 250 mm

8. Perancangan bangunan gedung
Perkantoran di Kabupaten
Sukoharjo perancangan pondasi
dengan pondasi tiang pancang
dengan tinggi 6 m, menggunakan
5 buah tiang pancang di tiap
kolom, menggunakan tulangan 6
D 19, dengan sengkang Ø10-210

Untuk tulangan *pile cap* :

- Tulangan lentur arah X dan
Y menggunakan Ø22 - 100,

- Tulangan susut arah X dan
Y menggunakan Ø22 - 100 ,

Dengan tebal *pile cap* 120 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (2013), SNI 2847 : 2013 : *persyaratan beton structural untuk bangunan gedung*. Bandung : ICS
- Badan Standardisasi Nasional (2012), SNI 1726 : 2012 : *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung* . Bandung : ICS
- Badan Standardisasi Nasional (2013), SNI 1727 : 2013 : *Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain*. Bandung : ICS
- Himawan indarto, hanggoro TC : *Aplikasi SNI Gempa 1726 : 2012 for Dummies*.
- L. Wahyudi, Syahril A Rahim,"*Struktur Beton Bertulang: Standar Baru SNI T-15-1991-03*"-Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1997.
- DPU, (SNI) 03-0349-1989,"*Conblock (concrete blok)*", Departemen Pekerjaan Umum Jakarta.
- Murdock, L. J., dan Brook, K.M.1999. *Bahan dan Praktek Beton*, terjemahan Hindarko, S, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Winter, G., Nilson A., 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. PT. Piadnya Paramita, Jakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Muto, Kiyoshi, 1993. *Analisis Perencanaan gedung Tahan Gempa*, Erlangga, Jakarta.
- Bowles, Joseph E, 1997. *Foundation Analysis & Design, Fifth Edition*. McGraw-HillCompanies.
- Engel, Heinrich, 1981. *Structure Systems*. Van Nostrand Reinhold Company

