

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ★FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇELİK LEVHA PERDELİ SİSTEMLER (ÇLPS)'NİN BİRİNCİ ELASTİK
TİTREŞİM PERİYOTLARININ HESABI VE DEPREM YÜKLERİ ALTINDA
KAPASİTE TASARIMI İÇİN BİR ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. İsmail Gürkan ARICI**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği
Programı: Yapı Mühendisliği**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Oğuz Cem ÇELİK

OCAK 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ★FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇELİK LEVHA PERDELİ SİSTEMLER (ÇLPS)’NİN BİRİNCİ ELASTİK
TİTREŞİM PERİYOTLARININ HESABI VE DEPREM YÜKLERİ ALTINDA
KAPASİTE TASARIMI İÇİN BİR ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. İsmail Gürkan ARICI
(501081045)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 10 Aralık 2010

Tezin Savunulduğu Tarih: 25 Ocak 2011

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Oğuz Cem ÇELİK
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Feridun ÇILI
Doç. Dr. Z. Canan GİRGIN**

OCAK 2011

ÖNSÖZ

Bu çalışma kapsamında, yardımlarından dolayı başta danışman hocam Prof. Dr. Oğuz Cem ÇELİK'e, Araş. Gör. Dr. Cüneyt VATANSEVER ile lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca birlikte çalıştığım tüm İTÜ ve YTÜ'deki hocalarıma, hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

ARALIK 2010

İsmail Gürkan ARICI

İnş. Müh.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Motivasyon.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	5
2.1 Çelik Yapıların Birinci Elastik Titreşim Periyodu (T_1) için Önerilen Ampirik Bağlıntılar.....	5
2.2 Çelik Levha Perdeli Sistemler (ÇLPS)'nin Genel Özellikleri ve (T_1) Değerinin İncelenmesi.....	7
2.3 ÇLPS'nin Geliştirilmesi için Önerilen Çözümler	13
3. YAPILARIN BİRİNCİ ELASTİK TİTREŞİM PERİYODU (T_1)	15
3.1 (T_1)'in Önemi	15
3.2 Ampirik Bağlıntılar	15
3.2.1 Ampirik bağliıntılarının dayandığı varsayım ve esaslar.....	16
3.2.2 Ampirik bağliıntılarının çıkarılışları.....	17
3.2.3 Türk ve diğer ülke yönetmeliklerinde (T_1) için önerilen ampirik bağliıntılar	19
4. ÇELİK LEVHA PERDELİ SİSTEMLER (ÇLPS).....	27
4.1 ÇLPS'nin Tarihçesi.....	27
4.2 ÇLPS'nin Genel Özellikleri ve Deprem Sırasındaki Davranışları.....	28
4.2.1 ÇLPS'nin üstünlükleri ve sakıncaları	34
4.2.2 ÇLPS'nin (T_1) değeri için önerilen ampirik bağliıntılar	35
4.2.3 ÇLPS için geliştirilen hesap yöntemleri.....	36
4.2.4 ÇLPS performansının artırılmasına yönelik önerilen çözümler	45
5. SAYISAL İNCELEMELER	51
5.1 ÇLPS için Hesap Yöntemi Seçimi	51
5.1.1 Ön tasarım aşamaları.....	52
5.1.2 ÇLPS'de önerilen yönteme dayanan ardışık yaklaşım yöntemi (ÖY+AYY).....	52
5.1.3 Sayısal örnek üzerinde (ÖY+AYY)'nin incelenmesi.....	56
5.2 Genel Değerlendirme.....	90
5.2.1 Elde edilen sonuçlar.....	90
5.2.2 Önerilen yönteme dayanan kısaltılmış yöntem (ÖY+KY).....	91
5.3 (T_1) için Yapılan Çalışma.....	100

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	107
KAYNAKLAR.....	109
EKLER.....	113
ÖZGEÇMİŞ.....	269

SİMGELER

$A_{bi} (A_b)$	: (i) nolu kattaki kirişin enkesit alanı,
$A_{ci} (A_c)$	: (i) nolu kattaki kolonun enkesit alanı,
$A_{si} (A_s)$	: (i) nolu kattaki şeridin alanı,
B	: Sismik yük çarpılma faktörü,
C_1	: Orantı katsayısı,
C_t	: Birinci elastik titreşim periyodu için kullanılan katsayı (ASCE, IBC, EUROCODE),
C_T	: Birinci elastik titreşim periyodu için kullanılan katsayı (FEMA)
E	: Elastisite modülü,
$F_{yp} (F_y)$	: Çelik akma dayanımı,
F_i	: (i) nolu kata etkiyen dış kuvvet (deprem kuvveti),
F_{it}	: (i) nolu kata etkiyen deprem kat kesme kuvveti,
F_{fi}	: Birinci elastik titreşim periyodu hesabında (i) nolu kata etkiyen yük,
$I_{ci} (I_c)$	: (i) nolu kattaki kolonun atalet momenti,
$I_{bi} (I_b)$	: (i) nolu kattaki kirişin atalet momenti,
L	: Kolon aks aralığı,
N	: Binanın toplam kat sayısı,
H	: Bina yüksekliği (EUROCODE),
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı,
R_{x1}, R_{y1}	: Sol DSE için (x) ve (y) yönlerindeki mesnet tepkileri,
R_{xr}, R_{yr}	: Sağ DSE için (x) ve (y) yönlerindeki mesnet tepkileri,
$P_{bli}, V_{bli}, M_{bli}$	: Sol DSE için (i) nolu kattaki iç kuvvetler,
$P_{bri}, V_{bri}, M_{bri}$	: Sağ DSE için (i) nolu kattaki iç kuvvetler,
P_{si}	: DSE elastik modeli yay kuvveti (mesnet tepkileri),
S_{D1}	: 1. saniyedeki tasarım spektral ivme parametresi,
T_1	: Birinci elastik titreşim periyodu,
T_a	: Ampirik bağıntılardan elde edilen birinci elastik titreşim periyodu
V_t	: Taban kesme kuvveti,
$Z_{bi} (Z_b)$	: (i) nolu kattaki kirişin plastik modülü,
Ω_0	: Normal kuvvet çarpılma faktörü,
d_{fi}	: (i) nolu katta, (F_{fi}) yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
f_i	: (i) nolu kata uygulanan kuvvet,
g	: Yerçekimi ivmesi,
h_i, h_s	: Kat yüksekliği,
h_n	: Bina yüksekliği (ASCE, IBC, FEMA)
k	: Yapı elamanlarının rijitliği,
$k_{bi} (k_b)$	: (i) nolu kattaki elastik yay sabiti,
m_i	: (i) nolu katın kütlesi,
n	: Şerit sayısı,
$t_{wi} (t_w)$	: (i) nolu kattaki çelik levha perdenin kalınlığı,

$\omega_{xci}, \omega_{yci}$	: (i) nolu katta DSE üzerinde (x) ve (y) yönlerindeki yayılı akma kuvvetleri,
$\omega_{xbi}, \omega_{ybi}$	: (i) nolu katta YSE üzerinde (x) ve (y) yönlerindeki yayılı akma kuvvetleri,
α, β, χ	: Birinci elastik titreşim periyodu için kullanılan katsayılar,
α	: Şeritlerin düşeyle yaptığı açı,
ω_i	: (i) nolu katın ağırlığı,
δ_i	: (i) nolu katın yerdeğiştirmesi,
Δ_w, Δ_d	: Dikkate alınan yöndeki yatay yüklerden dolayı duvar ve diyaframların düzlem içindeki yer değiştirmeleri,
λ	: Birinci elastik titreşim periyodu için kullanılan katsayı (NBCC)

KISALTMALAR

AISC	: American Institute of Steel Construction
ASCE	: American Society of Civil Engineers
ASD	: Allowable Stress Design and Plastic Design
CSA	: Canadian Standards Association
ÇLPS	: Çelik Levha Perdeli Sistemler
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DSE	: Düşey Sınır Elemanı
EDYY	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
EUROCODE	: European Committee Standardization
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
GL	: Gölde Levhası
IBC	: International Building Code
İKT	: İndirekt Kapasite Tasarımı
LE+KT	: Lineer Elastik Hesap + Kapasite Tasarımı
LRFD	: Load and Resistance Factor Design
ÖY	: Önerilen Yöntem
ÖY+AYY	: Önerilen Yönteme Dayanan Ardışık Yaklaşım Yöntemi
ÖY+KY	: Önerilen Yönteme Dayanan Kısaltılmış Yöntem
YSE	: Yatay Sınır Elemanı
ZKB	: Zayıflatılmış Kiriş Bölgesi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: (α) ve (β) katsayıları.....	6
Çizelge 3.1	: (C_t) ve (x) katsayıları.....	23
Çizelge 3.2	: (T_1) için üst sınır değerleri.....	25
Çizelge 4.1	: ÇLPS'nin (T_1) değerinin hesabı için kullanılan katsayılar.....	35
Çizelge 5.1	: (ÖY+AYY) hesap şeması (sırasıyla 1-2-3-4-5 numaralı kutular).....	54
Çizelge 5.2	: 4 katlı model için katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin hesabı.....	61
Çizelge 5.3	: 4 katlı modelin GL ön tasarım sonuçları	61
Çizelge 5.4	: YSE iç kuvvetleri	63
Çizelge 5.5	: 4 katlı model 1.bölüm-1.aşamadaki YSE iç kuvvetleri ve dış kuvvetler: (a) ve (b) iç kuvvetler, (c) akma etkileri (d) dış kuvvetler ve mesnet tepkileri	66
Çizelge 5.6	: 4 katlı model 1.bölüm-2.aşamadaki YSE iç kuvvetleri ve dış kuvvetler: (a) ve (b) iç kuvvetler, (c) akma etkileri (d) dış kuvvetler ve mesnet tepkileri	72
Çizelge 5.7	: 4 katlı model 1.bölüm-3.aşamadaki YSE iç kuvvetleri ve dış kuvvetler: (a) ve (b) iç kuvvetler, (c) akma etkileri (d) dış kuvvetler ve mesnet tepkileri	78
Çizelge 5.8	: 4 katlı modelde görelî kat ötelenmeleri ve kontroller	86
Çizelge 5.9	: Tüm modellerdeki YSE ve DSE profil özeti.....	88
Çizelge 5.10	: Tüm modellerdeki (α) açılarının özeti.....	89
Çizelge 5.11	: Tüm modellerdeki (α) açılarının karşılaştırılması: (a) $\alpha=30^\circ$, (b) $\alpha=45^\circ$	90
Çizelge 5.12	: Akma etkileri	92
Çizelge 5.13	: Deprem yükleri: (a) 4 katlı model, (b) 5 katlı model, (c) 6 katlı model, (d) 8 katlı model.....	93
Çizelge 5.14	: (F_i) kuvvetlerinin karşılaştırılması ..	94
Çizelge 5.15	: 8 katlı modelin iç kuvvet değerleri: (a) (ÖY+AYY), (b) (ÖY+KY).....	96
Çizelge 5.16	: Tüm modellerin periyot değerleri ..	101
Çizelge 5.17	: Şeritli modellerin (T_{modal}) değerleri	102
Çizelge 5.18	: Değiştirilmiş (F_i) kuvvetleri altında (t_w) kontrolü	104
Çizelge A.1	: 4 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=30^\circ$)	116
Çizelge A.2	: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=30^\circ$).....	118
Çizelge A.3	: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=30^\circ$)	120
Çizelge A.4	: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=30^\circ$)	122
Çizelge A.5	: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=30^\circ$)	124
Çizelge A.6	: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=30^\circ$) ve kontroller	126
Çizelge A.7	: 4 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=45^\circ$)	130
Çizelge A.8	: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=45^\circ$).....	132

Çizelge A.9 : 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	134
Çizelge A.10 : 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	136
Çizelge A.11 : 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	138
Çizelge A.12 : 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-4. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	140
Çizelge A.13 : 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-5. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	142
Çizelge A.14 : 4 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=45^\circ$) ve kontroller	144
Çizelge A.15 : 5 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=30^\circ$)	148
Çizelge A.16 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=30^\circ$).....	150
Çizelge A.17 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=30^\circ$).....	152
Çizelge A.18 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=30^\circ$).....	154
Çizelge A.19 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=30^\circ$).....	156
Çizelge A.20 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=30^\circ$) ve kontroller	158
Çizelge A.21 : 5 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=45^\circ$)	162
Çizelge A.22 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=45^\circ$).....	164
Çizelge A.23 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	166
Çizelge A.24 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	168
Çizelge A.25 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	170
Çizelge A.26 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-4. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	172
Çizelge A.27 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-5. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	174
Çizelge A.28 : 5 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=45^\circ$) ve kontroller	176
Çizelge A.29 : 6 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=30^\circ$)	180
Çizelge A.30 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - YSE ön tasarımı - $\alpha=30^\circ$).....	182
Çizelge A.31 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=30^\circ$).....	184
Çizelge A.32 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=30^\circ$).....	186
Çizelge A.33 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=30^\circ$).....	188
Çizelge A.34 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=30^\circ$) ve kontroller	190
Çizelge A.35 : 6 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=45^\circ$)	194
Çizelge A.36 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=45^\circ$).....	196
Çizelge A.37 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	198
Çizelge A.38 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	200
Çizelge A.39 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	202
Çizelge A.40 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-4. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	204
Çizelge A.41 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-5. aşama - $\alpha=45^\circ$).....	206
Çizelge A.42 : 6 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=45^\circ$) ve kontroller	208
Çizelge A.43 : 8 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=30^\circ$)	212
Çizelge A.44 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=30^\circ$).....	214
Çizelge A.45 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=30^\circ$).....	216
Çizelge A.46 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=30^\circ$).....	218
Çizelge A.47 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=30^\circ$).....	220
Çizelge A.48 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=30^\circ$) ve kontroller	222

Çizelge A.49 : 8 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=45^\circ$)	226
Çizelge A.50 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=45^\circ$).....	228
Çizelge A.51 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=45^\circ$)	230
Çizelge A.52 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=45^\circ$)	232
Çizelge A.53 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=45^\circ$)	234
Çizelge A.54 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-4. aşama - $\alpha=45^\circ$)	236
Çizelge A.55 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-5. aşama - $\alpha=45^\circ$)	238
Çizelge A.56 : 8 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=45^\circ$) ve kontroller	240

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: U.S. Federal Courthouse, Seattle [13].....	8
Şekil 2.2	: (a) Canam Manac Group Headquarters Expansion, Quebec (Canada) [13], (b) Yatay ve düşeyde rijitleştirilmiş ÇLPS uygulaması (Japonya) [13].....	8
Şekil 2.3	: ING building [13].....	9
Şekil 2.4	: ICRM building [13].....	9
Şekil 2.5	: ÇLPS modellenme biçimleri: (a) Ortotropik membran modeli, (b) Şerit modeli	12
Şekil 3.1	: Basit sarkaç.....	17
Şekil 3.2	: ASCE/SEI 7-05 yönetmeliğine [9] göre (T_1) hesap adımları ve kontroller	23
Şekil 4.1	: Çelik Levha Perdeli Sistemler (ÇLPS) ve ANSI/AISC 341-05 yönetmeliğinde [44] tanımlanan dış çerçeve (taralı kısımlar).....	29
Şekil 4.2	: ÇLPS modellenme biçimleri: (a) Ortotropik membran modeli, (b) Şerit modeli	30
Şekil 4.3	: ÇLPS şerit modelleri: (a) Eşdeğer kat çapraz modeli, (b) Şerit modeli	30
Şekil 4.4	: ÇLPS yük aktarım şeması [11] numaralı kaynaktan düzenlenerek ve Türkçeleştirilerek alınmıştır: (a) Dış yükler ve taban tepki kuvvetleri [11], (b) Dış yükler altında gövde levhası ve sınır elemanları için serbest cisim diyagramı [11], (c) Dış yükler altında orta kiriş için serbest cisim diyagramı [11]	32
Şekil 4.5	: ÇLPS plastik göçme mekanizmaları: (a) Düzgün göçme mekanizması, (b) Yumuşak kat göçme mekanizması	39
Şekil 4.6	: DSE serbest cisim diyagramı [16].....	39
Şekil 4.7	: Akma etkilerinin bulunması	40
Şekil 4.8	: Elastik DSE modeli	42
Şekil 4.9	: YSE serbest cisim diyagramı	43
Şekil 4.10	: YSE normal kuvvet diyagramı	43
Şekil 4.11	: Zayıflatılmış Kiriş Bölgesi (ZKB) uygulamaları: (a) Konik, (b) Dairesel, (c) Düz.....	46
Şekil 4.12	: ÇLPS güçlendirme uygulamaları: (a) Kat ortasında ek yatay elemanların kullanımı, (b) Bağ kirişi kullanımı, (c) Gövdede düşük dayanımlı çelik kullanımı ve boşluk açılması, (d) Komşu dış kirişlerin kullanımı, (e) Farklı yerlerde ek GL kullanımı.....	49
Şekil 5.1	: ÇLPS hesap şeması	51
Şekil 5.2	: 4 katlı modelin kat planı ve kesitleri	57
Şekil 5.3	: Malzeme özellikleri	58
Şekil 5.4	: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki akma etkileri: (a) ω_{xbi} , (b) ω_{ybi} ...	62
Şekil 5.5	: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki YSE(1) profili ve kapasite oranı 62	

Şekil 5.6	: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki DSE(1) elastik modeli: (a) ω_{xci} yüklemesi, (b) yay kuvvetleri.....	63
Şekil 5.7	: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki YSE(2) profili hesabında kullanılan iç kuvvetler: (a) Moment, (b) Normal kuvvet, (c) Kesme kuvveti	64
Şekil 5.8	: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki YSE(2) profili ve kapasite oranı	64
Şekil 5.9	: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki DSE(2) elastik modeli: (a) ω_{xci} yüklemesi, (b) yay kuvvetleri.....	65
Şekil 5.10	: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) Moment, (b) Kesme kuvveti (DSE) ve Normal kuvvet (YSE).....	67
Şekil 5.11	: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) Normal kuvvet (DSE) ve Kesme kuvveti (YSE), (b) Dış kuvvetler (deprem kuvvetleri).....	68
Şekil 5.12	: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) ω_{xci} ve ω_{xbi} yüklemesi (b) ω_{yci} ve ω_{ybi} yüklemesi.....	69
Şekil 5.13	: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşama sonundaki YSE ve DSE profilleri ile kapasite oranları	70
Şekil 5.14	: 4 katlı model 1. bölüm-2. aşamadaki DSE elastik modeli: (a) ω_{xci} yüklemesi, (b) yay kuvvetleri.....	71
Şekil 5.15	: 4 katlı model 1. bölüm-2. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) Moment, (b) Kesme kuvveti (DSE) ve Normal kuvvet (YSE).....	73
Şekil 5.16	: 4 katlı model 1. bölüm-2. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) Normal kuvvet (DSE) ve Kesme kuvveti (YSE), (b) Dış kuvvetler (deprem kuvvetleri).....	74
Şekil 5.17	: 4 katlı model 1. bölüm-2. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) ω_{xci} ve ω_{xbi} yüklemesi (b) ω_{yci} ve ω_{ybi} yüklemesi.....	75
Şekil 5.18	: 4 katlı model 1. bölüm-2. aşama sonundaki YSE ve DSE profilleri ile kapasite oranları	76
Şekil 5.19	: 4 katlı model 1. bölüm-3. aşamadaki DSE elastik modeli: (a) ω_{xci} yüklemesi, (b) yay kuvvetleri.....	77
Şekil 5.20	: 4 katlı model 1. bölüm-3. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) Moment, (b) Kesme kuvveti (DSE) ve Normal kuvvet (YSE).....	79
Şekil 5.21	: 4 katlı model 1. bölüm-3. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) Normal kuvvet (DSE) ve Kesme kuvveti (YSE), (b) Dış kuvvetler (deprem kuvvetleri).....	80
Şekil 5.22	: 4 katlı model 1. bölüm-3. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) ω_{xci} ve ω_{xbi} yüklemesi (b) ω_{yci} ve ω_{ybi} yüklemesi.....	81
Şekil 5.23	: 4 katlı model 1. bölüm-3. aşama sonundaki YSE ve DSE profilleri ile kapasite oranları	82
Şekil 5.24	: 4 katlı şeritli model yüklemeleri: (a) D yüklemesi, (b) L yüklemesi.....	83
Şekil 5.25	: 4 katlı şeritli model yüklemeleri: (a) L_r yüklemesi, (b) E yüklemesi.....	84
Şekil 5.26	: 4 katlı şeritli model: (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler.....	84

Şekil 5.27 : 8 katlı modelin sol ve sağ DSE'sinin normal kuvvet diyagramları: (Kombinasyonlar: sol DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bli} + V_{bli} + M_{pli} + F_i / 2$), sağ DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bri} + V_{bri} + M_{pri} + F_i / 2$)): (a) (ÖY+AYY), (b) (ÖY+KY).....	97
Şekil 5.28 : 8 katlı modelin sol ve sağ DSE'sinin kesme kuvveti diyagramları: (Kombinasyonlar: sol DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bli} + V_{bli} + M_{pli} + F_i / 2$), sağ DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bri} + V_{bri} + M_{pri} + F_i / 2$)): (a) (ÖY+AYY), (b) (ÖY+KY).....	98
Şekil 5.29 : 8 katlı modelin sol ve sağ DSE'sinin moment diyagramları: (Kombinasyonlar: sol DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bli} + V_{bli} + M_{pli} + F_i / 2$), sağ DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bri} + V_{bri} + M_{pri} + F_i / 2$)): (a) (ÖY+AYY), (b) (ÖY+KY).....	99
Şekil 5.30 : Modal analiz için yapılan yükleme	100
Şekil 5.31 : Regresyon analizi.....	103
Şekil A.1 : 4 katlı şeritli model ($\alpha=30^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler	127
Şekil A.2 : 4 katlı şeritli model ($\alpha=45^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler.....	145
Şekil A.3 : 5 katlı şeritli model ($\alpha=30^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler	159
Şekil A.4 : 5 katlı şeritli model ($\alpha=45^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler.....	177
Şekil A.5 : 6 katlı şeritli model ($\alpha=30^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler	191
Şekil A.6 : 6 katlı şeritli model ($\alpha=45^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler.....	209
Şekil A.7 : 8 katlı şeritli model ($\alpha=30^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler	223
Şekil A.8 : 8 katlı şeritli model ($\alpha=45^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler.....	241
Şekil B.1 : W30 x 99 profil özellikleri.....	243
Şekil B.2 : W30 x 124 profil özellikleri.....	244
Şekil B.3 : W30 x 132 profil özellikleri.....	245
Şekil B.4 : W30 x 173 profil özellikleri.....	246
Şekil B.5 : W30 x 211 profil özellikleri.....	247
Şekil B.6 : W30 x 261 profil özellikleri.....	248
Şekil B.7 : W30 x 326 profil özellikleri.....	249
Şekil B.8 : W30 x 391 profil özellikleri.....	250
Şekil B.9 : W14 x 26 profil özellikleri.....	251
Şekil B.10 : W16 x 31 profil özellikleri.....	252
Şekil B.11 : W18 x 35 profil özellikleri.....	253
Şekil B.12 : W21 x 57 profil özellikleri.....	254
Şekil B.13 : W40 x 268 profil özellikleri.....	255
Şekil B.14 : W40 x 324 profil özellikleri.....	256
Şekil B.15 : W40 x 362 profil özellikleri.....	257
Şekil B.16 : W40 x 397 profil özellikleri.....	258
Şekil B.17 : W40 x 480 profil özellikleri.....	259
Şekil B.18 : W40 x 531 profil özellikleri.....	260
Şekil B.19 : W40 x 593 profil özellikleri.....	261

Şekil B.20 : W40 x 655 profil özellikleri.....	262
Şekil B.21 : W36 x 798 profil özellikleri.....	263
Şekil C.1 : 4 katlı şeritli modelin yük kombinasyonlarının zarfindan elde edilen iç kuvvet diyagramları: (a) sol DSE, (b) sağ DSE.....	265
Şekil C.2 : 5 katlı şeritli modelin yük kombinasyonlarının zarfindan elde edilen iç kuvvet diyagramları: (a) sol DSE, (b) sağ DSE.....	266
Şekil C.3 : 6 katlı şeritli modelin yük kombinasyonlarının zarfindan elde edilen iç kuvvet diyagramları: (a) sol DSE, (b) sağ DSE.....	267
Şekil C.4 : 8 katlı şeritli modelin yük kombinasyonlarının zarfindan elde edilen iç kuvvet diyagramları: (a) sol DSE, (b) sağ DSE.....	268

ÇELİK LEVHA PERDELİ SİSTEMLER (ÇLPS)'NİN BİRİNCİ ELASTİK TİTREŞİM PERİYOTLARININ HESABI VE DEPREM YÜKLERİ ALTINDA KAPASİTE TASARIMI İÇİN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ

ÖZET

Yapıların eşdeğer deprem yükü yöntemine göre deprem hesabında birinci elastik titreşim periyodu (T_1) için önerilen ampirik bağıntıların kullanımına gereksinim vardır. Bu bağlamda, deprem yüklerinin karşılanması oldukça etkin olarak kullanılan çelik çerçevelerin (moment aktaran çerçeveler), çaprazlı çelik çerçevelerin (merkezi ya da dışmerkez) ve son zamanlarda yönetmeliklere girerek kullanılmaya başlanan çelik levha perdeli sistemlerin (ÇLPS) birinci elastik titreşim periyotlarının (T_1) yaklaşık olarak hesabı önem kazanmaktadır. Bu amaçla çalışmanın ilk ana bölümünde literatürde var olan ampirik bağıntılar taranmış ve çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ÇLPS için seçilen örneklerden yeni bir bağıntı önerilmiştir. Çalışmanın ikinci ana bölümü ise ÇLPS'nin deprem yükleri altında kapasite tasarımı için önerilen bir ardışık yaklaşım yönteminin tanıtımına ayrılmış, çok katlı yapılarda tasarımı hızlandıran ve bu yönetime dayanan basitleştirilmiş bir yol önerilmiştir. Çalışma altı ana bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, çalışmayı motive eden etkenler, çalışmanın amacı ve kapsamı açıklanmıştır.

İkinci bölüm genel anlamda literatür çalışmasına ayrılmış olup çelik yapıların birinci elastik titreşim periyotlarının (T_1) hesabı için önerilen ampirik bağıntılara yer verilmiştir. Bunun yanında, ÇLPS'nin genel özellikleri, uygulanma olanakları ve performanslarının artırılması üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde, birinci elastik titreşim periyodunu veren ampirik bağıntıların dayandığı varsayım ve esaslar açıklanmış dünya yönetmeliklerinde önerilen bağıntılar karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

ÇLPS üzerine yapılan araştırmalar hakkında detaylı bilgi dördüncü bölümde ele alınmıştır. Bu sistemlerin tarihçesi, genel özellikleri, deprem yükleri altındaki davranışı ile (T_1) değeri incelenmiş olup, üstünlük ve sakıncaları sıralanmıştır. Hesaba yönelik olarak lineer elastik hesap ile kapasite tasarımının birlikte kullanıldığı yöntem (LE+KT), indirekt kapasite yöntemi (IKT), nonlineer hesap yöntemi (statik itme analizi) ve önerilen yöntem (ÖY) açıklanmıştır. Ayrıca, ÇLPS'nin deprem performansının artırılmasına yönelik çözümler üzerinde de durulmuştur.

Beşinci bölümde, ÇLPS ile ilgili olarak seçilen bina gruplarında sayısal incelemeler yapılmış ve sonuçları verilmiştir. 4, 5, 6 ve 8 katlı düzlem modeller üzerinde önerilen yönetime dayanan ardışık yaklaşım yöntemi (ÖY+AYY) uygulanmış, elde edilen sonuçlar çizelge ve diyagramlarda sunulmuştur. Bu sonuçlar ışığında, çok katlı ÇLPS'li yapıların hesabını kısaltacak bir yol olan Önerilen Yönetim Dayanan Kısaltılmış Yöntem (ÖY+KY) ile ÇLPS'li sistemlerin (T_1) değerlerine yönelik yeni bir ampirik bağıntı da önerilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde (altıncı bölüm), ulaşılan genel sonuçlara yer verilmiştir. Buna ek olarak ileride bu konu üzerinde yapılabilecek çalışmalardan da söz edilmiştir.

FUNDAMENTAL PERIODS OF STEEL PLATE SHEAR WALLS (SPSW) AND A SUCCESSIVE ITERATION METHOD FOR THEIR CAPACITY DESIGN UNDER EARTHQUAKE LOADS

SUMMARY

Empirical formulas proposed for the first elastic vibration period of structures (i.e. fundamental period) (T_1) are required to analyze structures according to the equivalent lateral force procedure. For this purpose, calculation of the (T_1) value is of importance for structures such as steel moment frames, braced frames, Steel Plate Shear Wall (SPSW) systems, which have been used recently in building applications and included in the seismic specifications. In the first main section of this thesis, the empirical formulas proposed for the (T_1) value were investigated and a new empirical formula was proposed according to the results obtained from SPSW models developed in this study. In the second main section, *Successive Iteration Method based on the Proposed Method (PM+SIM)* which is used for capacity design of SPSW under earthquake loads, was reviewed and an alternative way, named *Quick Method based on the Proposed Method (PM+QM)* was proposed. This study includes six main sections.

In the first section, the factors for motivation, the aim and content of the study were explained.

In section 2, a literature review related to the study was carried out. Empirical formulas for (T_1) value of steel structures proposed in the various seismic specifications were evaluated. In addition, general properties of SPSW and the empirical formulas proposed for their (T_1) value were also mentioned and several proposed solutions to improve the seismic performance of SPSW were explained.

Third section is devoted to the importance of (T_1) and its derivation under several assumptions.

Further studies about SPSW systems are introduced in the fourth section. Historical background, general properties, behavior during earthquakes, (T_1) values are covered, and their advantages and disadvantages are listed. Design methods given in the American and Canadian specifications for SPSW such as Combined Linear Elastic Computer Programs and Capacity Design (LE+CD), Indirect Capacity Design (ICD), Nonlinear Analysis (Pushover Analysis) and the Proposed Method (PM) were explained in detail. Additionally, the proposed solutions to improve the performance of SPSW are given.

In the fifth section, numerical analyses on the selected building group composed of SPSW are done. A *Successive Iteration Method based on the Proposed Method (PM+SIM)* was performed on 4, 5, 6 and 8-story plane steel frame models and the results attained are given in tables. By using these results, a *Quick Method based on Proposed Method (PM+QM)* and a new empirical formula for the (T_1) value of SPSW are proposed.

In the last section, general results obtained from this study are given, and several potential research topics, which could be followed in the future, are recommended.

1. GİRİŞ

1.1 Motivasyon

Yapı sistemlerinin optimum düzeyde boyutlandırılabilmesi için yapıya etkiyen statik ve dinamik yüklerin olabildiğince doğru bir biçimde tahmin edilmesi gerekmektedir. Statik karakterdeki yükler yapı geometrisi, kullanılan malzemelerin birim hacim ağırlıkları ile yönetmeliklerde verilen yük değerleri dikkate alınarak hesaplanabilir. Dinamik yükler de, deprem etkileri taşıyıcı sistem eleman rijitliklerine bağlı olduklarından belirsizdirler ve boyutlandırma öncesinde kesin bir biçimde hesaplanamazlar. Bu belirsizliklerin gerçeğe yakın olarak belirlenebilmesi boyutlandırma aşamasında büyük rol oynamaktadır.

Yapı sistemlerinin dinamik yükler altındaki davranışlarını belirleyebilmek için yapının periyotları ve onlara karşı gelen mod şekillerinin bilinmesi gereklidir. Bu amaçla, yapı davranışını en fazla etkileyen ve yapının birinci moduna karşı gelen *birinci elastik titreşim periyodu* (T_1) büyük önem kazanmaktadır. Örneğin, 2007'de yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)'de, yapıların deprem hesabı için önerilen yöntemlerden biri olan *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* (EDYY)'de taban kesme kuvveti (V_t), yapının (T_1) değerine bağlı olarak verilen bağıntı yardımıyla hesaplanabilmektedir [1]. Dayanım ve ekonomi kriterleri dikkate alınarak, optimum bir tasarım yapılabilmesi için, doğru bir (T_1) değerine karşı gelen (V_t) değeri kullanılmalıdır. Bu amaçla, pek çok yönetmelikte (T_1) için çeşitli ampirik bağıntılar önerilmiştir. Bu bağıntılardaki katsayılar, yapı taşıyıcı sisteminin malzeme ve geometri özellikleri dikkate alınarak, yönetmeliklerdeki ilgili tablolardan alınabilir [2-6]. EDYY'ye alternatif olarak deprem yönetmeliklerinde verilen modal analiz yöntemlerinde de doğru bir (T_1) değerinin bulunması amaçlanmaktadır.

Günümüzün çelik yapılarında deprem etkilerini karşılamak amacıyla çoğunlukla merkezi ya da dışmerkez çaprazlı sistemler kullanılmaktadır. Alternatif olarak düşünülen Çelik Levha Perdeli Sistemler (ÇLPS) (*Steel/Special Plate Shear Walls*

(SPSW), yeterli dayanım, rijitlik ve dengeli histeretik eğrileri nedeniyle 1970'lerden beri Amerika, Japonya, Meksika ve Kanada gibi ülkelerde kuramsal ve deneysel olarak incelenmiş ve özellikle deprem bölgelerinde kullanım olanakları araştırılmıştır.

Yeni bir sistem olmaları nedeniyle geliştirilmeye de açık olan ÇLPS'nin özellikle deprem etkileri altındaki davranışlarının tam olarak belirlenebilmesi uygulama yaygınlığı bakımından önemlidir. Bu tür sistemlerin deprem sorunları bulunan Türkiye'de de yakın bir zamanda kullanılmaya başlanılacağı tahmin edilerek incelenmesinin faydalı olacağı düşünülmüştür.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada ÇLPS'nin üç özelliği üzerinde yoğunlaşmıştır:

- (T₁) için önerilen ampirik bağıntıların hangi varsayımlar altında çıkarıldığı ve bağıntılardaki katsayıların nasıl belirlendiği gözden geçirilmiştir.
- ÇLPS'nin tarihçesi, genel özellikleri, deprem sırasındaki davranışı ile (T₁) değerinin hesaplanma biçimi verilmiştir. Ayrıca bu sistemlerin üstünlükleri ve sakıncaları üzerinde de durulmuş ve performanslarını arttırmak için önerilen çözümler incelenmiştir.
- ÇLPS ile ilgili yönetmeliklerde verilen hesap yöntemleri incelenmiş ve konuyla ilgili olarak verilen *Önerilen Yöntem (ÖY)* farklı modeller üzerinde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler kullanılarak (ÖY)'ye dayanan yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu modellerden elde edilen sayısal değerler kullanılarak ÇLPS'nin (T₁) değeri için önerilen bağıntılara alternatif bir bağıntı geliştirilmiştir.

Bu çalışmanın özgün tarafı, ÇLPS için önerilen yeni bir yöntemin kullanılması sonucunda elde edilen verilerden yola çıkarak çok katlı bir ÇLPS'yi kısa zamanda boyutlama olanağı veren bir yöntemin üzerinde durulmasıdır. Ayrıca ÇLPS'nin (T₁) değeri için yeni bir ampirik ifade önerilmiştir.

Çalışma altı ana bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölümde, çalışmanın motivasyonu, amacı, kapsamı ve içeriği üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde, kapsamlı bir literatür çalışması verilmiş ve çalışma kapsamında ele alınan konular ana hatlarıyla özetlenmiştir.

Üçüncü bölümde, yönetmeliklerde (T_1) değeri için önerilen ampirik bağıntıların çıkarılışlarına ve dayandıkları varsayımlara yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde, ÇLPS hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Bu tür sistemlerin, tarihçesi, üstünlük ve sakıncaları ve deprem sırasındaki davranışları incelenmiştir. (T_1) değeri ile performanslarının iyileştirilmesine yönelik olarak üretilen çözümler incelenmiştir.

Beşinci bölümde, ÇLPS için verilmiş olan Önerilen Yöntem (ÖY) açıklanmıştır. Excel ve SAP2000 bilgisayar analiz programı yardımıyla yapılan bu analizler ışığında çeşitli sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlardan hareketle *Önerilen Yönteme Dayanan Kısaltılmış Yöntem (ÖY+KY)* geliştirilmiş ve elde edilen sayısal sonuçlar kullanılarak ÇLPS'nin (T_1) değeri için alternatif bir bağıntı önerilmiştir.

Altıncı bölümde, bu çalışma sonucunda elde edilen genel sonuçlar ve ileride yapılabilecek çalışmalara ilişkin öneriler verilmiştir.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Bu bölümde çelik yapı taşıyıcı sistemlerinin (T_1) değerine ilişkin ampirik bağıntılar ve ÇLPS üzerine geliştirilen kuramsal ve deneysel çalışmalar kısaca özetlenmiştir.

2.1 Çelik Yapıların Birinci Elastik Titreşim Periyodu (T_1) için Önerilen Ampirik Bağıntılar

Yapıların periyotlarının tahmini için yaklaşık yöntemlere her zaman gereksinim duyulmuştur [7]. Goel ve Chopra [8] yapıların birinci elastik titreşim periyodu (T_1)'in tahmini için 8 Kaliforniya depremi (1971 San Fernando - 1994 Northridge) datasını kullanarak çeşitli ampirik bağıntılar geliştirmiş [8] ve bu bağıntılardan elde edilen periyot değeri (T_a) ile gösterilmiştir. Bu bağıntılar içerisinde yaygın olarak kullanılanı

$$T_a = \alpha H_n^\beta \quad (2.1)$$

ya da

$$T_a = C_t H_n^x \quad (2.2)$$

şeklinde verilen bağıntıdır. Burada (α), (β), (C_t) ve (x) katsayıları, (H_n) bina yüksekliğini göstermektedir. Bu ampirik bağıntılar için aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır [2,7]:

- Sismik taban kesme kuvveti, $1 / T_1^*$ ile orantılıdır.
- Yanal kuvvetler, yapı yüksekliği üzerinde lineer olarak yayılıdır.
- Kat ötelenmeleri sınırlandırılmıştır.

* Bazı kaynaklarda $1/T_1^{2/3}$ ile orantılı olduğu belirtilmiştir.

Goel ve Chopra [8], önerdikleri ampirik bağıntı içindeki (α) ve (β) katsayılarının belirlenmesi için regresyon analizi yapmışlardır. Bu analiz sonucunda (T_1) değeri için *alt* ve *üst* sınırlar getirilmiştir [3-8]. Güvenli bir tasarım için alt sınır, modal analiz yöntemleriyle bulunan periyodu sınırlandırmak için ise üst sınır kullanılmaktadır. Modal analizle bulunan periyot değeri

$$T_{modal} \leq C_u T_a \quad (2.3)$$

koşulunu sağlamalıdır. Buradaki ($C_u T_a$) değeri üst sınıra karşı gelmektedir. Yönetmeliklerde (C_u) değeri verilmiştir. (2.3) koşulu sağlanmadığında yapının ilk periyodu için ($C_u T_a$) değeri kullanılır. ASCE/SEI 7-05 yönetmeliği'nde [9] çeşitli geometrik özelliklerdeki yapılar için (α) ve (β) katsayıları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1: (α) ve (β) katsayıları

$T = \alpha H_n^\beta$		
YAPI TİPİ	$\alpha^\dagger$	β
Moment Taşıyan Çelik Çerçeveler	0,028 (0,0724)	0,80
Eksantirik (Dış merkez) Çaprazlı Çelik Sistemler	0,030 (0,0731)	0,75
Diğer Yapı Türleri	0,020 (0,0488)	0,75

Bu tablodan, söz konusu yapı tipi için (α) ve (β) katsayıları alınarak (T_1) değeri hesaplanabilir.

Yukarıda verilen (2.1) ve (2.2) bağıntılarına alternatif olarak aşağıdaki periyot bağıntısı da kullanılabilir:

$$T_a = 0,1N \quad (2.4)$$

Buradaki (N), *binanın toplam kat sayısını* göstermektedir. Bu bağıntının kullanılabilmesi için $N \leq 12$ ve $H \leq 3$ m koşullarının sağlanması gereklidir.

(2.1), (2.2) ve (2.4) bağıntıları dışında da çeşitli yönetmeliklerde (T_1) değerine ilişkin yaklaşık ampirik bağıntılar verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde bu konuyla ilgili ayrıntılı bilgi verilecektir.

[†] İlgili sütunda parantezden önce yazılan katsayılar yapı yüksekliğinin “feet” olması durumu için, parantez içindeki katsayılar ise yapı yüksekliğinin “metre” olması durumu için geçerlidir.

2.2 Çelik Levha Perdeli Sistemler (ÇLPS)'in Genel Özellikleri ve (T_1) Değerinin İncelenmesi

Çok katlı çelik yapılarda yapıya etkiyen deprem yüklerini belirli bir güvenlik düzeyinde karşılamak için genelde çelik çaprazlı sistemler kullanılır. Çelik çaprazlı sistemler aşağıda verilmiştir:

a. Merkezi Çelik Çaprazlı Sistemler

- Tek Diyagonal Çaprazlı
- X Çaprazlı
- Ters V Çaprazlı (Chevron)
- V Çaprazlı
- K Çaprazlı

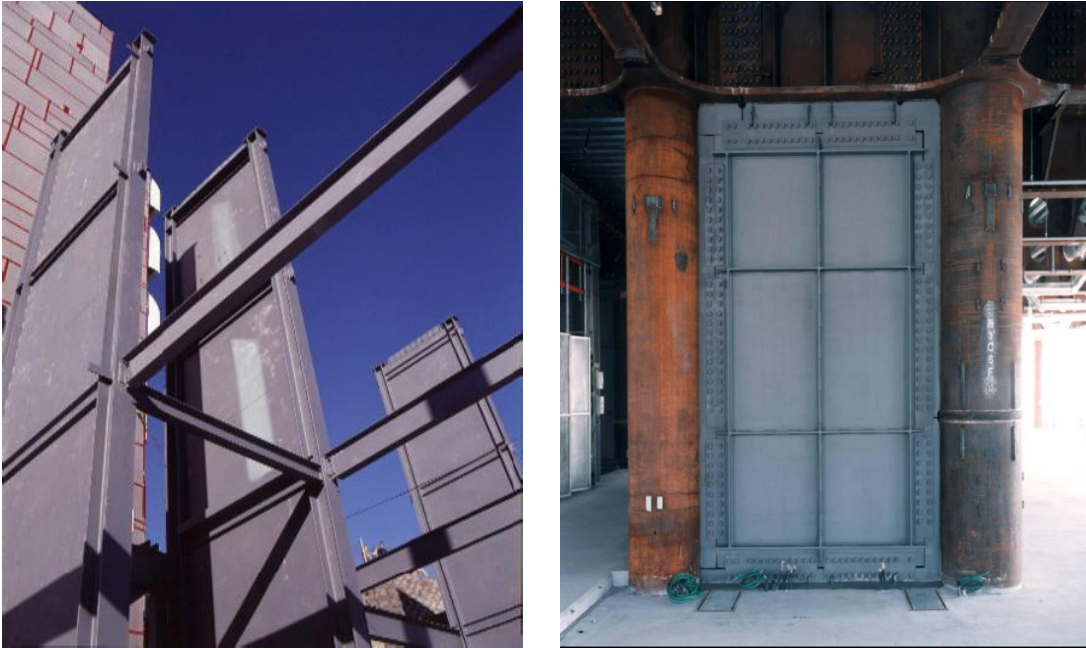
b. Dışmerkez Çelik Çaprazlı Sistemler

Çaprazlı sistemlere alternatif olarak, son 30 yıldan beri incelenen, *Çelik Levha Perdeli Sistemler (ÇLPS)* de kullanılmaktadır [10-12]. Türkiye'de henüz kullanılmayan bu tür sistemlerin tercih edildiği birkaç yapı aşağıda verilmiştir [10]:

- United States Federal Courthouse, Seattle, WA— (23 kat (≈ 107 m))
- Sylmar Hospital, Los Angeles, CA— (6 kat)
- Canam-Manac Headquarters Expansion, St. George, Quebec— (6 kat)
- Hyatt Regency Hotel at Reunion, Dallas, TX— (50 kat (≈ 172 m))
- The Century, San Francisco, CA— (46 kat (≈ 142 m))
- Nippon Steel Building, Tokyo, Japan— (20 kat)
- Shinjuku Nomura Building, Tokyo, Japan— (51 kat (≈ 212 m))
- Kobe Office Building, Kobe, Japan— (35 kat (≈ 130 m))



Şekil 2.1: U.S. Federal Courthouse,Seattle [13]



(a)

(b)

Şekil 2.2: (a) Canam Manac Group Headquarters Expansion, Quebec (Canada) [13],
(b) Yatay ve düşeyde rijitleştirilmiş ÇLPS uygulaması (Japonya) [13]



Şekil 2.3: ING building [13]



Şekil 2.4: ICRM building [13]

ÇLPS tasarımları bakımından üç kategoriye ayrılabilir [10]:

- a. Burkulmayı engellemek için kalın ve rijit levhaların kullanıldığı sistemler
- b. Burkulma sonrası kapasiteden yararlanmak için ince levhaların kullanıldığı sistemler
- c. Kompozit sistemler

Kalın ve rijit plakalı sistemler Japonya’da, ince plakalı sistemler ise Amerika ve Kanada’da yaygın olarak kullanılmaktadır.

ÇLPS üstünlükleri:

- a. Betonarme perdeli sistemlere göre levha kalınlığının az olması
- b. Betonarme perdeli sistemlere göre yapı ağırlığının az olması
- c. Yapım süresinin kısa olması
- d. Sünekliliğinin fazla olması

şeklinde sıralanabilir [10].

ÇLPS’lerin olası sakıncaları ise aşağıda verilmiştir [10]:

- a. Yeni bir sistem olması nedeniyle araştırılmaya açık olması ve davranışının tam olarak belirlenememesi
- b. Üretim aşamalarının özen gerektirmesi (özellikle birleşim bölgelerinin detaylandırılması)
- c. Betonarme perdeli sistemlere oranla esnekliğinin fazla yatay rijitliğinin az olması

Çelik levha perdeli sistemlere, ilk olarak 1994 yılında Kanada Yönetmeliği’nde (CSA-Çelik Yapıların Tasarımı) [14] yer verilmiştir. 2004 yılından itibaren Amerikan yönetmeliklerinde de yer almıştır.

Çelik levha perdeli sistemler, kolon (Düşey Sınır Elemanı - DSE), kiriş (Yatay Sınır Elemanı - YSE) ve bu elemanlara bağlanan Gövde Levhası (GL)’den oluşmaktadır. Kalın ve rijit plakalı sistemlerde burkulma önlenerek levhanın kesme kuvveti kapasitesine ulaşmasına izin verilir. Bu tür sistemler rijitliklerinin fazla olmasına karşın ekonomik değildirler. İnce plakalı sistemlerde ise levhanın burkulma kapasitesine hemen ulaşp, tamamen çekme kuvveti alması istenir.

Pratikteki uygulamalarda, genelde ince levhalı sistemler kullanılır. Gövdedeki ince levha basınç kuvveti almaksızın büyük çekme kuvvetleri alabilir. Sistem yatay yükler altında burkulma kapasitesine olabildiğince hızlı bir şekilde ulaşp burkulur ve

düŖeyle belli bir (α) açısı yapan katlanmış bir hal alır. (α) açısı için aŖağıdaki bağıntı verilmiştir [11,14,15]:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h_s \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h_s^3}{360 I_c L} \right)}} \right) \quad (2.5)$$

Burada

A_b = Kiriş enkesit alanı

A_c = Kolon enkesit alanı

I_c = Kolonun atalet momenti

h_s = Kat yüksekliğı

L = GL'nin genişliğı (Kolonların aks aralığı)

t_w = GL'nin kalınlığı

değerlerini göstermektedir. Bu bağıntı uygulandığı zaman (α) açısının yaklaşık olarak 45° civarında olduğı görölmektedir.

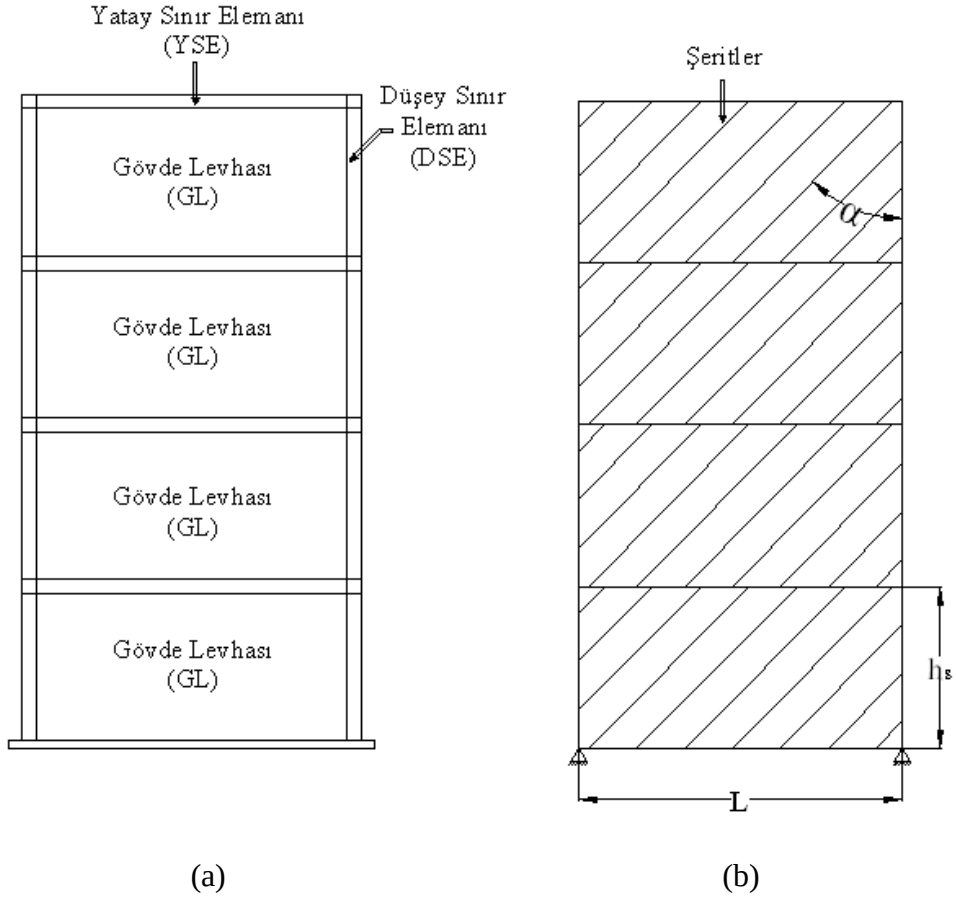
ÇLPS'de, YSE ve DSE analizleri için aŖağıda verilen dört yöntem kullanılabilir [16]:

- Lineer elastik hesap ile kapasite tasarımının birlikte kullanıldığı yöntem (LE+KT - *İngilizce karşılığı LE+CD*)
- İndirekt kapasite yöntemi (IKT - *İngilizce karşılığı ICD*)
- Nonlinear hesap yöntemi (Statik İtme Analizi - *Pushover Analysis*)
- Önerilen yöntem (ÖY – *İngilizce karşılığı PM*)

a, b, d şıklarında verilen yöntemler lineer, c şıkında verilen yöntem ise nonlinear hesap esaslarına dayanmaktadır.

ÇLPS için iki ayrı modelleme yapılabilir [17]:

- Ortotropik Membran Modeli (Şekil 2.1-(a))
- Şerit Modeli (Şekil 2.1-(b))



ŞEKİL 2.5: ÇLPS modellenme biçimleri: (a) Ortotropik membran modeli, (b) Şerit modeli

Ortotropik membran modeli'nde kullanılan GL ortotropik özellik göstermektedir. Diğer bir deyişle, levhada birbirine dik olarak seçilen üç eksene göre malzeme simetrisi vardır. *Şerit modeli*'nde ise GL'nin yatay etkiler altında bir (α) açısı ile katlanmış gibi aldığı şekil, yalnızca çekme kuvveti alan çubuklar (şeritler) ile modellenmektedir.

ÇLPS'nin (T_1) değeri için yönetmeliklerde

$$T_1 = T_a = 0,02H_n^{0,75} \quad (2.6)$$

ampirik bağıntısı verilmiştir. Burada (H_n), bina yüksekliğidir. Bu bağıntı yardımıyla ÇLPS'nin deprem hesabı yapılabilir.

2.3 ÇLPS'nin Geliştirilmesi için Önerilen Çözümler

ÇLPS'nin yapılarda ana yatay taşıyıcı eleman olarak kullanılmaları çok eskiye dayanmamaktadır. Yeni bir sistem olması nedeniyle yapısal davranışı, iç kuvvet durumu, yük aktarım mekanizması gibi konularda incelenmeye açıktır. Günümüze kadar yapılan araştırmalar bu sistemlerin çeşitli sakıncalar oluşturacak yönlerini ortaya çıkarmıştır. Bu durumu önlemek amacıyla aşağıda çeşitli yöntemler ve öneriler verilmiştir [18, 19]:

- a. DSE'lerde yatay yük altında ortaya çıkan aşırı talep (istem) en önemli sorunlardan biridir. YSE ve DSE bağlantı noktalarındaki moment kapasitesinin azaltılması gereklidir.
- b. Kat yüksekliğinin ortasına DSE'leri birbirine bağlayan ek yatay elemanlar konulabilir. Bu ek yatay elemanlar, sistemin yatay rijitliğini arttırmakla birlikte gövde levhasının DSE ve YSE üzerindeki çekme etkilerini de karşılayacaktır.
- c. Devrilme rijitliğini arttırmak için bağ kirişleri yardımıyla iki ÇLPS birbirlerine bağlanabilir. Diğer bir deyişle, tek bir ÇLPS, ÇLPS çifti olarak düşünülebilir.
- d. Gövdede düşük dayanımlı çelik (LYS steel) kullanılabilir. Böylece GL'nin tamamen akmasıyla oluşan akma etkileri ve dolayısıyla DSE ve YSE üzerinde oluşturacağı etki azalacaktır.
- e. Gövdede stratejik yerlere boşluklar açılarak (α) açısının daha olumlu sonuçlar doğuracak şekilde değişmesi sağlanır. Böylece gövde levhasının DSE ve YSE üzerindeki etkileri azaltılabilir.
- f. Komşu dış bağ kirişleri kullanılarak DSE'lerin istemleri azaltılabilir.
- g. Devrilme rijitliğini arttırmak amacıyla önerilen bir başka çözüm ise farklı bölgelere ek gövde levhası konulmasıdır. Bu ek levhalar bir çeşit komşu dış kiriş gibi davranarak sistemin devrilme rijitliğini arttıracaktır.

Yukarıdaki çözüm önerileri ile ilgili detaylı bilgi ve resimler çalışmanın dördüncü bölümünde verilmiştir.

3. YAPILARIN BİRİNCİ ELASTİK TİTREŞİM PERİYODU (T_1)

3.1 (T_1)'in Önemi

Deprem etkileri altında yapıların davranışlarının ne şekilde olacağı, yükleme ve yapıdaki taşıyıcı elemanların davranış belirsizliğine bağlı olduğu için, yapıların deprem sırasındaki davranışlarını yaklaşık olarak yansıtan periyot değerleri ve onlara karşı gelen mod şekilleri belirlenmelidir. Tek serbestlik dereceli yapı taşıyıcı sistemleri için bir tane periyot değeri ve mod şekli olup bu tür sistemlerin deprem hesabında söz konusu periyot değeri ve mod şekli kullanılır. Çok serbestlik dereceli yapı taşıyıcı sistemleri için ise serbestlik derecesi kadar periyot değeri ve mod şekli hesaplanabilir. Bu tür sistemlerin deprem hesabında, yapı davranışını en fazla etkileyen ve yansıtan (T_1) değeri ve ona karşı gelen mod şekli kullanılır.

Yapı taşıyıcı sistemlerinin deprem hesabının doğruluğu, doğru bir (V_t) değeri kullanılması ile mümkün olmaktadır. Doğru bir (V_t) değeri hesaplanabilmesi için de doğru bir (T_1) değeri gereklidir. Örneğin, ASCE/SEI 7-05 yönetmeliği'nde [9] merkezi çelik çaprazlı yapı sistemleri için $T_1=0,02H_n^{0,75}$ ampirik bağıntısı verilmiştir. Aynı yönetmelikte çaprazların yerlerinin değişmesi ile elde edilen dışmerkez çelik çaprazlı yapı sistemleri için ise $T_1=0,03H_n^{0,75}$ bağıntısı önerilmektedir. Buradan anlaşılabacağı üzere, çapraz geometrisindeki bir değişiklik davranışı büyük ölçüde değiştirmekte ve periyot değerinde %50 oranında bir fark yaratmaktadır. Buna bağlı olarak (V_t) de farklı olacaktır [4]. Sonuç olarak, yapıların (T_1) değerinin kolay, hızlı ve olabildiğince doğru bir şekilde hesaplanması yapı ve deprem mühendisliğinde büyük önem kazanmaktadır.

3.2 Ampirik Bağıntılar

(T_1) değerinin yapı ile ilgili mevcut veriler kullanılarak olabildiğince doğru bir biçimde hesaplanması için ampirik bağıntılar geliştirilmiştir. Bu ampirik bağıntılar bazı katsayılar içermektedir ve bu bağıntılardan elde edilen periyot değeri (T_a) ile

gösterilmektedir. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda bu katsayılar incelenmiş ve belirlenmiştir.

Türkiye ve diğer ülke yönetmeliklerinde çeşitli ampirik bağıntılar verilmiştir. Bu bağıntılar içerisinde en yaygın olanı

$$T_1 = T_a = \alpha H_n^\beta \quad (3.1)$$

şeklinde verilen bağıntıdır. Buradaki tüm terimler daha önce açıklanmıştır. (α) ve (β) katsayıları yapının geometrisi ile ilgili olup yönetmeliklerdeki ilgili tablolardan alınabildiğine göre, (3.1) ampirik bağıntısının yalnızca (H_n) değerine bağlı olduğu söylenebilir. Böylece yapı taşıyıcı sistemlerinin malzeme ve geometrik özellikleri ile yükseklikleri bilindiği zaman (T_1) değeri yaklaşık olarak kolaylıkla bulunabilir. Yukarıda verilen (3.1) bağıntısı dışında aşağıda verilen bağıntı da kullanılabilir:

$$T_a = 0,1N \quad (3.2)$$

Burada (N), *yapının toplam kat sayısını* göstermektedir. (3.1) bağıntısı ile karşılaştırıldığında katsayılardan bağımsız yalnızca yapının toplam kat sayısına bağlı bir bağıntı olduğu görülmektedir.

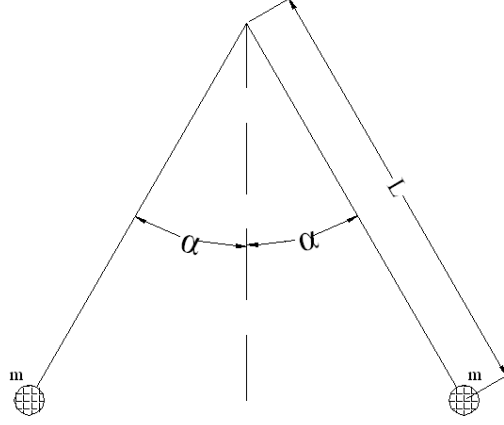
(3.1) ve (3.2) bağıntıları yapı taşıyıcı sistemlerinin (T_1) değeri için kullanılan en temel ampirik bağıntılardır. Çeşitli yönetmeliklerde benzer ya da farklı şekillerde bağıntılar verilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde tüm bağıntılar verilecektir.

3.2.1 Ampirik bağıntıların dayandığı varsayım ve esaslar

Yönetmelikler incelendiği zaman, *taban kesme kuvvetinin $T_1^{2/3}$ ile ters orantılı olduğu, eşdeğer statik yatay kuvvetlerin yapı yüksekliği boyunca lineer olarak yayıldığı ve kat ötelenmelerinin sınırlandırıldığı* görülmektedir. Son varsayımdan yola çıkarak, lineer yatay kuvvetler altında, rijitliğin yükseklik üzerindeki dağılımının, yükseklik boyunca düzgün kat ötelenmeleri yaratacağı sonucuna ulaşılabilir [6]. Bu varsayım ve sonuçlar altında ampirik bağıntıların çıkarılışları incelenecektir.

3.2.2 Ampirik bağıntıların çıkarılışları

Ampirik bağıntıların çıkarılışları için tek serbestlik dereceli basit bir sarkaç ele alınabilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Basit sarkaç

Tek serbestlik dereceli basit bir sarkaç için periyot değeri [6]

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (3.3)$$

bağıntısı ile verilmektedir. Burada (m) basit sarkacın kütlesini, (k) basit sarkacın rijitliğini göstermektedir.

Basit sarkacın rijitliği (k), taban kesme kuvvetinin (V_t) yatay ötelenmeye (Δ) bölünmesiyle belirlenebilir [6]. Buna göre

$$k = \frac{V_t}{\Delta} \quad (3.4)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Geçmişteki tasarım yönetmeliklerinde yer alan spektrumlarda taban kesme kuvveti (V_t)

$$V_t \approx \frac{C_1}{T_1^{2/3}} \quad (3.5)$$

olarak verilmektedir. Buradaki (C_1), orantı katsayısını göstermektedir. Yatay ötelenme (Δ), kat dönmesi (θ) ile kat yüksekliğinin (H) çarpımı ile verilir [6]. Buna göre

$$\Delta = \theta H \quad (3.6)$$

olarak ifade edilebilir. (3.5) ve (3.6) bağıntıları (3.4) bağıntısında yerine yazılırsa

$$k = \frac{C_1}{T_1^{2/3} \theta H} \quad (3.7)$$

bağıntısı elde edilir. (3.7) bağıntısı da (3.3) bağıntısında yerine konulursa aşağıdaki bağıntıya ulaşılır [6]:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m T_1^{2/3} \theta H}{C_1}} \quad (3.8)$$

(3.8) bağıntısında her iki tarafın karesi alınırsa

$$T_1^2 = (2\pi)^2 \frac{m T_1^{2/3} \theta H}{C_1} \quad (3.9)$$

ve (T_1) değerleri bağıntının sol tarafında toplanıp düzenlenirse

$$T_1^{4/3} = (2\pi)^2 \frac{m \theta H}{C_1} \quad (3.10)$$

bağıntısı elde edilir. Bu bağıntının sağ tarafında bulunan (H) değeri dışındaki terimler için

$$C_t = (2\pi)^2 \frac{m \theta}{C_1} \quad (3.11)$$

yazılabilir. (3.11) bağıntısı (3.10)'da yerine yazılıp düzenlenirse

$$T_1^{4/3} = C_t H \quad (3.12)$$

ve buradan (T_1) çekilirse

$$T_1 = T_a = C_t H^{3/4} \quad (3.13)$$

olarak verilen periyot bağıntısı elde edilir [6]. (C_t) değeri için yönetmeliklerdeki ilgili tablolar kullanılabilir.

Ampirik bağıntılar için yukarıda ifade edilen basit sarkaç yönteminden farklı olarak regresyon analizi de yapılmıştır. Goel ve Chopra [8] tarafından yapılan bu incelemede, ampirik bağıntılar içerisindeki (α) ve (β) katsayıları belirlenmiştir. Farklı geometri ve malzeme özelliklerine sahip yapılar için söz konusu katsayılar tablolar halinde yönetmeliklerde verilmiştir. Bu çalışmanın beşinci bölümünde regresyon analizi ile ilgili hesaplamalara da yer verilmiştir.

3.2.3 Türk ve diğer ülke yönetmeliklerinde (T_1) için önerilen ampirik bağıntılar

a. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007

(DBYBHY-2007) [1]

EDYY'nin uygulanması durumunda, binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal periyodu

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (3.14)$$

bağıntısı ile hesaplanan değerden daha büyük alınmaması önerilmektedir. Burada

m_i = binanın (i) nolu katının kütlesi ($m_i = w_i / g$)

d_{fi} = binanın (i) nolu katında F_{fi} yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme

F_{fi} = birinci doğal titreşim periyodunun hesabında (i) nolu kata etkiyen yük

olarak verilmiştir.

Yukarıdaki (3.14) bağıntısından bağımsız olarak, “bodrum kat(lar) hariç kat sayısı $N > 13$ olan binalarda doğal periyot, $0,1N$ 'den daha büyük alınmayacaktır.” ifadesi de yer almaktadır.

1998 Deprem Yönetmeliği'nde [20] (T_1) değeri için

$$T_1 \cong T_{1A} = C_t H_N^{3/4} \quad (3.15)$$

bağıntısı verilmiştir. (C_t) için, “Taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden veya dışmerkez çaprazlı çelik perdelerden oluşan binalarda $C_t = 0,07$, taşıyıcı sistemi sadece çelik çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0,08$, diğer tüm binalarda ise $C_t = 0,05$ alınacaktır.” ifadesine yer verilmiştir. Bu yönetmelikte ayrıca (3.15) bağıntısı yardımıyla hesaplanan periyot değerinin ($T_{1A} > 1,0$ sn) olması durumunda, (3.14) bağıntısından elde edilen periyodun değerinin ($1,3 \times T_{1A}$) değerinden daha fazla olmayacağı belirtilmiştir.

b. Seismic Rehabilitation of Existing Buildings (American Society of Civil Engineers (ASCE/SEI 41-2006) [21]):

Metot 1-Analitik: Yapı taşıyıcı sistem modelinin dinamik analizi yapılarak ilk periyot hesaplanabilir.

Metot 2- Ampirik: İlk periyot değeri için aşağıdaki bağıntı verilmiştir:

$$T = C_t h_n^\beta \quad (3.16)$$

Burada

T = dikkate alınan yöndeki ilk periyot (s)

h_n = zeminden çatıya kadar olan yükseklik (feet)

alınmaktadır.

(β) değerinin

- Moment taşıyan çelik çerçeve sistemler için 0,80
 - Moment taşıyan betonarme sistemler için 0,90
 - Diğer tüm sistemler için 0,75
- alınması önerilmiştir.

(C_t) değeri, (h_n) değerinin “feet” cinsinden olması durumunda

- Moment taşıyan çelik çerçeve sistemler için 0,035
- Eksantrik (Dışmerkez) çelik çaprazlı sistemler için 0,030

- Moment taşıyan betonarme sistemler için 0,018
 - Diğer tüm sistemler için 0,020
- olarak alınabilir.

Metot 3-Yaklaşık:

- Herhangi bir yapının ilk periyodu için Rayleigh yöntemi kullanılabilir.
- Basit açıklıklı ve esnek diyaframa sahip tek katlı yapılar için

$$T = (0,1\Delta_w + 0,078\Delta_d)^{0,5} \quad (3.17)$$

bağıntısı verilmiştir. Burada, Δ_w ve Δ_d , dikkate alınan yöndeki yatay yüklerden dolayı duvar ve diyaframların düzlem içindeki “inç” cinsinden yerdeğiştirmelerini göstermektedir. Bu bağıntının, rijit düşey elemanlı ve dinamik etkilerin içinde toplandığı esnek diyaframlı sistemler için uygun olduğu belirtilmiştir.

Rayleigh yönteminde periyot

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\sum w_i \delta_i^2}{g \sum f_i \delta_i}} \quad (3.18)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada

w_i = her bir katın kütlesi

g = yerçekimi ivmesi

f_i = i nolu kata uygulanan kuvvet

δ_i = i nolu katın yerdeğiştirmesi

olarak tanımlanmaktadır.

c. *Federal Emergency Management Agency (FEMA 302 [22] ve FEMA 355F [23])*

FEMA 302 yönetmeliğinde [22] ise aşağıdaki bağıntı verilmiştir:

$$T_a = C_T h_n^{3/4} \quad (3.19)$$

Burada (h_n), *tabandan en üst kat hizasına kadar olan yükseklik (bina yüksekliği)* olarak tanımlanmaktadır.

(C_T) değeri, (h_n) değerinin “feet” cinsinden olması durumunda

- Moment taşıyan çelik çerçeve sistemler için 0,035 (0,0853)
- Eksantrik (Dışmerkez) çelik çaprazlı sistemler için 0,030 (0,0731)
- Moment taşıyan betonarme sistemler için 0,030 (0,0731)
- Diğer tüm sistemler için 0,020 (0,0488)

olarak alınabilir. Parantez içindeki değerler (h_n) değerinin “metre” cinsinden olması durumundaki metrik karşılıkları vermektedir.

(3.19)’ya alternatif olarak verilen diğer bir bağıntı da

$$T_a = 0,1N \quad (3.20)$$

şeklinde. Burada (N), *binanın toplam kat sayısını* göstermektedir. Hem çelik hem de betonarme yapılar için geçerli olan bu bağıntı kullanımında, $N < 12$ ve kat yüksekliğinin 3 m’yi aşmaması koşulları aranmaktadır.

FEMA 355F [23] yönetmeliğinde, yapının birinci doğal elastik titreşim periyodu, (T), yapı elemanlarının yapısal ve deformasyon karakteristikleri kullanılarak hesaplanabildiği açıklanmıştır. Alternatif olarak periyot değeri Rayleigh oranı ile (3.18) bağıntısında verilmektedir.

d. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (American Society of Civil Engineers (ASCE/SEI 7-05)) [9]

Bu yönetmelikte yaklaşık ilk periyot değeri (T_a) için

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.21)$$

bağıntısı verilmiştir. Burada, (h_n) tabandan en üst kata kadar “feet” cinsinden yapı yüksekliğini göstermektedir. Çelik yapılar için (C_t) ve (x) katsayıları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

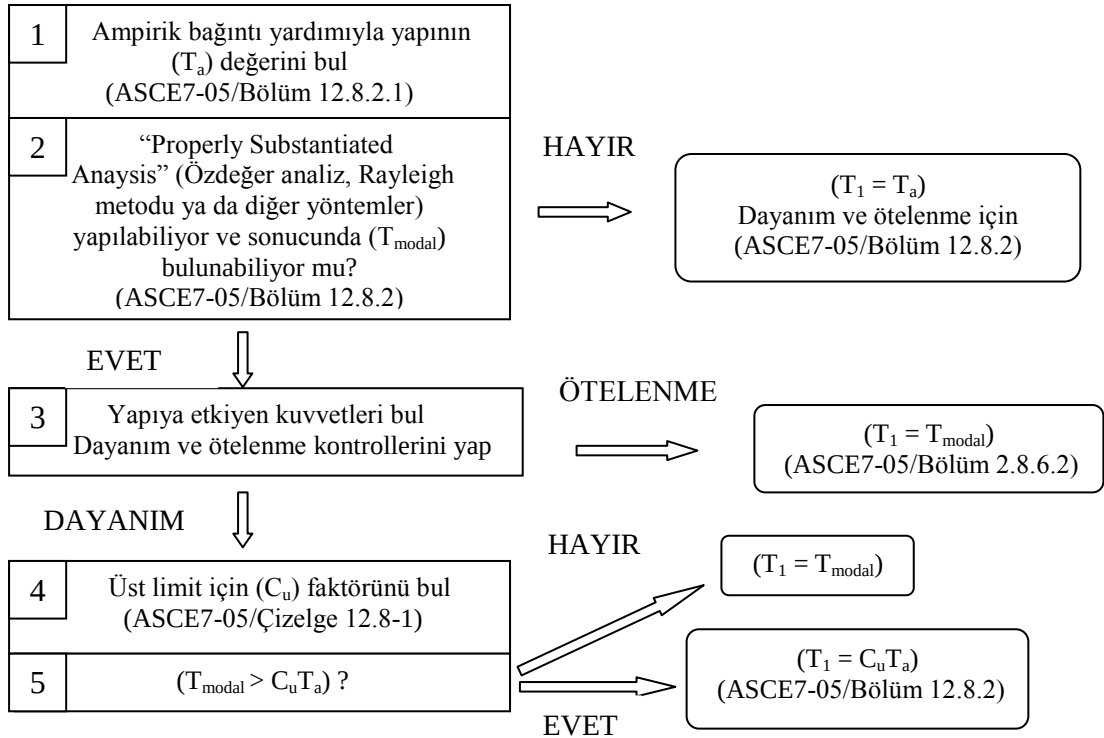
Çizelge 3.1: (C_t) ve (x) katsayıları

YAPI TİPİ	$C_t^{\dagger\dagger}$	x
Moment Taşıyan Çelik Çerçeveler	0,028 (0,0724)	0,80
Eksantirik (Dış merkez) Çaprazlı Çelik Sistemler	0,030 (0,0731)	0,75
Diğer Yapı Türleri	0,020 (0,0488)	0,75

(3.18)'ya alternatif olarak verilen diğer bir bağıntı da

$$T_a = 0,1N \quad (3.22)$$

şeklindedir. Burada, (N) *kat sayısını* göstermektedir. Hem çelik hem de betonarme yapılar için geçerli olan bu bağıntı kullanımında, $N < 12$ ve kat yüksekliğinin 3 m'yi aşmaması koşulları aranmaktadır. Benzer biçimde Rayleigh oranının da kullanılması önerilmektedir. Bu yönetmelikte (T_1) hesabı için verilen adımlar Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2: ASCE/SEI 7-05 yönetmeliğine [9] göre (T_1) hesap adımları ve kontroller

^{††} İlgili sütunda parantezden önce yazılan katsayılar bina yüksekliğinin “feet” olması durumu için, parantez içindeki katsayılar ise bina yüksekliğinin “metre” olması durumu için geçerlidir.

e. *International Building Code (IBC-2009)* [24]:

Bu yönetmelikte periyot ile ilgili ifadenin ASCE/SEI 7-05 yönetmeliğindeki [9] gibi hesaplanabileceği belirtilmiştir.

f. *European Committee Standardization (Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance-2003)* [25]:

- (T_1) değeri için yapısal dinamik yöntemleri esaslarına dayanan bağıntılar (örneğin Rayleigh Yöntemi) kullanılabilir.
- 40 m'ye kadar olan yapılar için (T_1) değeri aşağıdaki yaklaşık bağıntıyla bulunabilir:

$$T_1 = C_t H^{3/4} \quad (3.23)$$

(C_t) değeri, (H) yapı yüksekliğinin “metre” olarak verilmesi durumunda

- Moment taşıyan çelik çerçeve sistemler için 0,085
 - Eksantirik (Dışmerkez) çelik çaprazlı sistemler için 0,075
 - Diğer tüm sistemler için 0,050
- olarak alınabilir.

Yukarıdaki bağıntılara alternatif olarak verilen

$$T_1 = 2\sqrt{d} \quad (3.24)$$

bağıntısı da kullanılabilir. Burada (d) , yerçekimi kuvvetlerinin yatay doğrultuda etkilmesi durumunda, metre cinsinden, yapı üst noktasının yatay elastik deplasmanını göstermektedir.

g. *National Building Code of Canada 2005 (NBCC-2005)* [26]: Bu yönetmelikte (T_1) değeri için

$$T_1 = T_a = \lambda(h_n)^{3/4} \quad (3.25)$$

bağıntısı verilmiştir. Moment taşıyan çelik çerçeve sistemlerde $\lambda = 0,085$, moment taşıyan betonarme sistemlerde $\lambda = 0,075$ ve perde sistemlerde $\lambda = 0,05$ olarak alınması önerilmiştir. Diğer yapı türleri için ilgili yönetmelikte $(N = \text{bina toplam kat sayısı olmak üzere})$ aşağıdaki bağıntı da verilmiştir:

$$T_1 = T_a = 0,1N \quad (3.26)$$

Çaprazlı sistemler için önerilen bağıntı ise

$$T_1 = T_a = 0,025h_n \quad (3.27)$$

şeklindedir. Burada (h_n) binanın toplam yüksekliğinin metre cinsinden değerini göstermektedir.

Söz konusu yönetmelik kapsamında (T_a) ampirik değeri için bir üst sınır getirilmiştir. Dinamik analiz ile elde edilen (T_{modal}) değeri, moment taşıyan sistemlerde (T_a) değerinin 1,5 katını, çaprazlı ve perdeli sistemlerde 2,0 katını geçmemelidir.

(T_1) için farklı yönetmeliklerde verilen üst sınır değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2: (T_1) için üst sınır değerleri

ASCE/SEI 7-05	
S_{D1}^{**}	ÜST SINIR ($C_u T_a$)
$\geq 0,4$	$1,4 T_a$
0,3	$1,4 T_a$
0,2	$1,5 T_a$
0,15	$1,6 T_a$
$\leq 0,1$	$1,7 T_a$
NBCC 2005	
YAPI TÜRÜ	ÜST SINIR ($C_u T_a$)
Moment taşıyan sistemler	$1,5 T_a$
Çaprazlı / perdeli sistemler	$2 T_a$
1998 Deprem Yönetmeliği	
$T_{1A} > 1,0$ sn olması durumunda	$1,3 T_a$

^{**} Bu değer, ASCE/SEI 7-05 yönetmeliğine göre 1. saniyedeki tasarım spektral ivme parametresidir.

4. ÇELİK LEVHA PERDELİ SİSTEMLER (ÇLPS)

Yapı taşıyıcı sistemlerinde deprem etkilerini karşılamak amacıyla kullanılan sistemlerden biri de Çelik Levha Perdeli Sistemler (ÇLPS)'dir. Türkiye'de henüz kullanılmayan bu sistemler deprem etkileri altında yüksek yatay rijitlik, yeterli dayanım, süneklik ve stabil histeretik eğriler sergilediklerinden tercih edilmektedir.

4.1 ÇLPS'nin Tarihçesi

Özellikle Amerika, Kanada, Meksika ve Japonya'da kullanılan ÇLPS'nin tarihi çok eskilere dayanmamaktadır. 1970'lerden beri incelenen bu sistemler, deprem kuvvetlerini karşılamada, çaprazlı sistemlere alternatif olarak geliştirilmiştir [10, 11, 27]. Yeni bir sistem olması nedeniyle üzerine etkiyen yükler altındaki davranışı araştırılmaya açıktır. Bu konuda birçok kuramsal ve deneysel araştırma yapılmış olup sistemin davranışı ile ilgili önemli sonuç ve bağıntılara ulaşılmış ve sisteme yönelik çeşitli hesap yöntemleri geliştirilmiştir [11,16]. Önemli denebilecek çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir [27, 28]:

- a. Basit ve rijit kolon kiriş bağlantılarının genel davranış üzerindeki etkileri (Caccese ve diğerleri 1993 [29])
- b. Dinamik davranışları (Sabouri-Ghomi and Roberts-1992 [30], Rezai-1999 [31])
- c. Gövdenin sınır elemanlarına bağlantıları (Elgaaly 1998 [32], Schumacher ve diğerleri-1999 [33])
- d. Gövdede boşluk açılmasının etkileri (Roberts and Sabouri-Ghomi-1992 [34])
- e. Düşük dayanımlı ve hafif çelik kullanımı (Vian and Bruneau-2004 [35], Berman and Bruneau-2003 [36])
- f. Çaprazlı çelik çerçeveler ve ÇLPS'li sistemlerin histeretik davranışlarının ve enerji yutum kapasitelerinin karşılaştırılması (Berman, Çelik, Bruneau-2005 [37])
- g. Rijit olmayan ince levhalı sistemlerin sonlu elemanlar modeli (Elgaaly ve diğerleri-1993 [38], Driver ve diğerleri-1997 [39])
- h. Kolona gelen kiriş etkilerinin azaltılması için Zayıflatılmış Kiriş Bölgesi (ZKB) kullanımı (Vian, Bruneau [17])

- i. Kat ortasına yatay destek elemanları konularak yatay rijitliğin attırılması
 - j. Rijitleştirilmiş ÇLPS için deneysel çalışmalar ve sonlu eleman analitik çalışmaları (Takahashi ve diğerleri-1973 [40])
 - k. Kesme burkulma yükü kesme akma yükünden düşük olan ÇLPS'nin yük-deformasyon davranışı (Mimura ve Akiyana-1977 [41])
 - l. ÇLPS için fizibilite çalışması ve ortotropik özellikteki rijitleştirilmiş ÇLPS'nin kullanıldığı çok katlı binaların çekirdek kısmının tasarımına ek olarak maliyet tahmini yapılması (Agelidis ve Mansell-1982 [42])
 - m. Kesme kuvvetine maruz kalan ÇLPS'de kuvvetlerin aktarımı için bir yöntem geliştirilmesi (Thorburn, Kulak ve Montgomery-1983 [43])
- olarak sıralanabilir.

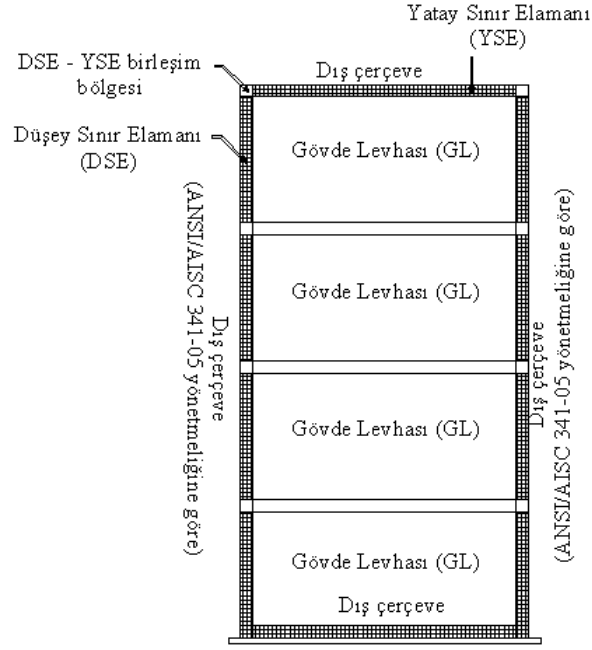
4.2 ÇLPS'nin Genel Özellikleri ve Deprem Sırasındaki Davranışları

Çelik levha perdeli sistemler, düşey sınır elemanı (DSE), yatay sınır elemanı (YSE) ve gövde levhası (GL) olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 4.1). Bu sistemlerde DSE kolon, YSE kiriş olarak çalışmaktadır. GL yatay kuvvetleri karşılarken, DSE ve YSE de GL'nin akmasıyla oluşan etkileri karşılayarak sistemin devrilme ve dönmeye karşı dayanımını sağlamaktadır. ANSI/AISC 341-05 [44] yönetmeliğinde ÇLPS'yi çevreleyen dıştaki DSE ve YSE *dış çevre* olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.1).

GL kullanıldığı farklı bölgelerde farklı kalınlıklarda seçilmektedir. Örneğin, Japonya'da deprem sırasında burkulmayı önlemek amacıyla kalın GL, Kanada ve Amerika'da ise burkulmadan sonraki davranıştan yararlanmak için ince GL kullanılmaktadır. Son yıllardaki gelişmelerden yola çıkarak, işin ekonomik boyutu düşünüldüğünde, ince GL kullanmanın daha ekonomik olduğu söylenebilir. Bu amaçla kullanılan GL'nin kalınlığı yaklaşık 2 mm civarındadır.

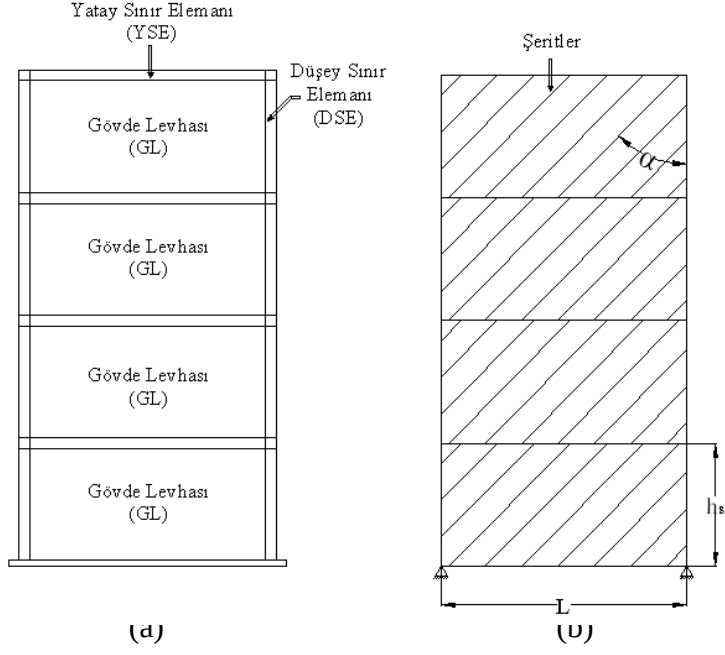
Orta ve çok katlı yapılarda, kat planlarının aynı olması ve sürekli bir çekirdeğin bulunması durumunda, ÇLPS kullanımı uygundur. ÇLPS yalnızca yeni binalarda değil aynı zamanda varolan çelik ya da betonarme iskelet türü yapıların güçlendirilmesinde de kullanılabilir. 1980'lerden önce burkulmayı önlemek için mühendisler rijit levhalı sistemler tasarlamışlardır. Ancak statik ve dinamik yüklemeler kullanılarak yapılan deneyler burkulma sonrası dayanım ve sünekliğin

önemli olduğunu göstermiştir. “Çekmede akma mekanizma durumu (*Tension field mechanism*)” 1930’larda uzay mühendisliği alanında 1960’larda da çelik yapıların plastik tasarımı alanında fark edilmiştir. Söz konusu mekanizma ÇLPS’de *Thorburn ve diğerleri* [43] tarafından tahmin edilmiştir.



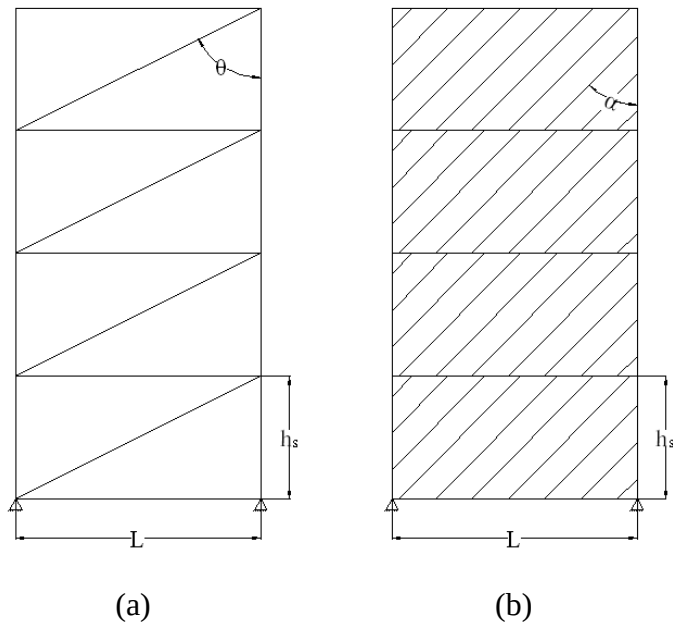
Şekil 4.1: Çelik Levha Perdeli Sistemler (ÇLPS) ve ANSI/AISC 341-05 Yönetmeliğinde [44] tanımlanan dış çerçeve (taralı kısımlar)

ÇLPS için çeşitli modellenme örnekleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir [10,11]. *Ortotropik membran modeli* ve *şerit modeli* gibi modeller kullanılarak sistemin hesabı yapılabilir.



Şekil 4.2: ÇLPS modellenme biçimleri: (a) Ortotropik membran modeli, (b) Şerit modeli

Şerit modeli, ortotropik modelin deprem davranışının başka bir şekilde temsil edilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Aslında, Thorburn [43] 1983 yılında şerit modelinden önce *Eşdeğer kat çapraz modeli* üzerinde çalışmıştır (Şekil 4.3a). Bu modelde köşegen üzerinde tek bir çapraz alınarak sistemin davranışı incelenmiştir. Şerit model, söz konusu modelin daha da geliştirilmiş hali olarak düşünülebilir (Şekil 4.3b). Şerit model, Timler ve Kulak tarafından 1983 [45] yılında geliştirilmiştir.



Şekil 4.3: ÇLPS şerit modelleri: (a) Eşdeğer kat çapraz modeli, (b) Şerit modeli

Şerit modelindeki (α) açısı için yönetmeliklerde verilen

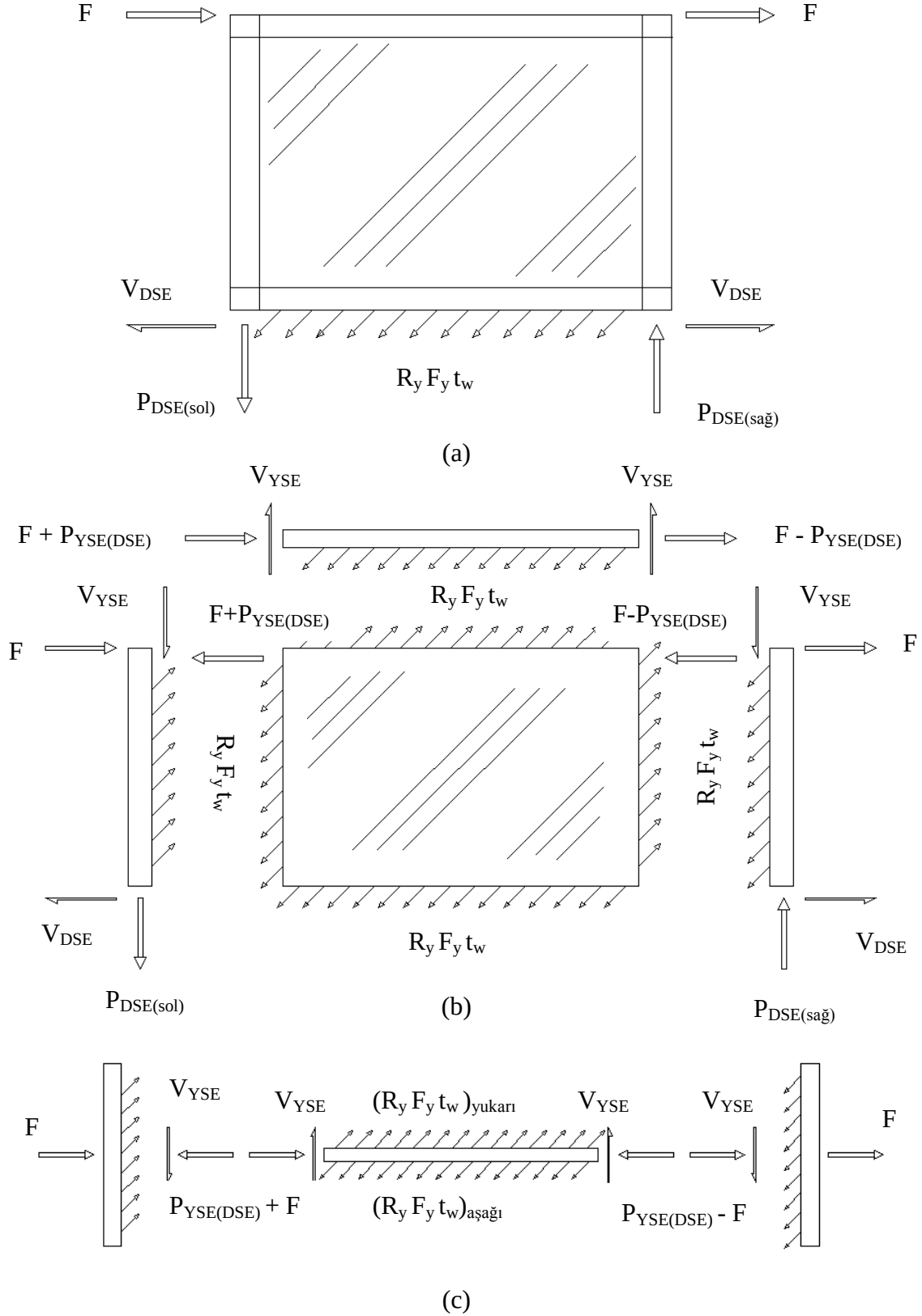
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h_s \left(\frac{1}{A_b} + \frac{h_s^3}{360I_c L} \right)}} \right) \quad (4.1)$$

bağıntısı kullanılabilir. Bağıntıdaki tüm terimler önceki bölümlerde açıklanmıştı. Bu bağıntıda kirişin I_{bi} (I_b) değeri kullanılmamıştır. Kiriş üzerindeki akma etkileri birbirini götürmekte ve böylece kiriş kesitleri küçülmektedir [27]. Şeritli modelde tek bir göz için kullanılan (n) şerit sayısının fazlalığı ortotropik modeli daha iyi temsil etmesine karşın hesapları çok fazla etkilememektedir [27].

ÇLPS, tasarımları bakımından da çeşitli kategorilere ayrılabilir. Kullanılan malzeme çeşidi ve özellikle GL'nin kalınlığı dikkate alınarak söz konusu sistemleri şu üç kategoriye ayırmak mümkündür [10]:

- Burkulmayı engellemek için kalın ve rijit levhaların kullanıldığı sistemler:* Bu tür sistemlerde gövde levhası oldukça kalın seçilir. Böylece, deprem sırasında gövde levhasının burkulması önlenmiş olur. Japonya'da tercih edilen sistemlerdir.
- Burkulma sonrası kapasiteden yararlanmak için ince levhaların kullanıldığı sistemler:* Bu tür sistemlerde gövde levhası oldukça ince seçilir. Özellikle ekonomik açıdan yarar sağlayan bu tür sistemler Amerika ve Kanada'da tercih edilmektedir.
- Kompozit sistemler:* Bu tür sistemlerde çelik ve beton bir arada kullanılır, araştırılma aşamasındadır.

Pratikteki uygulamalarda çoğunlukla ince GL tercih edilir. Bu tür sistemlerde, deprem sırasında GL'nin burkulma yüküne olabildiğince çabuk ulaşip burkulması beklenir. Burkulan levha belli bir (α) açısıyla katlanmış gibi bir şekil alır. Bu oluşan katlanmalar sayesinde yalnızca çekme kuvveti olarak deprem etkileri sönmülmendirilir. Yukarıda sözü edilen şerit model, söz konusu (α) açısı ile katlanmış levhanın, düşeyle aynı (α) açısını yapan çubuklar (şeritler) ile modellenmesi esasına dayanmaktadır. ÇLPS'nin yatay etkiler altındaki iç kuvvet aktarımı, bu tür sistemlerin davranışlarının anlaşılması bakımından önemlidir. Bu amaçla, Şekil 4.4'te tek katlı basit bir ÇLPS için yük aktarım şeması verilmiştir [11]:



Şekil 4.4: ÇLPS yük aktarım şeması ([11] numaralı kaynaktan düzenlenerek ve Türkçeleştirilerek alınmıştır): (a) Dış yükler ve taban tepki kuvvetleri [11], (b) Dış yükler altında gövde levhası ve sınır elemanları için serbest cisim diyagramı [11], (c) Dış yükler altında orta kiriş için serbest cisim diyagramı [11]

Bu şekilde

V_{YSE} = YSE'deki kesme kuvveti

F = Dış kuvvet (deprem yükü)

$P_{YSE(DSE)}$ = DSE'den dolayı YSE'de oluşan normal kuvvetler

R_y = Beklenen akma dayanımının minimum akma dayanımına oranı

F_y = Çeliğin minimum akma gerilmesi

t_w = Gövde levhasının kalınlığı

$P_{DSE(sol)}$ = Sol tarafta bulunan DSE'deki normal kuvvet

$P_{DSE(sağ)}$ = Sağ tarafta bulunan DSE'deki normal kuvvet

V_{DSE} = DSE'deki kesme kuvveti

olarak tanımlanmaktadır.

Yukarıdaki (Şekil 4.4)'te verilen şemaya bakılarak şu sonuçlara ulaşılabilir [11]:

- Gövde levhasında oluşan çekme etkileri kirişleri kendine çekmeye çalışmaktadır. Orta katlardaki kirişler, hem alt ve hem de üst katlardan çekme etkisi altında kalırlar ve birbirlerini dengeleyebilirler (Şekil 4.4-(c)). Ancak, en üst kattaki kiriş yalnızca alt kat tarafından çekilir ve dengelenemez. Bu nedenle, en üst kat için daha büyük kesitler gereklidir.
- Zeminde gövde levhasından dolayı oluşacak çekme etkileri zemin tarafından karşılanmalıdır. Bu amaçla zeminde yeterli dayanıma sahip çelik ya da betonarme bir “ankraj kirişi” konulmalıdır (Şekil 4.4-(a)).
- DSE, GL'nin çekme etkilerini karşılayacak düzeyde olmalıdır. GL'nin tüm kat yüksekliği boyunca akmasına izin vermelidir. (Şekil 4.4-(b)).
- Soldan etkiyen dış yükler etkisinde sistemin sağ tarafında oluşan mesnet tepkisi basınç, sol tarafında ise çekme olmaktadır. Sistemin düşey denge denklemi yazıldığı zaman, soldaki çekme etkileri ile gövdede oluşan etkilerin toplamı, sağ taraftaki basınç etkisine eşittir. Diğer bir deyişle, yatay etkiler altında DSE üzerindeki basınç kuvvetleri çekme kuvvetlerinden daha büyüktür (Şekil 4.4-(a)).
- Her iki tarafta DSE ve YSE birleşim bölgelerindeki kiriş normal kuvvetleri simetrik değildir. Şekilden anlaşılacağı üzere, sol tarafta iki kuvvetin toplamı, sağ tarafta ise iki kuvvetin farkı şeklindedir (Şekil 4.4-(b)).

- f. DSE'nin içeriye doğru olan hareketi en alt ve en üst kat YSE'sindeki basınç kuvveti tarafından önlenmektedir. Bu yüzden, YSE'nin önemli derecedeki basınç kuvvetini karşılaması gereklidir.

Yukarıdaki yük aktarım şeması ve ilgili sonuçlar dikkate alındığında ÇLPS'yi oluşturan elemanlar için istenilen plastikleşme sıralaması aşağıdaki gibidir [10]:

- Gövde levhasının plastikleşmesi
- Varsa bağ kirişlerinin plastikleşmesi
- YSE'nin plastikleşmesi
- DSE'nin plastikleşmesi

Bu sıralama, ÇLPS'de DSE'nin önemini göstermektedir. Gövde levhasının tamamen aktığı zaman sınır elemanlarının, özellikle DSE'nin, elastik sınırlarda kalması istenilen durumdur. Yalnızca kirişlerin uçlarında plastik mafsall oluşumuna izin verilmektedir.

4.2.1 ÇLPS'nin üstünlükleri ve sakıncaları

Çelik levha perdeli sistemlerin belli başlı üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Betonarme perdeli sistemlere göre gövde kalınlığının az olması:* Bu tür levha perdeli sistemlerde beton yerine çelik kullanılması daha ekonomik olabilmektedir. Örneğin "The Century Project" kapsamında yapılan çalışmada toplam maliyette yaklaşık %2 civarında bir ekonomiklik söz konusu olduğu belirlenmiştir [10].
- Betonarme perdeli sistemlere göre yapı ağırlığının az olması:* "The Century Project" kapsamında yapılan çalışmada çelik kullanılan sistemin betonarme sisteme oranla %18 daha hafif olduğu gözlenmiştir [10].
- Yapım süresinin kısa olması:* "The Century Project" kapsamında yapılan çalışmada çelik kullanımının yapım süresinde 1 aylık bir azalma sağladığı görülmüştür. Betonarme için gerekli olan kür işlemi yapım süresini uzatmaktadır [10].
- Sünekliğinin fazla olması:* Çelik levha perdeli sistemlerle yapılan araştırmalar önemli bir hasar olmadan %4'lük bir süneklik oranına ulaşılabildiğini göstermiştir [10].

Çelik levha perdeli sistemlerin olası sakıncaları şu şekilde sıralanabilir:

- a. *Yeni bir sistem olması nedeniyle araştırılmaya açık olması ve davranışının tam olarak belirlenememesi:* ÇLPS henüz 1970’lerden beri incelenen bir sistemdir. Deprem sırasındaki davranışı kuramsal ve deneysel olarak halen araştırılmaktadır. Bazı varsayımlar altında (ince GL kullanıldığında biran önce burkulup tamamen akması durumu gibi) birkaç hesap yöntemi geliştirilmiştir.
- b. *Üretim aşamalarının özen gerektirmesi:* Yapının üretimi sırasında özellikle birleşim bölgeleri detaylarına dikkat edilmelidir. Yatay etkiler altında bu bölgelerin yeterli dayanımı göstermesi gereklidir. Ayrıca, üretim aşamalarının sırası da çok önemli olup üretim sırasında özellikle ölü yüklerden dolayı oluşacak basınç gerilmeleri ve deformasyonlar sistemin davranışına olumsuz etki yapmaktadır.
- c. *Betonarme perdeli sistemlere oranla esnekliğinin fazla olması:* Çelik kullanılarak yapılan ÇLPS betonarme perdeli sistemlere oranla daha fazla esnekliğe (daha az yatay rijitliğe) sahiptir.

4.2.2 ÇLPS’nin (T_1) değeri için önerilen ampirik bağıntılar

Çalışma kapsamında ikinci ve üçüncü bölümlerde (2.1), (2.2) ve (3.1) bağıntıları ÇLPS’nin (T_1) değeri için de geçerlidir. Bu tür sistemler için söz konusu bağıntılardaki katsayılar ANSI/AISC 341-05 [44] yönetmeliğinde aşağıdaki gibi verilmiş olup Çizelge 4.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.1: ÇLPS’nin (T_1) değerinin hesabı için kullanılan katsayılar

Yapı Tipi	$C_r (\alpha)^{§§}$	$x (\beta)$
Burkulması önlenmiş çaprazlı çerçeveler	0,03	0,75
Çelik levha perdeli sistemler	0,02	0,75

Yukarıdaki tablodan yola çıkarak ÇLPS için birinci elastik titreşim periyot değerinin $T_1 = 0,02H_n^{0,75}$ olarak alınabileceği görülmektedir. (H_n) değeri, 1 feet $\approx$ 0,305 m dönüşümü dikkate alınarak kullanılabilir.

^{§§} İlgili sütundaki katsayılar bina yüksekliğinin “feet” olarak alınması durumunda kullanılan katsayılardır.

4.2.3 ÇLPS için geliştirilen hesap yöntemleri

(4.2) başlığı altında istenilen plastikleşme sıralaması dikkate alındığında DSE'nin önemi anlaşılmaktadır. Bu amaçla DSE hesabı için farklı yöntemler geliştirilmiştir [16]. Çalışmanın bu bölümünde ilgili yöntemler olabildiğince tüm detaylarıyla açıklanacaktır.

a. Lineer elastik hesap ile kapasite tasarımının birlikte kullanıldığı yöntem (LE+KT):

ANSI/AISC 341-05 yönetmeliğinde [44] verilen bu hesap yöntemi dört bölümden oluşmaktadır:

- *Yatay yükler:* Gövde levhası ve sınır elemanlarından oluşan birleşik bir model ele alınır. Yönetmelikte verilen gerekli taban kesme kuvveti altında bu elemanların talepleri karşılanmalıdır. Her kata gelen (F_i) yatay kuvvetleri hesaplanır ve sisteme etkitilir. Gövde levhasının düşey yükler altında aktif olmadığı düşünülmektedir.
- *Ölü yükler:* Elemanların öz ağırlıkları söz konusu modele etkitilir.
- *Sınır elemanları tasarımı:* Herhangi bir artırma faktörü kullanılmadan, ilk iki bölümdeki kuvvetlerin kombinasyonu yardımıyla sınır elemanlar tasarlanır.
- *Sınır elemanı tasarımı kontrolü:* Sınır elemanları, GL'nin tüm kapasitesinin kullanılması durumunda, sistemdeki devrilme momentlerinden oluşan maksimum normal kuvvetlere göre kontrol edilmelidir. Birinci bölümden gelen normal kuvvetler (Ω_0) ile çarpılarak kullanılır. Gövdedeki akmadan dolayı oluşan kuvvetler (α) açısıyla sisteme etkitilir. Bu kapasite kontrolü için malzeme dayanım azaltma katsayısı 1 olarak alınır. Sınır elemanları ve sınır elemanlarının gövdeye bağlantıları için gövdenin dayanımına ne LFRD [47] ne de ASD [47] uygulanır.

Bu yöntem, genel olarak düzgün sonuçlar verse de denge açısından bir uyumsuzluk söz konusudur. Yöntemin son bölümünde sisteme aynı anda, (F_i) ile (F_i)'den dolayı oluşan akma kuvvetleri etkitilmediği için, sistemde özellikle yatay doğrultuda bir kuvvet dengesizliği ortaya çıkmaktadır. Akma kuvvetlerini meydana getiren (F_i) yatay kuvvetleri ve yer değiştirmelerini bulmak karmaşık bir hesap gerektirmektedir. Söz konusu yöntem, kapasite tasarımı için basit bir elastik hesabı öngördüğünden, bu

hesapla uğraşmak çok mantıklı değildir. Buradan hareketle, bu hesap için, ileride açıklanacak “Önerilen yöntem (ÖY)” geliştirilmiştir.

b. *İndirekt kapasite tasarımı (IKT)*: ANSI/AISC 341-05 [44] ve Kanada yönetmeliklerinde [14] verilen bu yöntemde, DSE üzerindeki yükler, sistemin ölü yükü ve sismik yüklerin belli bir B katsayısı ile çarpılmış halinin kombinasyonu olarak bulunabilir. (B) katsayısı için

$$B = \frac{V_e}{V_u} \quad (4.2)$$

bağıntısı verilmektedir. Burada

V_e = Tabanda beklenen kesme kuvveti ($= 0,5R_y F_{yp} t_w L \sin 2\alpha$)

V_u = Tabandaki çarpılmış yatay sismik kuvvetler

olarak tanımlanmaktadır. DSE üzerindeki yüklerin hesabında (B) katsayısı, sismik kuvvet azaltma faktörü (R_a)’dan büyük olması gerekmez.

DSE üzerindeki normal kuvvetler, devrilme momentleri yardımıyla aşağıdaki gibi belirlenebilir:

- Tabandaki moment (BM_u)’dur. Burada (M_u), (V_u)’dan dolayı tabanda oluşan çarpılmış sismik devrilme momentidir.
- (BM_u) momenti tabandan en az iki kat olacak şekilde (H) yüksekliği boyunca dağıtılır.
- Söz konusu moment (H) yüksekliğinden tabana doğru lineer olarak azalır. (tabanda (BM_u))

DSE’lerde GL’nin almasından dolayı oluşan yerel eğilme momentleri (B) ile çarpılmalıdır.

Bu yöntem, şeritli ya da eşdeğer modelin sismik tasarım yükleri hesabı için elastik analizi ile DSE üzerindeki momentlerin (B) katsayısı ile çarpılmasının kombinasyonudur. Üstelik moment ve normal kuvvet diyagramları ile deformasyonlar şekil açısından nonlineer analiz sonuçlarına benzemektedir. Ancak (B) katsayısı sistemin yalnızca birinci katı için bulunmuştur ve çevre çerçevelerin dayanımları terkedilmiştir. Bu durum sonucunda, DSE kuvvet talebi gövdenin tüm katlarda tamamen akması için gerekli olan talepten daha az olacaktır. Örneğin, sağlanan GL kalınlığının, (BM_u) momentinin katlara lineer olarak dağıtılmasıyla

bulunan GL kalınlığına oranı üst katlarda daha büyüktür. Bu durumda üst katlar için DSE üzerinde daha düşük kuvvetler etki edecektir ve İKT başarıyla uygulanamayacaktır. Ek olarak, çevredeki çerçeveler gerek profil gerekse taşıdıkları taban kesme kuvveti açısından önemli olabilir.

c. *Nonlinear hesap yöntemi (Statik İtme Analizi – Pushover):* Bu hesap yönteminde sistemin statik itme analizi (pushover analysis) yapılmaktadır. Statik itme analiziyle DSE ve YSE’de oluşan normal kuvvet ve momentler uygun değerler almaktadır.

Bu yöntemin bazı sakıncaları

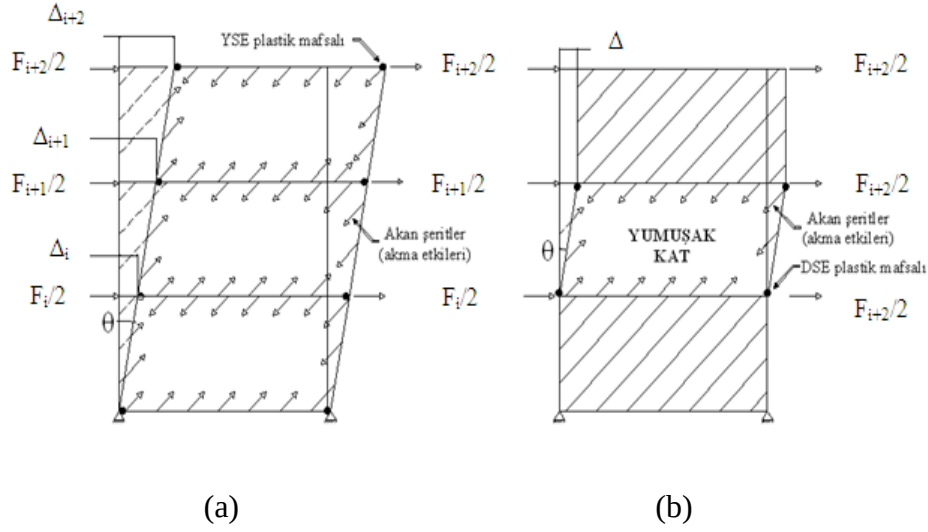
- Kapasite tasarımı için çok sayıda iterasyon yapılması gerekebileceğinden zaman kaybı yaşanması
- YSE’de birden fazla plastik mafsallık durumunun oluşma olasılığı

olarak sıralanabilir. Yöntem kapsamında gelişmiş bilgisayar analiz programları kullanıldığı için, yukarıdaki sakıncalara karşın bu yöntem doğru sonuçlar vermektedir.

d. *Önerilen yöntem (ÖY):* (a) ve (b) şıklarında verilen yöntemler farklı nedenlerden, (c) şıkında verilen yöntem ise zaman kaybı yaşatabileceğinden dolayı yeni bir yönteme gereksinim duyulmuştur. Bu önerilen yöntemde [16]

- Elastik kiriş modeli ile plastik analiz birleştirilmiştir. DSE’nin elastik mesnetler kullanılarak oluşturulan modeli ile YSE’deki normal kuvvetler bulunmaktadır.
- Gövde levhasının tamamen akması ve YSE’nin her iki ucunda plastik mafsalların oluşmasına neden olan yatay deprem yüklerini tahmin edebilmek için bir plastik göçme mekanizması durumu ele alınmaktadır.
- Kolaylık sağlaması ve diğer yöntemlerle karşılaştırma yapılabilmesi için ölü yükler ile düşey deprem etkisi terk edilmiştir. Diğer bir deyişle, yalnızca yatay deprem yüklerinden gelen DSE tasarım yükleri hesaplanmaktadır.

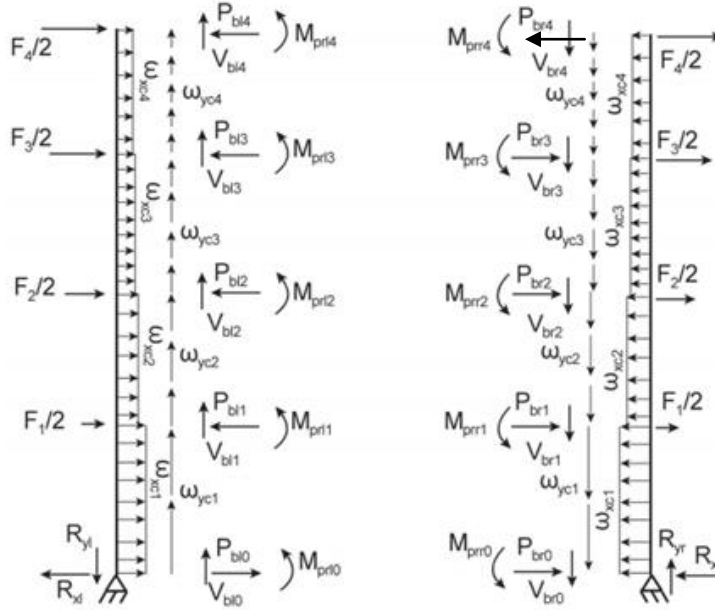
ÇLPS için iki adet plastik göçme mekanizması vardır (Şekil 4.5) [16]:



Şekil 4.5: ÇLPS plastik göçme mekanizmaları: (a) Düzgün göçme mekanizması, (b) Yumuşak kat göçme mekanizması

Bu yöntem gereğince düzgün göçme mekanizmasının kullanılması söz konusudur. Böylece büyük taban kesme kuvvetleri ve büyük kolon kuvvet taşıma talepleri ile güvenli tarafta kalınan bir hesaplama yapılabilmektedir [16].

Seçilen plastik göçme mekanizması yardımıyla DSE serbest cisim diyagramı çizilerek tüm kuvvetler belirlenir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: DSE serbest cisim diyagramı [16]

Burada

F_i = (i) nolu kata etkiyen dış kuvvetler (deprem kuvvetleri)

R_{xl}, R_{yl} = sol taraftaki DSE için x ve y yönündeki mesnet tepkileri

R_{xr}, R_{yr} = sağ taraftaki DSE için x ve y yönündeki mesnet tepkileri

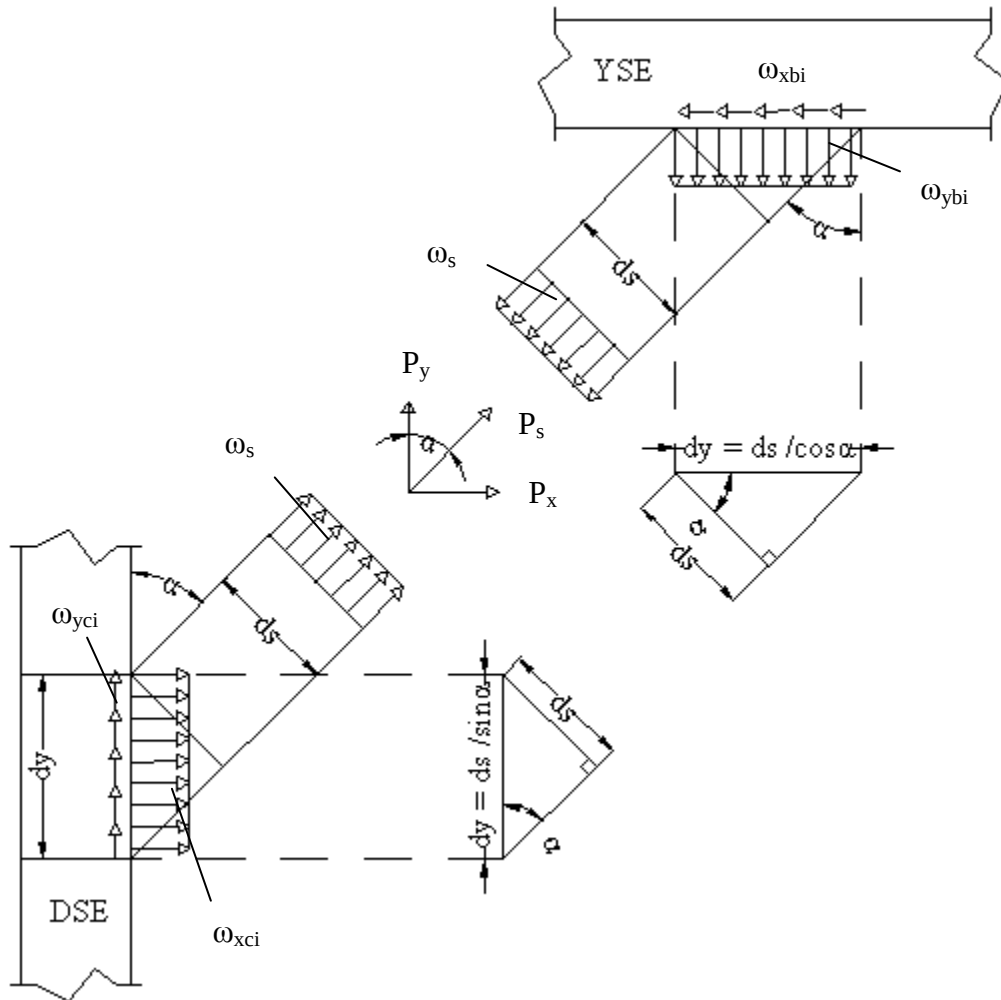
$P_{bli}, V_{bli}, M_{bli}$ = sol taraftaki DSE için (i) nolu katlardaki iç kuvvetler

$P_{bri}, V_{bri}, M_{bri}$ = sağ taraftaki DSE için (i) nolu katlardaki iç kuvvetler

ω_{xci} ve ω_{yci} = gövdedeki akmadan dolayı (i) nolu katlarda sol ve sağ taraftaki

DSE' ye etkiyen yayılı akma kuvvetleri

olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.7: Akma etkilerinin bulunması

Şekil 4.7’de akan bir şeride ilişkin etkiler gösterilmiştir. Birim şerit genişliğine etkiyen yayılı kuvvet

$$\omega_s = t_w F_{yp} \quad (4.3)$$

olarak elde edilir. Şerit üzerinde (P_s) olarak gösterilen kuvvet, şeridin birim genişliğine etkiyen (ω_s) kuvveti ile şerit genişliği ds ’nin çarpımına eşittir ($P_s = \omega_s ds$) ve şeridin DSE’ye birleştiği bölgede (P_x) ve (P_y) olarak iki bileşene ayrılır:

$$P_x = \omega_s ds (\sin \alpha) \quad (4.4)$$

$$P_y = \omega_s ds (\cos \alpha) \quad (4.5)$$

Kolonlara etkiyen yayılı yükler (ω_{yci} ve ω_{xci}) ile kirişlere etkiyen yayılı yükler (ω_{ybi} ve ω_{xbi}) her (i) nolu kat için aşağıdaki şekilde hesaplanabilir [16]:

Söz konusu bu bileşenler yayılı kuvvete dönüştürülür. Şekilde verilen dik üçgen yardımıyla ($dy = ds / \sin \alpha$)

$$\omega_{xci} = \frac{P_x}{dy} = \frac{\omega_s ds (\sin \alpha)}{ds / \sin \alpha} = \omega_s (\sin \alpha)^2 \quad (4.6)$$

$$\omega_{xci} = F_{yp} t_{wi} (\sin \alpha)^2 \quad (4.7)$$

olarak hesaplanır. Benzer şekilde

$$\omega_{yci} = \frac{P_y}{dy} = \frac{\omega_s ds (\cos \alpha)}{ds / \sin \alpha} = \omega_s \cos \alpha \sin \alpha \quad (4.8)$$

geometrik düzenleme yapılırsa ($\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$)

$$\omega_{yci} = 1/2 F_{yp} t_{wi} \sin 2\alpha \quad (4.9)$$

olarak hesaplanır.

Benzer işlemler YSE üzerinde de yapılabilir. Aynı şekilden yola çıkarak

$$\omega_{xbi} = \frac{P_x}{dy} = \frac{\omega_s ds (\sin \alpha)}{ds / \cos \alpha} = \omega_s \sin \alpha \cos \alpha \quad (4.10)$$

elde edilir. Benzer şekilde geometrik düzenleme yapılırsa ($\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$)

$$\omega_{xbi} = 1/2 F_{yp} t_{wi} \sin 2\alpha \quad (4.11)$$

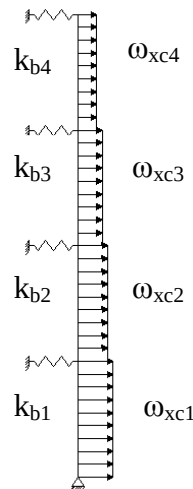
olarak hesaplanır. Benzer şekilde

$$\omega_{ybi} = \frac{P_y}{dy} = \frac{\omega_s ds (\cos \alpha)}{ds / \cos \alpha} = \omega_s (\cos \alpha)^2 \quad (4.12)$$

$$\omega_{ybi} = F_{yp} t_{wi} (\cos \alpha)^2 \quad (4.13)$$

olarak elde edilebilir. Burada (F_{yp}) *gövde levhasının akma dayanımı*, (t_{wi}) *gövde levhasının kalınlığını* göstermektedir. Bu bağıntılardaki (α) açısı için başlangıç değeri 45° alınabilir [16].

YSE normal kuvvetleri için elastik bir DSE modeli göz önüne alınır. Model altta sabit mesnetli sürekli bir kiriş ile kat hizalarındaki yatay elastik yaylardan oluşur (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Elastik DSE modeli

Buradaki (k_{bi}), (i) nolu katlardaki elastik yay sabitlerini göstermektedir. Söz konusu değer için

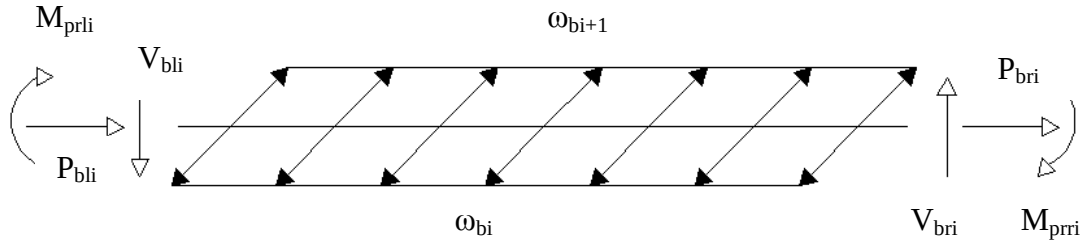
$$k_{bi} = \frac{A_{bi} E}{L/2} \quad (4.14)$$

bağıntısı kullanılır. Burada (A_{bi}) YSE kesit alanını, (L) kolon aks aralığı (kiriş açıklığı), (E) elastisite modülünü göstermektedir. Bu elastik modelde YSE'nin DSE üzerindeki dönme kısıtlaması terk edilmiştir. Her bir elastik yayın, bağlandığı (i) ve ($i+1$) nolu katların (h_i) ve (h_{i+1}) kat yüksekliklerinin yarısından yük aldığı düşünülür. Elastik yaylarda oluşacak kuvvetler (P_{si}) olarak gösterilirse

$$P_{si} = \omega_{xci} \frac{h_i}{2} + \omega_{xci+1} \frac{h_{i+1}}{2} \quad (4.15)$$

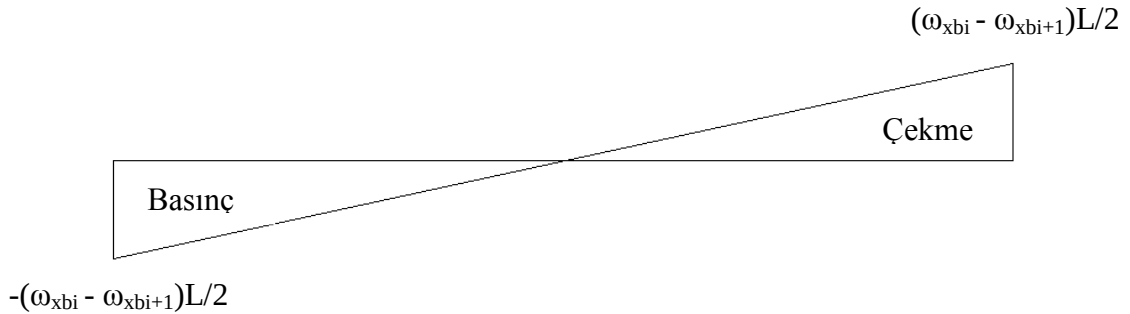
bağıntısı kullanılır. YSE'de oluşan normal kuvvet hesabında (P_{si}) değerleri basıncı gösterdiği için eksi işaretiyle kullanılacaktır. En alt katta yay olmadığı için bu noktadaki mesnet tepkisi ilerde (R_{bs}) simgesiyle kullanılacaktır.

YSE normal kuvvet hesabında yararlanılacak serbest cisim diyagramı Şekil 4.9'da verilmiştir:



Şekil 4.9: YSE serbest cisim diyagramı

(ω_{bi}) ve (ω_{bi+1}) yayılı kuvvetlerinin yatay bileşenleri kullanılarak YSE normal kuvvet diyagramı Şekil 4.10'daki gibi çizilebilir [16]:



Şekil 4.10: YSE normal kuvvet diyagramı

Yukarıdaki şekilde YSE sol ve sağ uçları için normal kuvvet değerleri verilmiştir. Bu değerlere (4.4) bağıntısıyla hesaplanan (P_{si}) değerleri eklenirse

$$P_{bli} = -(\omega_{xbi} - \omega_{xbi+1}) \frac{L}{2} + P_{si} \quad (4.16)$$

$$P_{bri} = (\omega_{xbi} - \omega_{xbi+1}) \frac{L}{2} + P_{si} \quad (4.17)$$

olarak elde edilir. Burada (P_{bli}) ve (P_{bri}) sırasıyla sol ve sağ normal kuvvet değerlerini göstermektedir.

YSE kesme kuvveti hesabı için *indirgenmiş moment kapasiteleri* kullanılır. Yukarıda hesaplanan normal kuvvetler altında söz konusu moment kapasite değerleri aşağıdaki bağıntılar yardımıyla belirlenir:

$$1.18 \left(\frac{|P_{bli}|}{F_{yb} A_{bi}} \right) \leq 1.0 \quad \text{ise} \quad 1.18 \left(\frac{|P_{bli}|}{F_{yb} A_{bi}} \right) Z_{xbi} F_{yb} \quad (4.18)$$

$$1.18 \left(\frac{|P_{bli}|}{F_{yb} A_{bi}} \right) > 1.0 \quad \text{ise} \quad Z_{xbi} F_{yb} \quad (4.19)$$

Bu bağıntı sol uç için verilmiştir. Sağ uç moment kapasite değerleri için (r) indisli değerler kullanılacaktır.

Moment kapasite değerleri yardımıyla aşağıdaki bağıntılardan kesme kuvvetleri bulunabilir [16]:

$$V_{bri} = \frac{M_{prri} + M_{prli}}{L} + (\omega_{ybi} - \omega_{ybi+1}) \frac{L}{2} \quad (4.20)$$

$$V_{bli} = V_{bri} - (\omega_{ybi} - \omega_{ybi+1}) L \quad (4.21)$$

DSE serbest cisim diyagramında verilen (F_i) yatay kuvvetleri arasında

$$\sum_{i=1}^{n_s} F_i H_i = \sum_{i=0}^{n_s} M_{prli} + \sum_{i=0}^{n_s} M_{prri} + \sum_{i=1}^{n_s} \frac{1}{2} (t_{wi} - t_{wi+1}) F_{yp} L H_i \sin(2\alpha_i) \quad (4.22)$$

bağıntısıyla verilen doğrusal bir ilişki elde edilir. Sistemin gerçek deprem kuvvetleri arasındaki oranlar hesaplanarak (4.8) bağıntısında yerine yazılır ve (F_i) yatay kuvvetleri bulunabilir.

Düşey mesnet tepkileri

$$R_{yi} = \frac{\sum_{i=1}^{n_s} F_i H_i}{L} \quad (4.23)$$

$$R_{yr} = -R_{yl} \quad (4.24)$$

bağıntılarıyla bulunabilir.

Göçme yükü için taban kesme kuvveti (V), (F_i) yatay kuvvetlerinin toplamına eşittir. Buradan hareketle, yatay mesnet tepkileri için aşağıdaki bağıntı verilebilir:

$$R_{xl} = R_{bs} + \frac{V}{2} \quad (4.25)$$

$$R_{xr} = R_{bs} - \frac{V}{2} \quad (4.26)$$

Önerilen yöntem, Excel bilgisayar programında kolayca hazırlanabilir. Yöntemin Excel'deki çözüm adımları şu şekilde verilebilir:

- Sistemin genel özellikleri girilir. Genel özellikler, *malzeme özellikleri* (akma etkileri (F_{yp}) ve elastisite modülü (E)), *GL kalınlığı* (t_w), *kolon aks aralığı* (L), *kat yüksekliği* (h), *kiriş enkesit alanı* (A_b), *kiriş plastik modülü* (Z_b), olarak sıralanabilir.
- (α) açısı girilerek GL akma etkileri hesaplanır. Bu etkilerden (ω_{xci}) DSE elastik modelinde kullanılır ve mesnet tepkileri (P_{si}) hesaplanarak Excel tablosunda yerine yazılır. Sistemdeki (P_{bli}), (V_{bli}), (M_{bli}), (P_{bri}), (V_{bri}), (M_{bri}) iç kuvvet değerleri belirlenmiş olur.
- Deprem hesabı yapılarak sistem kat deprem kuvvetleri bulunur. Excel tablosunda yerine yazılarak (F_i) yatay kuvvetleri ile (R_{xl}), (R_{yl}), (R_{xr}), (R_{yr}) mesnet tepkileri bulunur.
- Son olarak sistemdeki yatay ve düşey kuvvet dengesinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

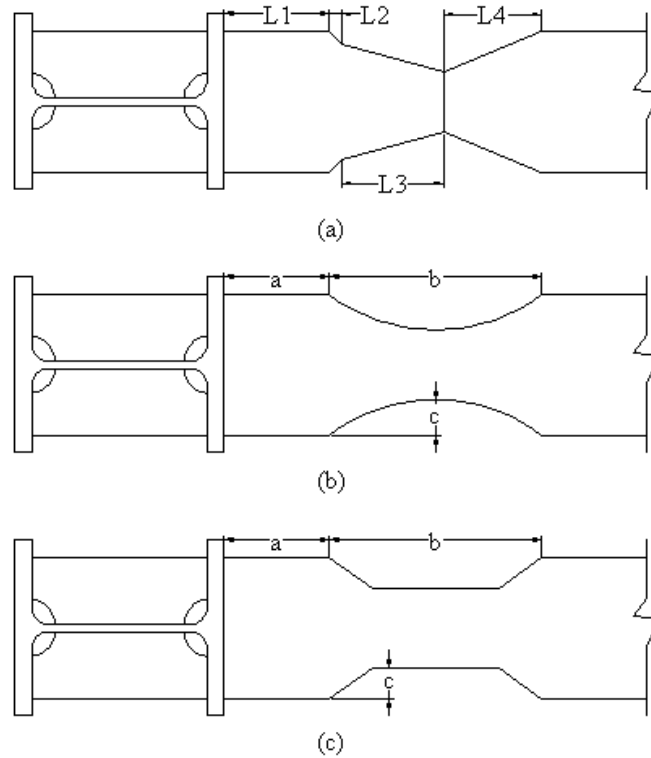
4.2.4 ÇLPS performansının arttırılmasına yönelik önerilen çözümler

ÇLPS henüz Türkiye'de kullanılmayan bir taşıyıcı sistem bileşenidir. Yeni bir sistem olduğu için birçok belirsizliğe sahiptir. Sistemin yapısal davranışı, yük aktarım

mekanizması, iç kuvvet durumu vb gibi konular daha fazla incelenerek üstünlük ve sakıncaları belirlenmelidir. Bu amaçla aşağıda maddeler halinde ÇLPS'nin geliştirilmesi için yapılabilecek işlemler ve öneriler verilmiştir [18, 19]:

a. *Kolonların (DSE) kuvvet taşıma talebi*: ÇLPS için en büyük sorunlardan biri de kolonların (DSE) kuvvet taşıma kapasitelerinin aşılmasıdır. YSE ile DSE bağlantı noktalarındaki moment taşıma kapasitesinin olabildiğince azaltılması önerilmiştir. Bu azaltma, *Zayıflatılmış Kiriş Bölgesi (ZKB)* uygulaması ile sağlanabilir. Bu uygulamada kirişler üzerinde, kolon-kiriş birleşim bölgesinden belli bir uzaklıktaki kesit bilinçli olarak zayıflatılır. Böylece kirişlerin moment taşıma kapasiteleri azalır ya da başka bir deyişle kirişlerden kolonlara aktarılan moment azaltılmış olur. ZKB için aşağıda çeşitli alternatifler verilmiştir:

- Konik Zayıflatılmış Kiriş Bölgesi (Şekil 4.11-(a))
- Dairesel Zayıflatılmış Kiriş Bölgesi (Şekil 4.11-(b))
- Düz Zayıflatılmış Kiriş Bölgesi (Şekil 4.11-(c))



Şekil 4.11: Zayıflatılmış Kiriş Bölgesi (ZKB) uygulamaları: (a) Konik, (b) Dairesel, (c) Düz

b. *Ek yatay elemanlar konulması* (Şekil 4.12-(a)): Sınır elemanları üzerindeki çekme etkilerini azaltmak için, kat ortalarına, ek yatay elemanlar konulabilir. İki DSE arasına konulan bu elemanlar, çekme etkileri altında DSE'nin birbirlerine yaklaşmasını önlemektedir. Ayrıca yatay elemanlar sayesinde sistemin rijitliğinde de artış gözlenmektedir.

c. *Bağ kirişi kullanımı*: DSE'nin dönme rijitliklerinin artırılması amacıyla bağ kirişleri kullanılabilir. Tek bir ÇLPS yerine, birbirlerine bağ kirişleri ile bağlanmış ÇLPS çifti kullanılırsa, sistemin dönme rijitliğinde artış gözlenmektedir. Ancak, bağ kirişlerinin bu tür sistemlerde nasıl tasarlanacağı konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bağ kirişlerinin

- Gerekli dayanımları
- Rijitlikleri
- Dayanım ve rijitliklerinin sistem yüksekliği üzerindeki dağılımı
- Dönme talebi miktarı
- Sistemin devrilme rijitliği üzerindeki etkileri

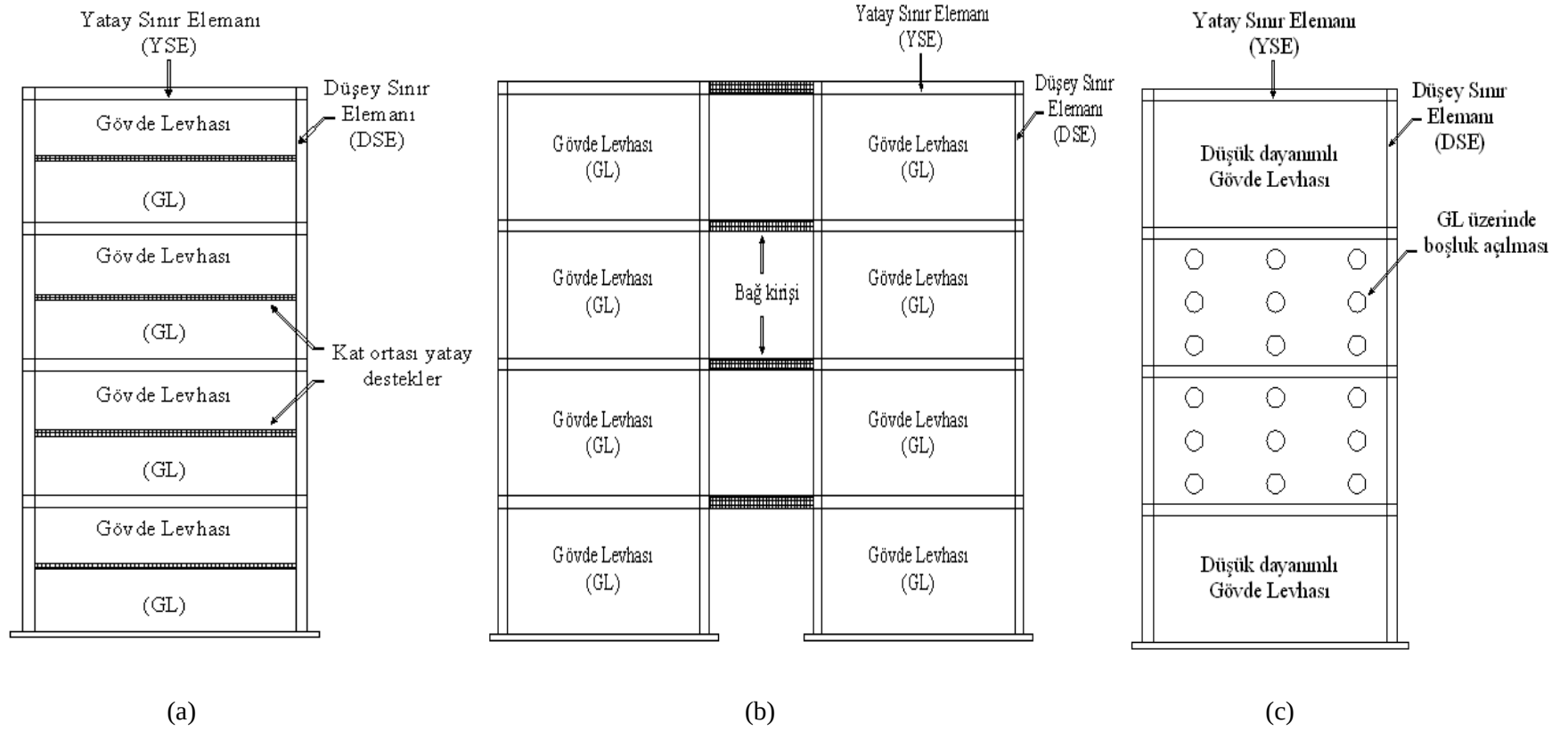
araştırılması gereken önemli faktörlerdir.

d. *Gövdede düşük dayanımlı çelik (LYS steel) kullanımı* (Şekil 4.12-(c)): ÇLPS' de kullanılan gövde levhası düşük dayanımlı çelik malzemeden yapılabilir. Dayanımın düşmesi, deprem sırasında gövde levhasının akmasıyla DSE ve YSE üzerinde oluşan çekme etkilerinin daha düşük düzeylerde kalmasına neden olacaktır. Böylece söz konusu değerler altında ÇLPS'yi oluşturan elemanlar boyutlandırılacaktır.

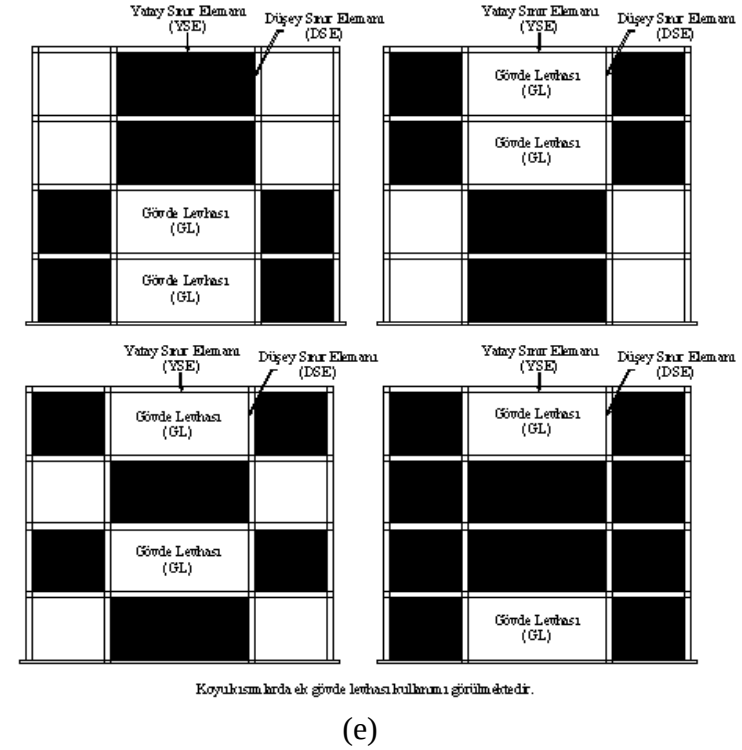
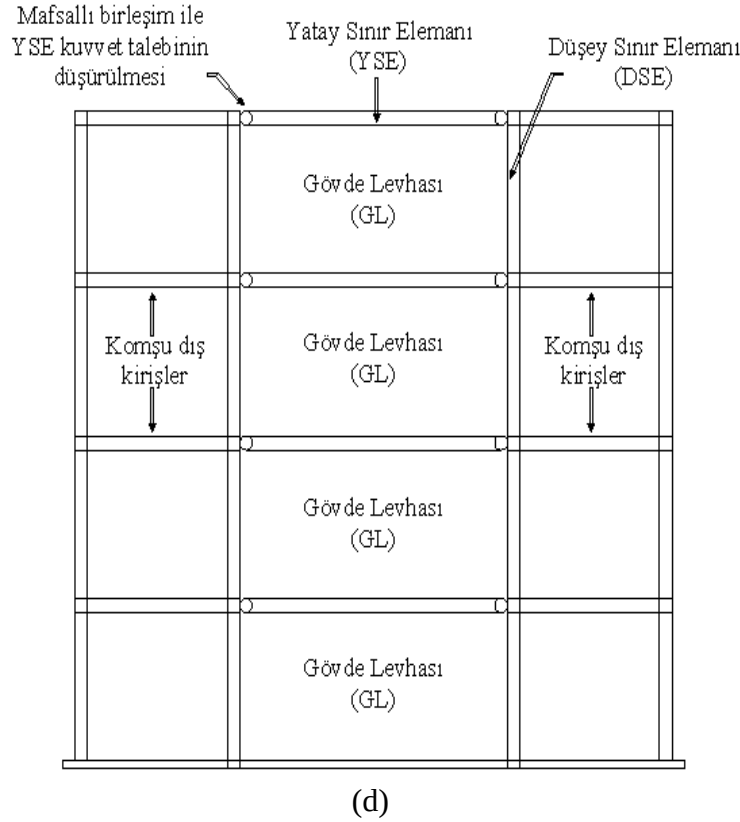
e. *Gövde levhasında stratejik yerlere dairesel boşluklar açılması* (Şekil 4.12-(c)): ÇLPS, deprem etkileri altında belli bir α açısı ile katlanmış bir şekil almaktadır. α açısının değişmesi sınır elemanları üzerindeki çekme etkilerini de değiştirmektedir. Söz konusu etkileri azaltacak yönde bir değişim için gövde levhasında stratejik yerlere boşluklar açılabilir.

f. *Komşu dış kirişler kullanılması*: DSE'nin kuvvet taşıma kapasitelerinin düşürülmesi için yapılabilecek işlemlerden biri de komşu dış kirişlerin kullanılmasıdır. Komşu dış kirişler sayesinde kolonlar devrilme ve dönme gibi etkiler altında daha rijit bir davranış göstermektedir. Ayrıca daha düşük moment ve kesme kuvveti değerleri oluşarak kolonlar üzerindeki iç kuvvet talebi düşürülmektedir.

g. Farklı yerlerde ek gövde levhası kullanımı: DSE'nin dönme rijitliklerinin artırılmasına yönelik önerilen başka bir çözüm ise farklı yerlerde ek gövde levhaları kullanılmasıdır. Bu çözümde dikkat edilmesi gereken yumuşak kat mekanizmasının önlenmesidir.



Şekil 4.12: ÇLPS güçlendirme uygulamaları: (a) Kat ortasında ek yatay elemanların kullanımı, (b) Bağ kirişi kullanımı, (c) Gövdede düşük dayanımlı çelik kullanımı ve boşluk açılması, (d) Komşu dış kirişlerin kullanımı, (e) Farklı yerlerde ek GL kullanımı



Şekil 4.12(devam): ÇLPS güçlendirme uygulamaları: (a) Kat ortasında ek yatay elemanların kullanımı, (b) Bağ kirişi kullanımı, (c) Gövdede düşük dayanımlı çelik kullanımı ve boşluk açılması, (d) Komşu dış kirişlerin kullanımı, (e) Farklı yerlerde ek GL kullanımı

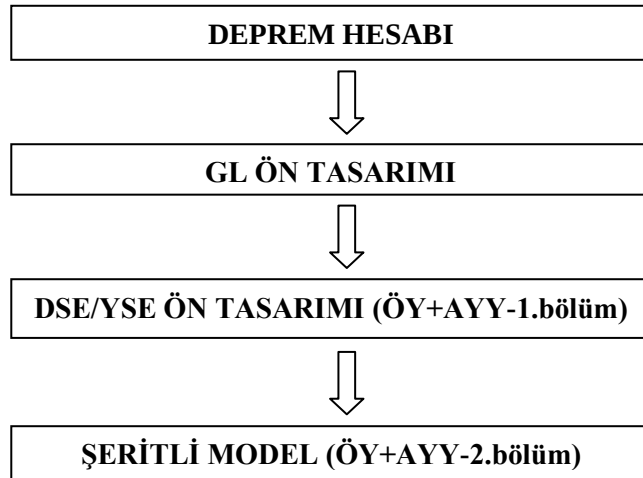
5. SAYISAL İNCELEMELER

5.1 ÇLPS için Hesap Yöntemi Seçimi

Bu çalışma kapsamında pratikte kullanımı yaygın olan *burkulma sonrası kapasiteden yararlanmak için ince levhaların kullanıldığı sistemler* incelenmiştir.

ÇLPS için verilen çeşitli yöntemler dördüncü bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştı. Söz konusu yöntemlerden *nonlinear analiz* ve *önerilen yöntem (ÖY)* diğerlerine oranla daha doğru sonuçlar vermektedir. Ayrıca bu iki yöntemden de kendi içlerinde birbirleriyle örtüşen sonuçlar elde edilmektedir. Bu çalışma kapsamında, (ÖY) yükseklikleri farklı dört model üzerinde ardışık yaklaşım yapılarak ayrıntılı biçimde ele alınmıştır. Söz konusu bu yöntem *Önerilen Yönteme Dayanan Ardışık Yaklaşım Yöntemi* (ÖY+AYY) olarak isimlendirilmiştir. Yöntemle ilgili hesap aşamaları belirlenmiş, Excel ve SAP2000 bilgisayar programları yardımıyla da hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamaların sonucunda elde edilen veriler kullanılarak (k) çok katlı bir ÇLPS'yi boyutlandırmak için daha kısa bir yöntem olan *Önerilen Yönteme Dayanan Kısaltılmış Yöntem* (ÖY+KY) geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ve getirilen öneriler üzerinde durulmuştur.

ÇLPS hesap aşamaları Şekil 5.1'de özetlenmiştir:



Şekil 5.1: ÇLPS hesap şeması

5.1.1 Ön tasarım aşamaları

ÇLPS hesap aşamalarının ilki ön tasarım aşamalarıdır. Ön tasarım aşamaları, GL ve DSE/YSE tasarımı olmak üzere iki aşamalıdır.

GL ön tasarım aşamasında, söz konusu yapının deprem hesabı sonucunda bulunan kat kesme kuvvetleri kullanılır. Kat kesme kuvvetleri, ANSI/AISC 341-05 [44] yönetmeliğinde verilen

$$\phi V_n = 0,9(0,42)F_y t_w L_{cf} \sin(2\alpha) \quad (5.1)$$

bağıntısıyla hesaplanan kapasite kesme kuvveti ile karşılaştırılır [27]. Buradaki tüm terimler Bölüm 4'te açıklanmıştır. Kapasiteyi aşmayacak şekilde GL'nin kalınlığı (t_w) için bir değer belirlenir. Hesaplamalarda kolaylık sağlaması açısından net açıklık akslar arasındaki açıklığa eşit olacak şekilde alınmıştır. Diğer bir deyişle, $L_{cf} = L'$ dir. (α) açısı için de 30° ve 45° başlangıç değerleri kullanılmıştır. Bu aşamada bulunan (t_w) değeri DSE/YSE ön tasarım aşamasında kullanılacaktır.

DSE/YSE ön tasarım aşamasında, belirlenen (t_w) değeri kullanılarak (ÖY+AYY) uygulanır. Sonuç profiller ve şeritli son model elde edilir.

5.1.2 ÇLPS'de önerilen yönteme dayanan ardışık yaklaşım yöntemi (ÖY+AYY)

Depreme karşı dayanım, rijitlik ve süneklikleri ÇLPS ile sağlanan yapılarda söz konusu perde sistemlerin uygun biçimde boyutlandırılması çok önemlidir. Bu amaçla, (ÖY)'nin doğru sonuçlar vermesi nedeniyle kullanılması uygundur. ÇLPS'ler önceki bölümde detayları verilen (ÖY) ile ardışık yaklaşım yöntemi birleştirilerek hesaplanmıştır.

(ÖY+AYY)'de seçilen bir (α) başlangıç açısı için sistemler çözülerek sonuç profiller elde edilmeye çalışılır. Yöntem iki bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölümde, (α) başlangıç açısı seçilerek (ÖY+AYY) hesap adımları uygulanır. ANSI/AISC 341-05 [44] yönetmeliğine göre ÇLPS dış çerçevesinin GL'den dolayı oluşan akma etkilerini karşılaması gerekmektedir. Bu koşul dikkate alınarak, tüm YSE ve DSE'nin her katta aynı olacağı varsayımı altında boyutlandırma yapılır. Bu boyutlara göre yeni (α) açısı hesaplanır. Ardışık yaklaşım yeterince sağlandıktan sonra son profiller elde edilir.

İkinci bölümde, birinci bölümden elde edilen son profiller kullanılarak şeritli model hazırlanır. Şerit geometrisi ANSI/AISC 341-05 [44] yönetmeliğinde verilen

$$A_s = \frac{(L \cos \alpha + H \sin \alpha)}{n} * t_w \quad (5.2)$$

bağıntısına göre belirlenir. Burada

A_s = şerit alanı

L = kolon aks açıklığı

H = kat yüksekliği

n = şerit sayısı

t_w = GL kalınlığı

olarak verilmektedir. Şeritler birinci bölümden gelen (α) açısıyla sisteme eklenerek ÇLPS şerit modeli oluşturulur. Düşey ve yatay yüklerin gerçek değerleri sisteme yüklenir ve SAP2000 yardımıyla sistem çözülür. Dış çerçeve akma etkilerini karşılayacağı için aynı kalır; ancak orta kirişlerde profillerin kesitleri azaltılabilir.

Yukarıda bölümleri açıklanan (ÖY+AYY)'nin hesap şeması Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1: (ÖY+AYY) hesap şeması (sırasıyla 1-2-3-4-5 numaralı kutular)

1	<u>DEPREM HESABI</u> - Kat deprem kuvvetleri - Kat kesme kuvvetleri - Gövde levhası (GL) ön tasarımı (GL KALINLIĞI (t_w) BELİRLENİR.)
2	(<u>ÖY+AYY - 1. BÖLÜM</u>) <u>1. AŞAMA</u> (t_w) değeri kullanılır. - DSE ve YSE ön tasarımı yapılır. (α) seçilerek YSE akma etkileri (ω_{ybi} ve ω_{xbi}) belirlenir. (YSE ÖN BOYUTU (1)* VERİLİR.) - YSE özellikleri (A_{bi} ve Z_{xbi}) ve (ω_{xci}) akma etkileri yardımıyla DSE(1) elastik model mesnet tepkileri bulunur. Excel tablosunda yerine yazılıp tüm iç kuvvet (P_{bli}, V_{bli}, M_{bli}, P_{bri}, V_{bri}, M_{bri}) değerleri bulunur ve SAP2000’de yüklenir. (YSE ÖN BOYUTU (2)** VERİLİR.) - Son YSE ön boyutlamasının ardından YSE özellikleri ile (ω_{xci}) akma etkileri yardımıyla DSE(2) elastik model mesnet tepkileri bulunur. Excel tablosunda yerine yazılıp tüm iç kuvvet (P_{bli}, V_{bli}, M_{bli}, P_{bri}, V_{bri}, M_{bri}) değerleri bulunur. - Bu değerler SAP2000’de DSE ve YSE üzerine etkilir. Eğer Excel ve SAP2000’deki mesnet tepkileri aynıysa hesaba devam edilir. - ANSI/AISC 341-05 [44] ve LRFD yönetmelikleri [46] yardımıyla SAP2000 programında, kapasite oranlarına dikkat edilerek, DSE boyutlaması yapılır. 1. aşama sonunda bulunan YSE ve DSE profil özellikleri kullanılarak ANSI/AISC 341-05 yönetmeliğinde [44] verilen bağıntı yardımıyla (α) açısı hesaplanır. <u>1. AŞAMA SONU</u> NOT: Kiriş ön boyutlaması 2 bölümden oluşmaktadır. *Önerilen yeni yönteme başlamak ve yöntemin içerdiği tüm iç ve dış kuvvet değerlerini bulabilmek için herhangi bir YSE seçilmesi gereklidir. Yöntemle uyumlu olması açısından ilk önce yalnızca YSE akma etkileri (ω_{yb} ve ω_{xb}) altında boyutlama yapılmıştır. ** Yukarıda sözü edilen ilk boyutlamadan elde edilen veriler kullanılarak tüm iç kuvvet değerleri hesaplanmış ve YSE ön boyutlaması için son profiller belirlenmiştir.

Çizelge 5.1(devam): (ÖY+AYY) hesap şeması (sırasıyla 1-2-3-4-5 numaralı kutular)

3	<u>2. AŞAMA</u> 1. aşamadan bulunan YSE özellikleri ile (ω_{xci}) akma etkileri yardımıyla DSE elastik model mesnet tepkileri bulunur. Excel tablosunda yerine yazılıp tüm iç kuvvet (P_{bli}, V_{bli}, M_{bli}, P_{bri}, V_{bri}, M_{bri}) değerleri hesaplanır. - Bu değerler SAP2000’de DSE ve YSE üzerine etkililir. Eğer Excel ve SAP2000’deki mesnet tepkileri aynı ise hesaba devam edilir. - ANSI/AISC 341-05 [44] ve LRFD yönetmelikleri [46] yardımıyla SAP2000 programında, kapasite oranlarına dikkat edilerek, DSE boyutlaması yapılır. 2. aşama sonunda bulunan YSE ve DSE profil özellikleri kullanılarak ANSI/AISC 341-05 yönetmeliğinde [44] verilen bağıntı yardımıyla (α) açısı hesaplanır. <u>2. AŞAMA SONU</u>
4	<u>(n). AŞAMA</u> (n-1). aşamadan bulunan YSE özellikleri ile (ω_{xci}) akma etkileri yardımıyla DSE elastik model mesnet tepkileri bulunur. Excel tablosunda yerine yazılıp tüm iç kuvvet (P_{bli}, V_{bli}, M_{bli}, P_{bri}, V_{bri}, M_{bri}) değerleri hesaplanır. - Bu değerler SAP2000’de DSE ve YSE üzerine etkililir. Eğer Excel ve SAP2000’deki mesnet tepkileri aynı ise hesaba devam edilir. - ANSI/AISC 341-05 [44] ve LRFD yönetmelikleri [46] yardımıyla SAP2000 programında, kapasite oranlarına dikkat edilerek, DSE boyutlaması yapılır. (n). aşama sonunda bulunan YSE ve DSE profil özellikleri kullanılarak ANSI/AISC 341-05 yönetmeliğinde [44] verilen bağıntı yardımıyla (α) açısı hesaplanır. <u>(n). AŞAMA SONU</u>
5	<u>(ÖY+AYY) - 2. BÖLÜM</u> (ÖY+AYY - 1. bölüm)’den elde edilen profiller ve (α) açısı ile 2. bölüme geçilir. Şerit geometrisi ANSI/AISC 341-05 yönetmeliğine [44] göre belirlenerek sisteme eklenir. - Şeritli modele düşey ve gerçek yatay kuvvetleri etkililerek SAP2000 programıyla sistem çözülür. - Dış çerçeve profilleri sabit kalırken, iç çerçeve profilleri yüklenen yükler altında azaltılabilir. - Azaltılan profiller altında (α) açısı hesaplanır. Şeritler bu açıyla tekrar sisteme girilir. Aynı yükler altında DSE ve YSE kapasiteleri dikkate alınarak kontrol edilir. <u>(KESİN BOYUTLANDIRMA YAPILMASI)</u>

5.1.3 Sayısal örnek üzerinde (ÖY+AYY)'nin incelenmesi

- Bu çalışma kapsamında seçilen bir bina planı için 4, 5, 6 ve 8 katlı ÇLPS modelleri incelenmiş ve hesaplamalar sonucunda elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. $\alpha=30^\circ$ için üç aşama, $\alpha=45^\circ$ için ise beş aşama hesap yapılmıştır. Aşağıda 4 katlı modelin hesap aşamaları ayrıntılı olarak verilmiştir.
- Bu sonuçlardan yola çıkarak *Önerilen Yönteme Dayanan Kısaltılmış Yöntem (ÖY+KY)* geliştirilmiş olup ilgili bölümde detaylı olarak ele alınacaktır.

Bu bölümde gerekli olan genel veriler aşağıda özetlenmiştir:

- Bina hastane amaçlı kullanılacak olup binaya ilişkin düşey yük değerleri, D ölü yükü, L hareketli yükü, L_r ise çatı için hareketli yükü göstermek üzere

$$\text{Çatı kat için} \quad D = 4,5 \text{ kN/m}^2 \quad L_r = 2,75^* \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Normal kat için} \quad D = 4,5 \text{ kN/m}^2 \quad L = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

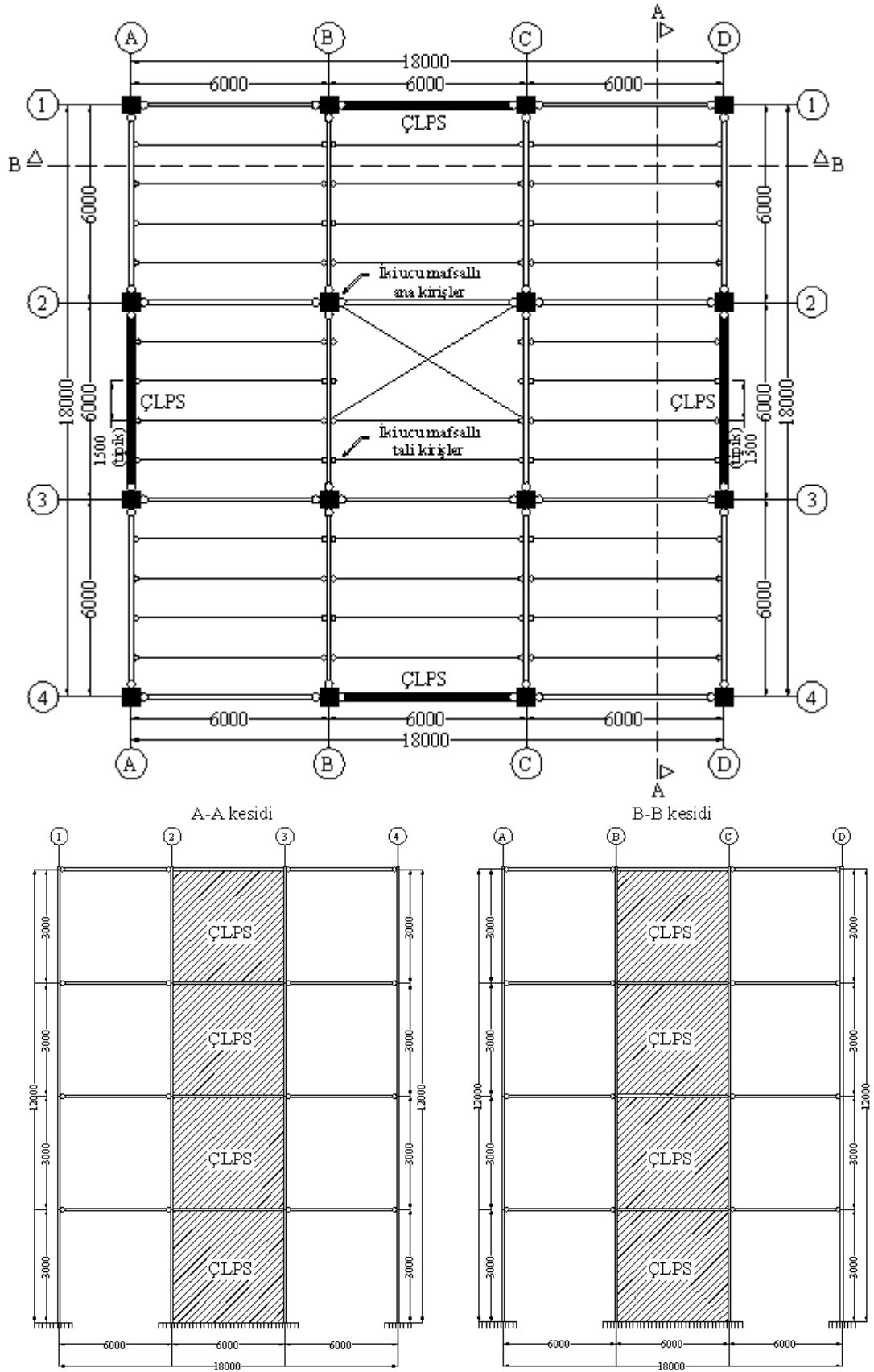
olarak belirlenmiştir. Binanın tüm yüksekliği boyunca düzgün bir mimariye ve taşıyıcı sisteme sahip olduğu düşünülmüş ve binanın her iki yöndeki kirişleri kolonlara mafsallı olarak bağlanmıştır. (Şekil 5.2). Kat yükseklikleri 3 m olup plan üzerinde (x) ve (y) yönlerindeki kenar uzunlukları 18'er m olarak alınmıştır. Binanın her cephesi 6 m'lik üç eşit açıklığa bölünmüş ve orta açıklıklara 4 katlı ÇLPS yerleştirilmiştir. 6 m'lik açıklıklar da tali kirişler ile 1,5 m'lik uzunluklara bölünmüştür. Tali kirişlerin 1,5 m'den yük aldıkları düşünülürse tali kiriş mesnet tepkileri ayrı yük kategorileri için aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$D = 4,5 \times 1,5 \times \frac{6}{2} = 20,25 \text{ kN} \quad (5.3)$$

$$L = 3,5 \times 1,5 \times \frac{6}{2} = 15,75 \text{ kN} \quad (5.4)$$

$$L_r = 2,75 \times 1,5 \times \frac{6}{2} = 12,38 \text{ kN} \quad (5.5)$$

* L_r = TS 498'de önerilen yük değeri + Kar yükü + Kaplama ve sıva = $1,5 + 0,75 + 0,5 = 2,75 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanır.



Şekil 5.2: 4 katlı modelin kat planı ve kesitleri

- Binadaki tüm ÇLPS'ler malzeme (Şekil 5.3), yük ve geometri açısından aynıdır.

The image shows two identical 'Material Property Data' dialog boxes side-by-side. The left dialog is for material Fe37 and the right is for Fe44. Both dialogs have the same values for all properties listed. The properties are: General Data (Material Name and Display Color, Material Type, Material Notes), Weight and Mass (Weight per Unit Volume, Mass per Unit Volume, Units), Isotropic Property Data (Modulus of Elasticity, Poisson's Ratio, Coefficient of Thermal Expansion, Shear Modulus), and Other Properties for Steel Materials (Minimum Yield Stress, Minimum Tensile Stress, Effective Yield Stress, Effective Tensile Stress). The 'Switch To Advanced Property Display' checkbox is unchecked in both.

Şekil 5.3: Malzeme Özellikleri

- Kolaylık sağlaması açısından binanın üç boyutlu modeli yerine yalnızca ÇLPS'nin düzlem modelleriyle çalışılmıştır. Bu, aynı zamanda ÇLPS davranışının daha iyi anlaşılmasına da olanak verecektir.
- Binaya etkiyen düşey yükler önce çerçeve kirişlerine oradan da ÇLPS'ye aktarılmıştır. Bir yönde etkiyen deprem yüklerini yalnızca iki ÇLPS karşılarken, kolon ve kirişlerden oluşan diğer çerçevelerin katkıları terk edilmiştir. Diğer bir deyişle, yatay yüklerin yalnızca ÇLPS ile taşındığı, diğer kolonların yalnızca düşey yük aktardıkları düşünülmüştür ve tüm çerçeve kirişlerinin kolon ve ÇLPS'ye bağlantıları mafsalıdır. Bu yüzden hesaplamalar sonucunda elde edilen profillerin kesitleri olağan değerlerin üzerindedir.
- Bütün modellerde GL kalınlığı (t_w) her katta aynı seçilmiş olmasına karşın 2~3 katta bir levha kalınlığının yukarı doğru azaltılarak değiştirildiği de bilinmektedir.
- SAP2000 programında LRFD'ye [46] göre boyutlama yapılırken kullanılan kombinasyonlar şunlardır:

COMB1: 1,4D

COMB2: 1,2D+1,6L+0,5L_r

COMB3: 1,2D+1,6L_r+0,5L

COMB4: 1,2D+0,5L+0,5L_r

COMB5: 1,2D+1,0E+0,5L

COMB6: 0,9D+1,0E

İlk önce sistemin deprem hesabı yapılmalıdır. Binanın kat ağırlıkları

$$\text{Çatı katı} : 18 \times 18 \times (4,5 + 0,30 \times 2,75) = 1725,3 \text{ kN} \quad (5.6)$$

$$\text{Normal kat} : 18 \times 18 \times (4,5 + 0,30 \times 3,5) = 1798,2 \text{ kN} \quad (5.7)$$

olarak hesaplanmıştır.

Toplam bina ağırlığı

$$\sum w_{\text{yapı}} = 3 \times 1798,2 + 1725,3 = 7119,9 \text{ kN} \quad (5.8)$$

değerini almaktadır. Yapı periyodu ise

$$T_1 = 0,05 \times 12^{0,75} = 0,32 \text{ sn} \quad (5.9)$$

olarak bulunur.

Yapı 1. derecede deprem bölgesinde bulunduğundan etkin yer ivmesi katsayısı $A_0 = 0,40$, hastane işlevli kullanılacağından yapı önem katsayısı $I = 1,5$, ÇLPS'li sistemler için ANSI/AISC 341-05 [44] yönetmeliğinde önerildiği şekliyle yapı davranış katsayısı $R_a = 7$, Z1 zemin sınıfı için zemin karakteristik periyotları $T_A = 0,10$ ve $T_B = 0,30$ alınmıştır.

Burada $T_1 > T_B$ olduğundan

$$S(T_1) = 2,5 \times \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0,8} = 2,5 \times \left(\frac{0,30}{0,32} \right)^{0,8} = 2,37 \quad (5.10)$$

elde edilir. DBYBHY [1]'ye göre yapının taban kesme kuvveti

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0,1A_oIW \quad (5.11)$$

bağıntısıyla hesaplanır. İlgili değerler yerine yazılırsa

$$V_t = \frac{7119,9 \times 0,40 \times 1,5 \times 2,37}{7} = 1446,4 \text{ kN} \quad (5.12)$$

olur. Bir yöndeki deprem yüklerini yalnızca 2 adet ÇLPS sistemi karşılayacağı varsayımı altında tek bir yapı için taban kesme kuvveti değeri

$$V_t = \frac{1446,4}{2} = 723,2 \text{ kN} \quad (5.13)$$

olarak hesaplanır. ΔF_N kamçı kuvveti ise

$$\Delta F_N = 0,0075 \times N \times V_t \quad (5.14)$$

bağıntısı yardımıyla aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\Delta F_N = 0,0075 \times 4 \times 723,2 = 21,7 \text{ kN} \quad (5.15)$$

DBYBHY [1]'de tüm katlara etkiyen deprem kuvvetleri (F_i)

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (5.16)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Bunlar hesaplandıktan sonra kat kesme kuvvetleri (F_{it}) de elde edilmiş ve Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2: 4 katlı model için katlara etkiyen deprem kuvvetlerinin hesabı

Kat No	H _i (m)	w _i (kN)	w _i x H _i	$\frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j}$	ΔF _N (kN)	F _i (kN)	F _{it} (kN)
4	12	1725,3	20703,6	0,390	21,7	295,4	295,4
3	9	1798,2	16183,8	0,305		213,9	509,3
2	6	1798,2	10789,2	0,203		142,6	651,9
1	3	1798,2	5394,6	0,102		71,3	723,2

Bu hesaplardan sonra ön tasarım aşamalarına geçilir. Öncelikle GL ön tasarımı yapılacaktır.

ANSI/AISC 341-05 [44] yönetmeliğinde verilen

$$\phi V_n = 0,90(0,42)F_y t_w L_{cf} \sin(2\alpha) \quad (5.17)$$

bağıntısıyla farklı (t_w) kalınlıkları ile taşınabilecek kapasite kesme kuvveti değerleri belirlenmiştir. $L=L_{cf}$ ve $\alpha = 30^\circ$ varsayımları altında $t_w = 0,002$ m (2 mm) için

$$\phi V_n = 0,90x(0,42)x235000x0,002x6 x \sin(2x30) = 923,1 \text{ kN} \quad (5.18)$$

olarak hesaplanır. Kapasitenin (F_{it}) kuvvetleri ile karşılaştırılması Çizelge 5.3'te verilmiştir:

Çizelge 5.3: 4 katlı modelin GL ön tasarım sonuçları

Kat No	t_w (m)	F _{it} (kN)	ϕV_n (kN)	F _{it} / ϕV_n (%)
4	0,002	295,4	923,1	32
3	0,002	509,3	923,1	55
2	0,002	651,9	923,1	71
1	0,002	723,2	923,1	78

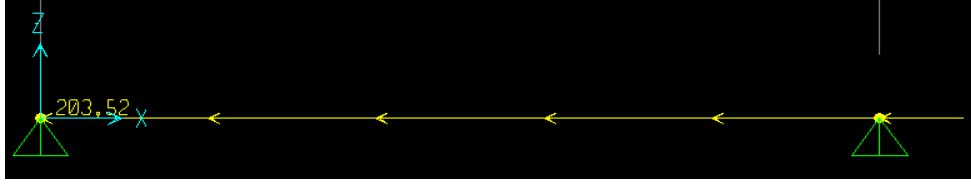
Yukarıdaki çizelgeden anlaşılaçağı üzere $t_w = 0,002$ m (2 mm) seçmek uygundur. Böylece GL ön tasarımı tamamlanarak DSE ve YSE ön tasarım aşamalarına geçilir (ÖY+AYY-1. aşama). Söz konusu tasarım aşamalarında, diğerlerinden daha çok zorlanacağı düşünüldüğünden, son kat kirişleri esas alınmıştır.

$\alpha = 30^\circ$ başlangıç açısı altında YSE akma etkileri

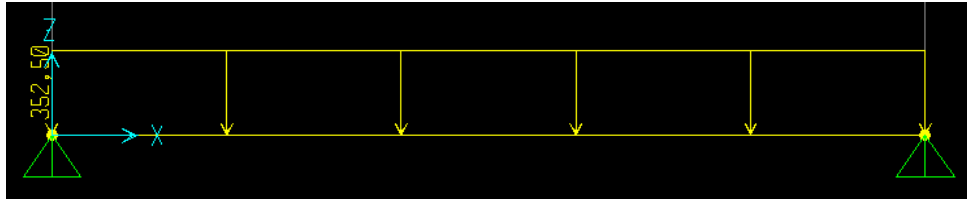
$$\omega_{ybi} = 235000x0,002x(\cos 30)^2 = 352,5 \text{ kN/m} \quad (5.19)$$

$$\omega_{xbi} = 1/2x235000x 0,002x \sin 60 = 203,52 \text{ kN/m} \quad (5.20)$$

olarak hesaplanarak YSE üzerine etkililir (Şekil 5.4) ve sistem SAP2000 yardımıyla çözülerek W30 x 132 profili atanır (Şekil 5.5). Böylece YSE için birinci ön tasarım aşaması biter.

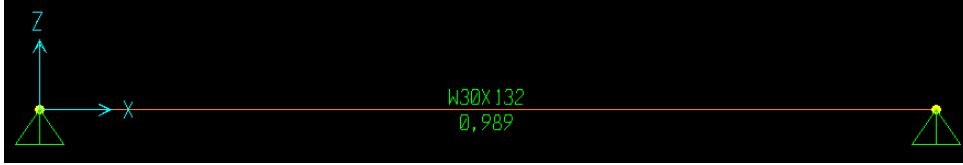


(a)



(b)

Şekil 5.4: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki akma etkileri: (a) ω_{xbi} , (b) ω_{ybi}

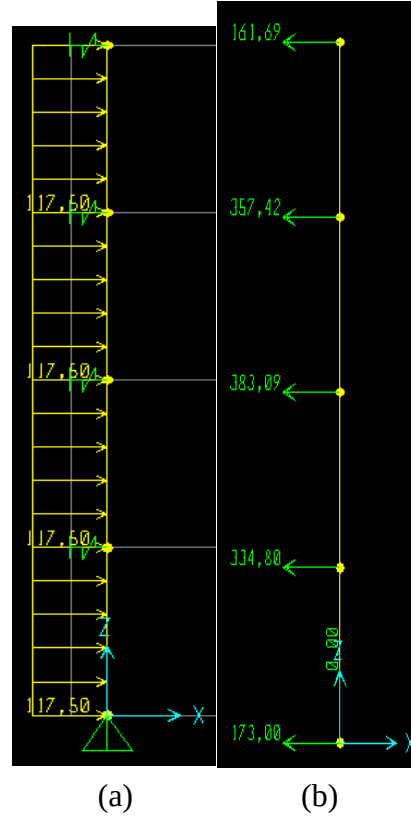


Şekil 5.5: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki YSE(1) profili ve kapasite oranı

YSE ikinci ön tasarım aşaması içinse söz konusu profilin (A_{bi}) ve (Z_{bi}) değerleri SAP2000 programından okunarak Excel'de yerine yazılıp (k_b) değerleri bulunur. DSE üzerinde (x) yönündeki akma etkileri

$$\omega_{xci} = 235000 \times 0,002 \times (\sin 30)^2 = 117,5 \text{ kN/m} \quad (5.21)$$

olur. (ω_{xci} ve k_b) değerleri ile DSE elastik modeli mesnet tepkileri (P_{si}), diğer bir deyişle yay kuvvetleri bulunabilir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki DSE(1) elastik modeli: (a) ω_{xci} yüklemesi, (b) yay kuvvetleri

Bu değerler Excel tablosunda yerine yazılarak YSE üzerindeki tüm iç kuvvet değerleri hesaplanabilir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4: YSE iç kuvvetleri

Kat No	k_b (kN/m)	P_{si} (kN)	$P_{si}^{\dagger}$ (kN)	P_{bl} (kN)	P_{br} (kN)	Koşul $\ddagger$	Koşul $\S$
4 ^{**}	1757000	-176	-162	-773	449	1,05	1,10

Kat No	M_{prl} (kN-m)	M_{prr} (kN-m)	V_{bl} (kN)	V_{br} (kN)
4	1969	1969	-401	1714

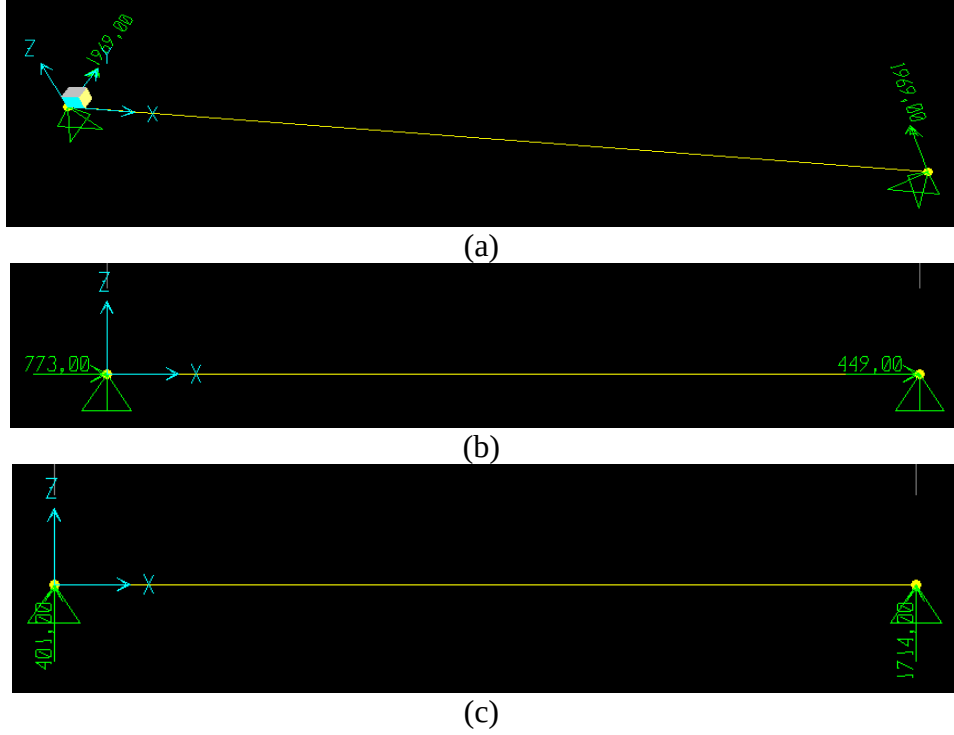
[†] SAP2000 programıyla hesaplanan değerdir. Tabloda bundan sonraki tüm hesaplamalarda bu değer kullanılacaktır.

[‡] Dördüncü bölümde verilen (4.18) bağıntısındaki koşulların sol taraf için değeridir.

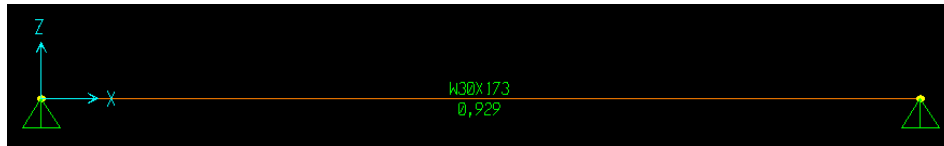
[§] Dördüncü bölümde verilen (4.18) bağıntısındaki koşulların sağ taraf için değeridir.

^{**} Sistemde en çok zorlanan kirişlerin üst kat kirişleri olduğu dikkate alınmıştır.

Akma etkilerine ek olarak Çizelge (5.4)'teki YSE iç kuvvet değerleri de yüklenerek YSE için ikinci ön tasarım aşamasına geçilir (Şekil 5.7). Bunun sonucunda W30 x 173 profili atanır (Şekil 5.8).

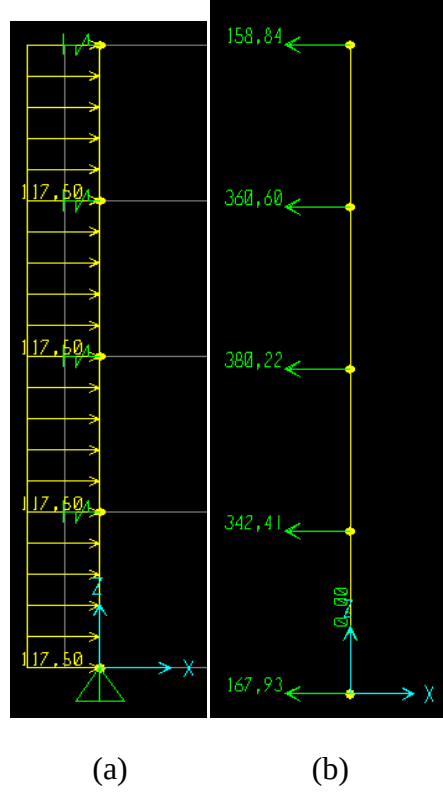


Şekil 5.7: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki YSE(2) profili hesabında kullanılan iç kuvvetler: (a) Moment, (b) Normal kuvvet, (c) Kesme kuvveti



Şekil 5.8: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki YSE(2) profili ve kapasite oranı

W30 x 173 profili (A_b) ve (Z_b) değerleri Excel'de yerine yazılır. $\alpha = 30^\circ$ altında tekrar YSE iç kuvvetleri ve (F_i) kuvvetleri hesaplanır.



Şekil 5.9: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki DSE(2) elastik modeli: (a) ω_{xci} yüklemesi, (b) yay kuvvetleri

Şekil 5.9'daki mesnet tepkileri (yay kuvvetleri) de Excel'de yerine yazılarak YSE üzerindeki tüm iç kuvvet değerleri hesaplanabilir (Çizelge 5.5) ve etki = tepki ilkesi gereğince DSE üzerine aktarılır (Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12).

Çizelge 5.5: 4 katlı model 1.bölüm-1.aşamadaki YSE iç kuvvetleri ve dış kuvvetler:
(a) ve (b) iç kuvvetler, (c) akma etkileri, (d) dış kuvvetler ve mesnet tepkileri

Kat No	k_b (kN/m)	P_{si} (kN)	P_{si}^* (kN)	P_{bl} (kN)	P_{br} (kN)	Koşul	Koşul
0	†	-176	-168[‡]	611	-611	1,10	1,10
1	2296000	-353	-342	-342	-342	1,14	1,14
2	2296000	-353	-380	-380	-380	1,13	1,13
3	2296000	-353	-361	-361	-361	1,13	1,13
4	2296000	-176	-159	-770	452	1,08	1,12

(a)

Kat No	M_{prl} (kN-m)	M_{prr} (kN-m)	V_{bl} (kN)	V_{br} (kN)
0	2726	2726	1966	-149
1	2726	2726	909	909
2	2726	2726	909	909
3	2726	2726	909	909
4	2726	2726	-149	1966

(b)

Kat No	α (derece)	DSE		YSE	
		ω_{vci} (kN/m)	ω_{xci} (kN/m)	ω_{vbi} (kN/m)	ω_{xbi} (kN/m)
1	30	203,52	117,50	352,50	203,52
2	30	203,52	117,50	352,50	203,52
3	30	203,52	117,50	352,50	203,52
4	30	203,52	117,50	352,50	203,52

(c)

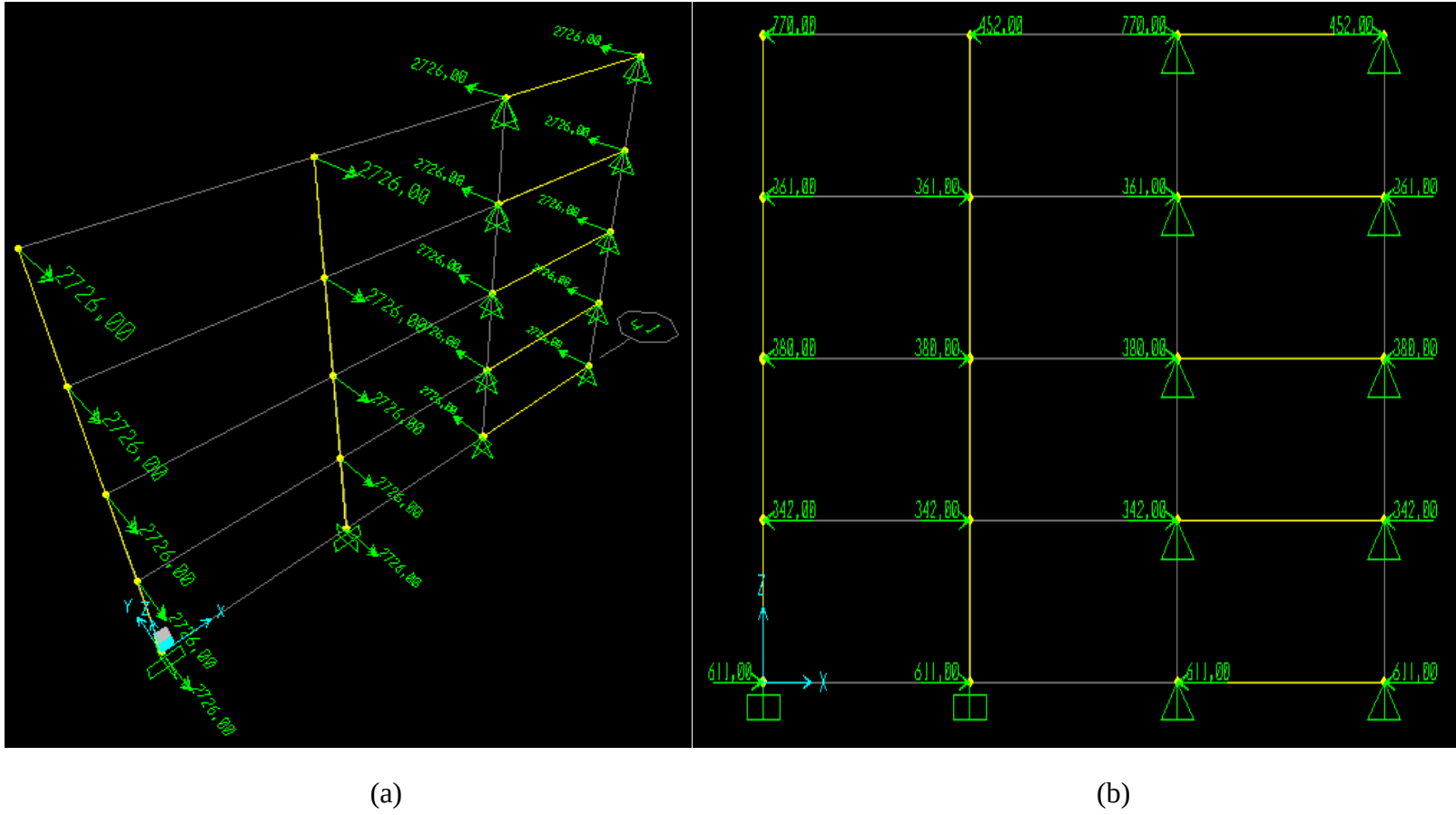
Kat No	F _i x H _i (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F _i (kN)	R _{vl} (kN)	R _{vr} (kN)	R _{xl} (kN)	R _{xr} (kN)
1	41917	71,3	142,6	213,9	295,4	457	-6986	6986	-2486	-2150
2						914				
3						1371				
4						1893				
ΣV _t (kN)						4636				

(d)

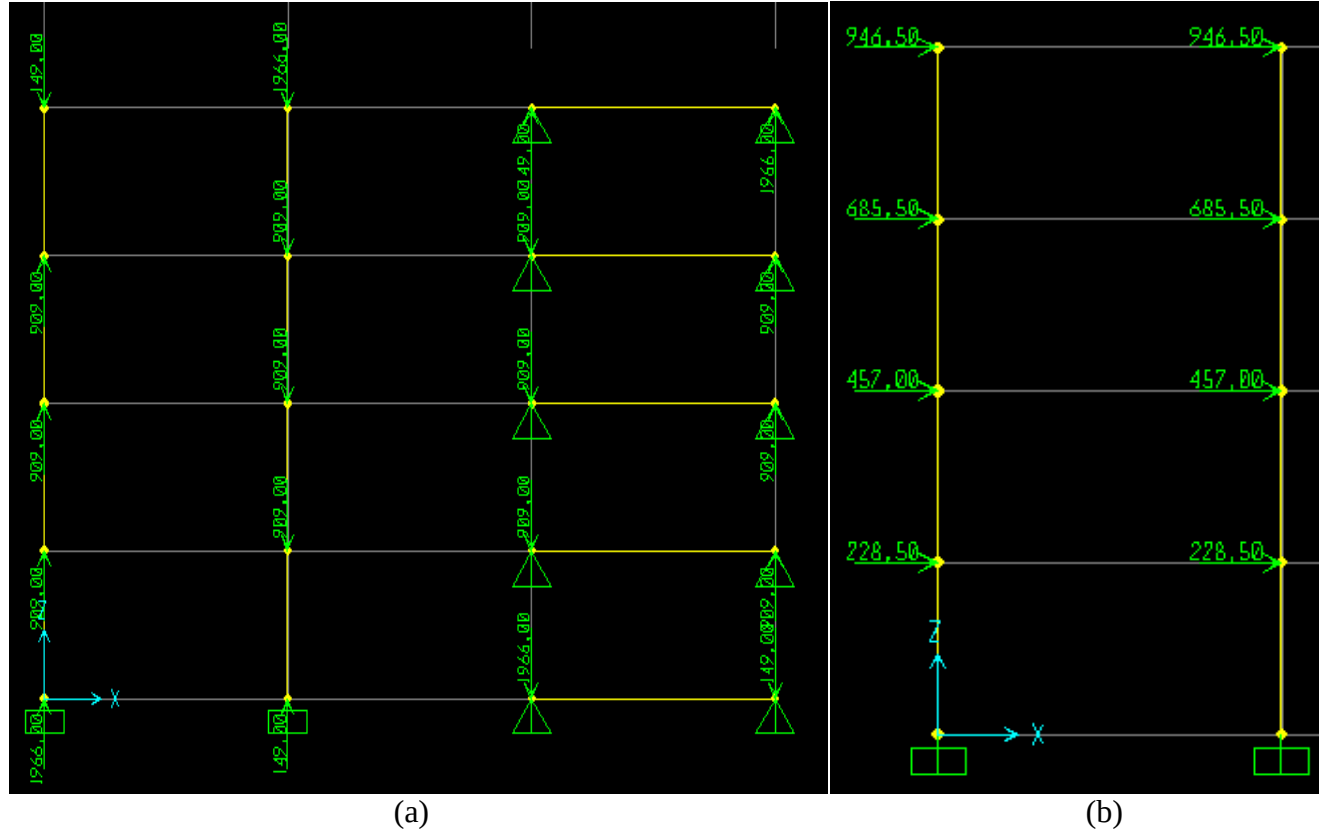
* SAP2000 programıyla hesaplanan değerlerdir. Tabloda bundan sonraki tüm hesaplamalarda bu değerler kullanılacaktır.

† En alt katta yay olmadığı için bu değer hesaplanmamıştır.

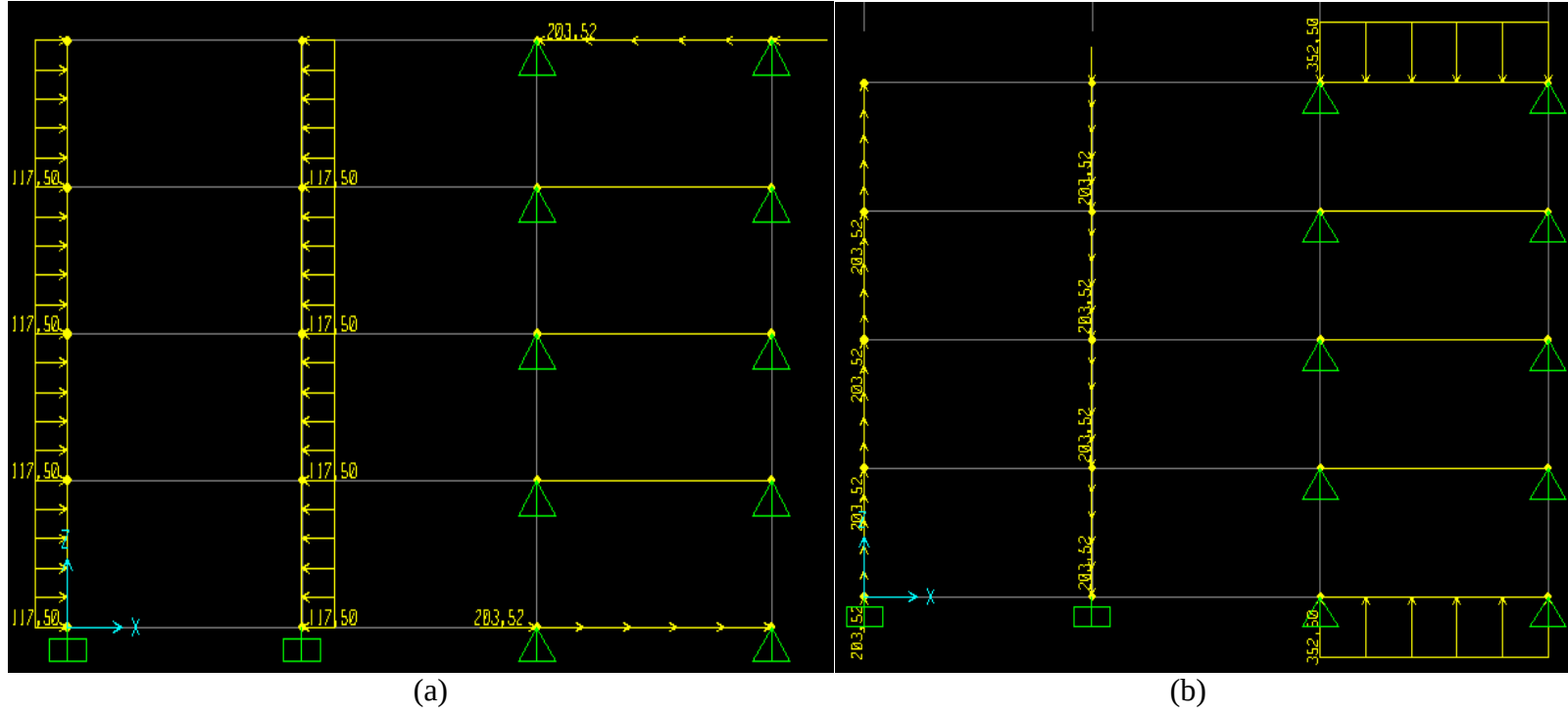
‡ Bu kat için hesaplanan koyu renkle yazılmış P_{si} değeri, R_{bs} simgesi altında mesnet tepkisi hesabında kullanılacaktır.



Şekil 5.10: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) Moment, (b) Kesme kuvveti (DSE) ve Normal kuvvet (YSE)



Şekil 5.11: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) Normal kuvvet (DSE) ve Kesme kuvveti (YSE), (b) Dış kuvvetler (deprem kuvvetleri)



Şekil 5.12: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) ω_{xci} ve ω_{xbi} yüklemesi
(b) ω_{yci} ve ω_{ybi} yüklemesi

Çizelge 5.5'teki veriler SAP2000 programında Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'deki gibi yüklenerek mesnet tepkilerinin doğruluğu kontrol edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 117,5 \times 12 + 611 - 342 - 380 - 361 - 770 + \frac{4636}{2}$$

$$R_{xl} = 2486 \text{ kN (2486 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 203,52 \times 12 + 1966 + 909 + 909 + 909 - 149 = 6986 \text{ kN (6986 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -117,5 \times 12 + 611 + 342 + 380 + 361 - 452 + \frac{4636}{2}$$

$$R_{xr} = 2150 \text{ kN (2150 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -203,52 \times 12 - 1966 - 909 - 909 - 909 + 149$$

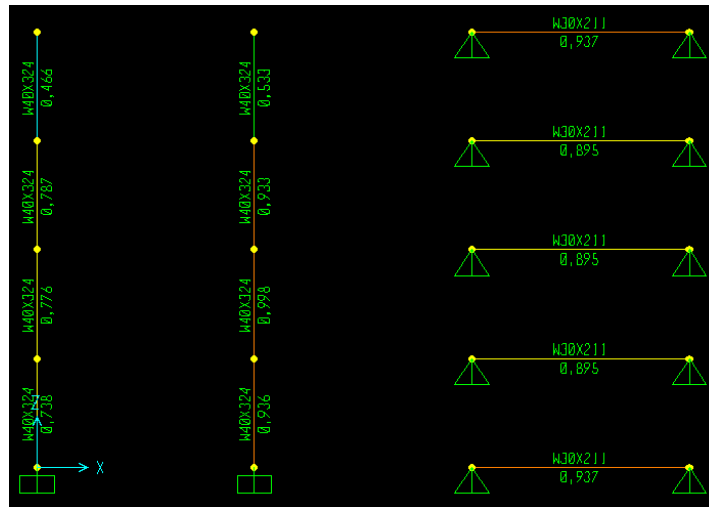
$$R_{yr} = -6986 \text{ kN (-6986 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 programından elde edilen değerlerdir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra LRFD yönetmeliğine [46] göre tasarım yapılır. 1. aşama sonunda

YSE için W 30 x 211 ($A_b = 0,0401 \text{ m}^2$, $Z_b = 0,0123 \text{ m}^3$)

DSE için W 40 x 324 ($A_c = 0,0615 \text{ m}^2$, $I_c = 0,0107 \text{ m}^4$)

profilleri bulunur (Şekil 5.13).



Şekil 5.13: 4 katlı model 1. bölüm-1. aşama sonundaki YSE ve DSE profilleri ile kapasite oranları

Verilen profil özellikleri kullanılarak ANSI/AISC 341-05 [44] yönetmeliğinde önerilen bağıntı yardımıyla (α) açısı

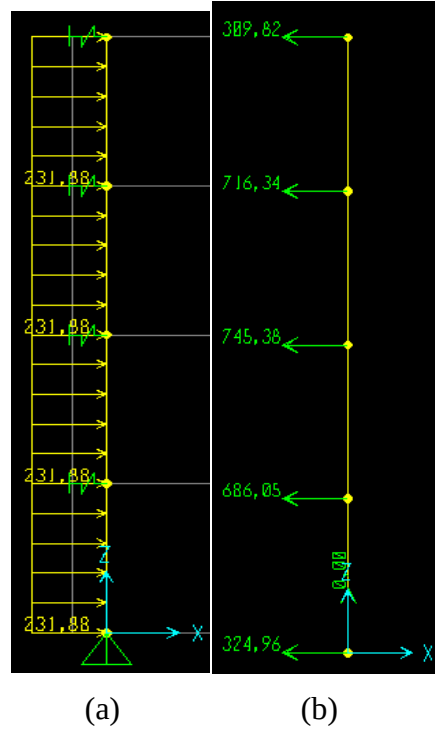
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\sqrt[4]{\frac{1 + \frac{0,002 \times 6}{2 \times 0,0615}}{1 + 0,002 \times 3 \times \left(\frac{1}{0,0401} + \frac{3^3}{360 \times 0,0107 \times 6} \right)}} \right) = 44,62^\circ \quad (5.22)$$

şeklinde hesaplanır.

Böylece 1. aşama tamamlanarak 2. aşamaya geçilir. 2. aşamada, $\alpha = 44,62^\circ$ açısı ve YSE özellikleri Excel'de yerlerine yazılarak gerekli tüm değerler hesaplanır. DSE üzerinde (x) yönündeki akma etkileri

$$\omega_{xci} = 235000 \times 0,002 \times (\sin 44,62)^\circ = 231,88 \text{ kN/m} \quad (5.23)$$

olur. Bu etkilerden yola çıkarak DSE elastik model mesnet tepkileri (yay kuvvetleri) hesaplanarak (Şekil 5.14) tüm iç kuvvet ve (F_i) değerlerine ulaşılır (Çizelge 5.6), ve bu değerler etki = tepki ilkesi gereğince DSE üzerine aktarılır (Şekil 5.15, Şekil 5.16 ve Şekil 5.17).



Şekil 5.14: 4 katlı model 1. bölüm-2. aşamadaki DSE elastik modeli: (a) ω_{xci} yükleme, (b) yay kuvvetler

Çizelge 5.6: 4 katlı model 1.bölüm-2.aşamadaki YSE iç kuvvetleri ve dış kuvvetler:
(a) ve (b) iç kuvvetler, (c) akma etkileri, (d) dış kuvvetler ve mesnet tepkileri

Kat No	k_b (kN/m)	P_{si} (kN)	P_{si} (kN)*	P_{bl} (kN)	P_{br} (kN)	Koşul	Koşul
0	†	-348	-325 [‡]	705	-705	1,10	1,10
1	2807000	-696	-686	-686	-686	1,11	1,11
2	2807000	-696	-745	-745	-745	1,10	1,10
3	2807000	-696	-716	-716	-716	1,10	1,10
4	2807000	-348	-310	-1015	395	1,07	1,14

(a)

Kat No	M_{prl} (kN-m)	M_{prr} (kN-m)	V_{bl} (kN)	V_{br} (kN)
0	3383	3383	1842	413
1	3383	3383	1128	1128
2	3383	3383	1128	1128
3	3383	3383	1128	1128
4	3383	3383	413	1842

(b)

Kat No	α (derece)	DSE		YSE	
		ω_{vci} (kN/m)	ω_{xci} (kN/m)	ω_{vbi} (kN/m)	ω_{xbi} (kN/m)
1	44,62	234,98	231,88	238,12	234,98
2	44,62	234,98	231,88	238,12	234,98
3	44,62	234,98	231,88	238,12	234,98
4	44,62	234,98	231,88	238,12	234,98

(c)

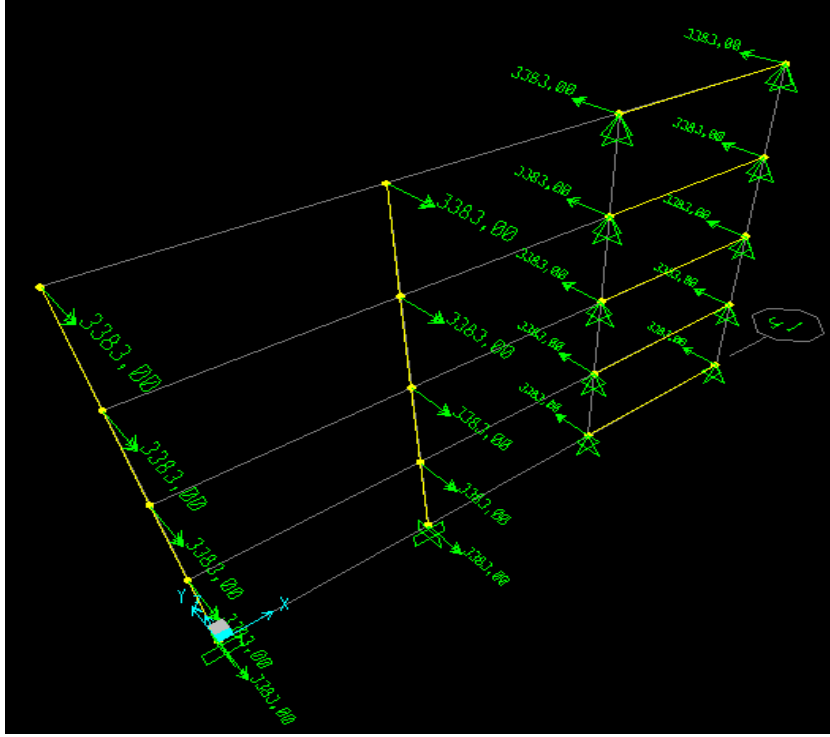
Kat No	F _i x H _i (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F _i (kN)	R _{vl} (kN)	R _{vr} (kN)	R _{xl} (kN)	R _{xr} (kN)
1	50744	71,3	142,6	213,9	295,4	553	-8457	8457	-3131	-2481
2						1107				
3						1660				
4						2292				
ΣV _t (kN)						5612				

(d)

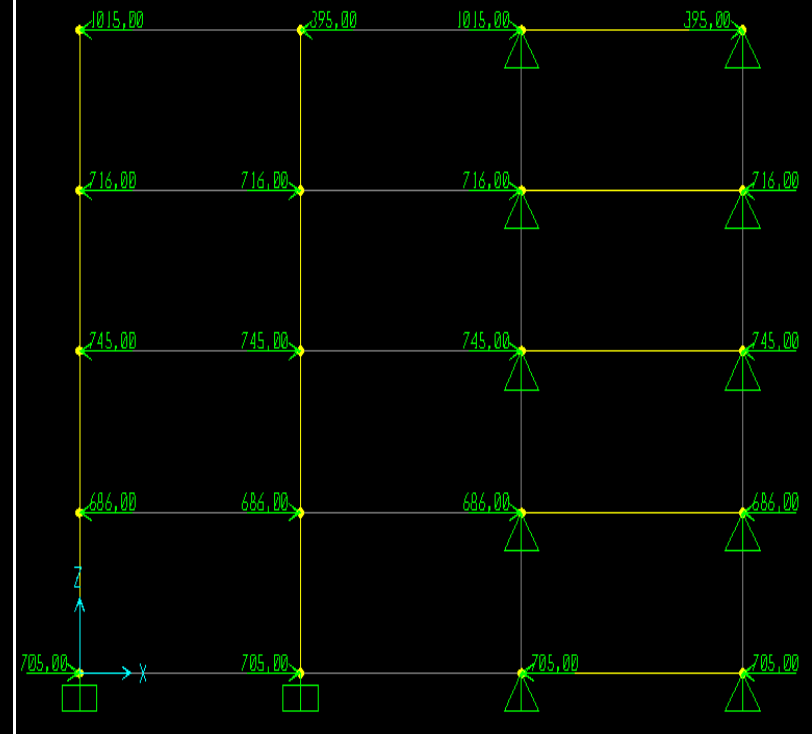
* SAP2000 programıyla hesaplanan değerlerdir. Tabloda bundan sonraki tüm hesaplamalarda bu değerler kullanılacaktır.

† En alt katta yay olmadığı için bu değer hesaplanmamıştır.

‡ Bu kat için hesaplanan koyu renkle yazılmış (P_{si}) değeri, (R_{bs}) simgesi altında mesnet tepkisi hesabında kullanılacaktır.

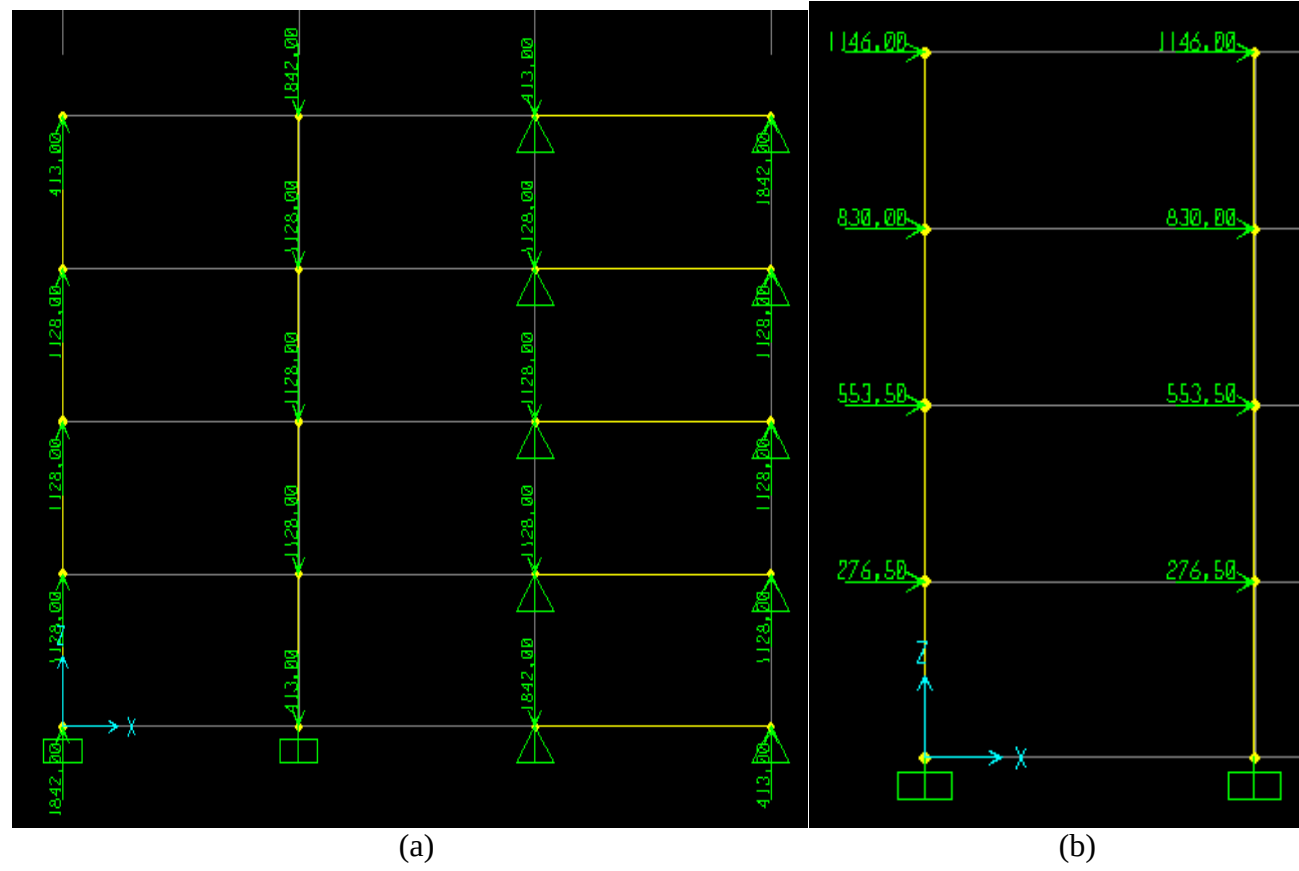


(a)

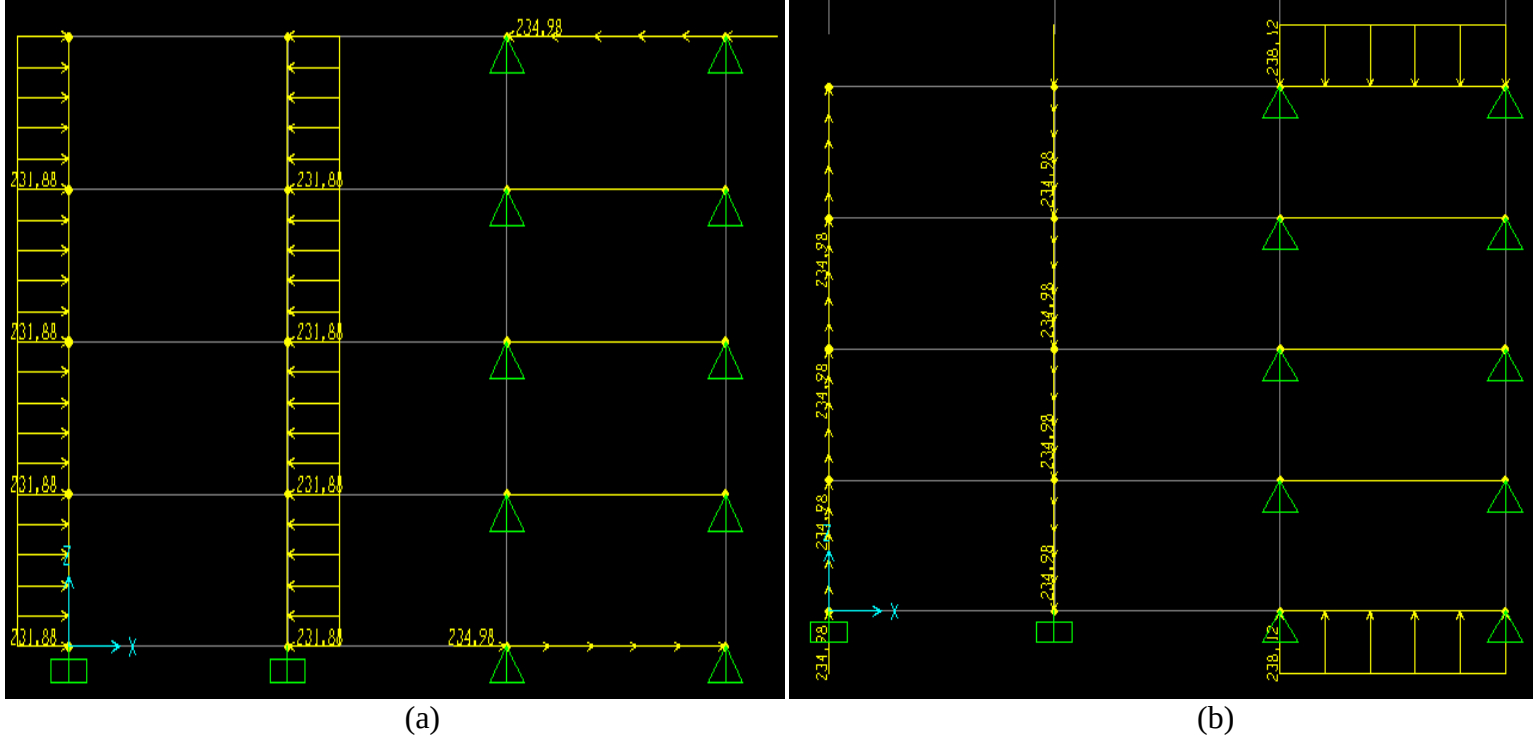


(b)

Şekil 5.15: 4 katlı model 1. bölüm-2. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) Moment, (b) Kesme kuvveti (DSE) ve Normal kuvvet (YSE)



Şekil 5.16: 4 katlı model 1. bölüm-2. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) Normal kuvvet (DSE) ve Kesme kuvveti (YSE), (b) Dış kuvvetler (deprem kuvvetleri)



Şekil 5.17: 4 katlı model 1. bölüm-2. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) ω_{xci} ve ω_{xbi} yüklemesi
 (b) ω_{yci} ve ω_{ybi} yüklemesi

Çizelge 5.6'teki veriler SAP2000 programında Şekil 5.15, Şekil 5.16 ve Şekil 5.17'deki gibi yüklenerek mesnet tepkilerinin doğruluğu kontrol edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 231,88 \times 12 + 705 - 686 - 745 - 716 - 1015 + \frac{5612}{2}$$

$$R_{xl} = 3131 \text{ kN (3132 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,98 \times 12 + 1842 + 1128 + 1128 + 1128 + 413 = 8458 \text{ kN (8459 kN)}$$

$$R_{yl} = 8458 \text{ kN (8459 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -231,88 \times 12 + 705 + 686 + 745 + 716 - 395 + \frac{5612}{2}$$

$$R_{xr} = 2480 \text{ kN (2480 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,98 \times 12 - 1842 - 1128 - 1128 - 1128 - 413$$

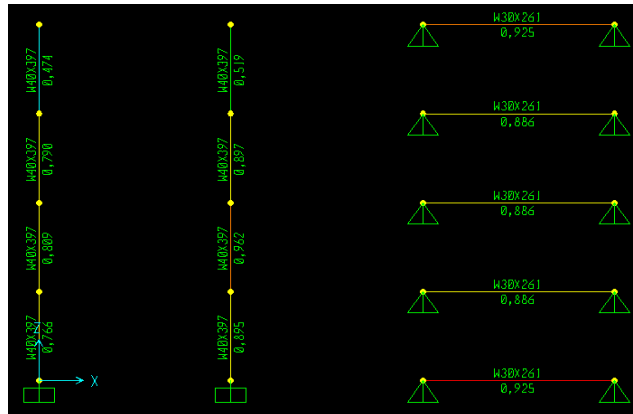
$$R_{yr} = -8458 \text{ kN (-8459 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 programından elde edilen değerlerdir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra LRFD yönetmeliğine [46] göre tasarım yapılır. 2. aşama sonunda

YSE için W 30 x 261 ($A_b = 0,0495 \text{ m}^2$, $Z_b = 0,0154 \text{ m}^3$)

DSE için W 40 x 397 ($A_c = 0,0755 \text{ m}^2$, $I_c = 0,0133 \text{ m}^4$)

profilleri bulunur (Şekil 5.18).



Şekil 5.18: 4 katlı model 1. bölüm-2. aşama sonundaki YSE ve DSE profilleri ile kapasite oranları

Benzer biçimde, verilen profil özellikleri kullanılarak ANSI/AISC 341-05 [44] yönetmeliğinde önerilen bağıntı yardımıyla (α) açısı

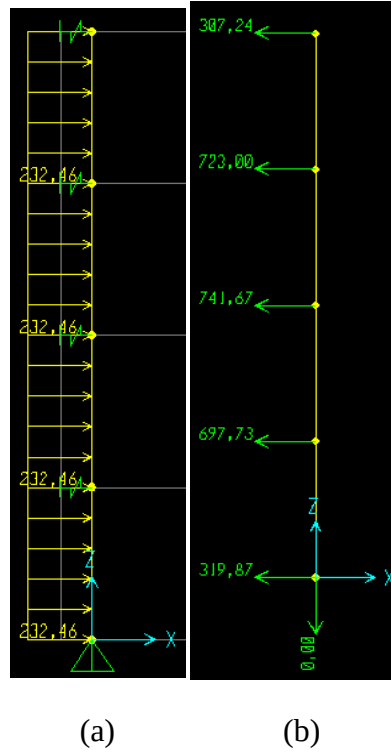
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\sqrt[4]{\frac{1 + \frac{0,002 \times 6}{2 \times 0,0755}}{1 + 0,002 \times 3 \times \left(\frac{1}{0,0495} + \frac{3^3}{360 \times 0,0133 \times 6} \right)}} \right) = 44,69^\circ \quad (5.24)$$

olarak hesaplanır.

Böylece 2. aşama tamamlanarak 3. aşamaya geçilir. 3.aşamada, $\alpha = 44,69^\circ$ açısı ve YSE özellikleri Excel'de yerlerine yazılarak gerekli tüm değerler hesaplanır. DSE üzerinde (x) yönündeki akma etkileri,

$$\omega_{xci} = 235000 \times 0,002 \times (\sin 44,74)^\circ = 232,46 \text{ kN/m} \quad (5.25)$$

şeklinde bulunur. Bu etkilerden yola çıkarak DSE elastik model mesnet tepkileri (yay kuvvetleri) hesaplanarak (Şekil 5.19) tüm iç kuvvet ve (F_i) değerlerine ulaşılır (Çizelge 5.7), ve bu değerler etki = tepki ilkesi gereğince DSE üzerine aktarılır (Şekil 5.20, Şekil 5.21 ve Şekil 5.22).



Şekil 5.19: 4 katlı model 1. bölüm-3. aşamadaki DSE elastik modeli: (a) ω_{xci} yüklemesi, (b) yay kuvvetleri

Çizelge 5.7: 4 katlı model 1.bölüm-3.aşamadaki YSE iç kuvvetleri ve dış kuvvetler: (a) ve (b) iç kuvvetler, (c) akma etkileri, (d) dış kuvvetler ve mesnet tepkileri

Kat No	k_b (kN/m)	P_{si} (kN)	P_{si}^* (kN)	P_{bl} (kN)	P_{br} (kN)	Koşul	Koşul
0	†	-349	-320*	705	-705	1,12	1,12
1	3465000	-697	-698	-698	-698	1,12	1,12
2	3465000	-697	-742	-742	-742	1,12	1,12
3	3465000	-697	-723	-723	-723	1,12	1,12
4	3465000	-349	-307	-1012	398	1,09	1,15

(a)

Kat No	M_{pri} (kN-m)	M_{prl} (kN-m)	V_{bl} (kN)	V_{br} (kN)
0	4235	4235	2124	699
1	4235	4235	1412	1412
2	4235	4235	1412	1412
3	4235	4235	1412	1412
4	4235	4235	699	2124

(b)

Kat No	α (derece)	DSE		YSE	
		ω_{vci} (kN/m)	ω_{xci} (kN/m)	ω_{vbi} (kN/m)	ω_{xbi} (kN/m)
1	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99
2	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99
3	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99
4	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99

(c)

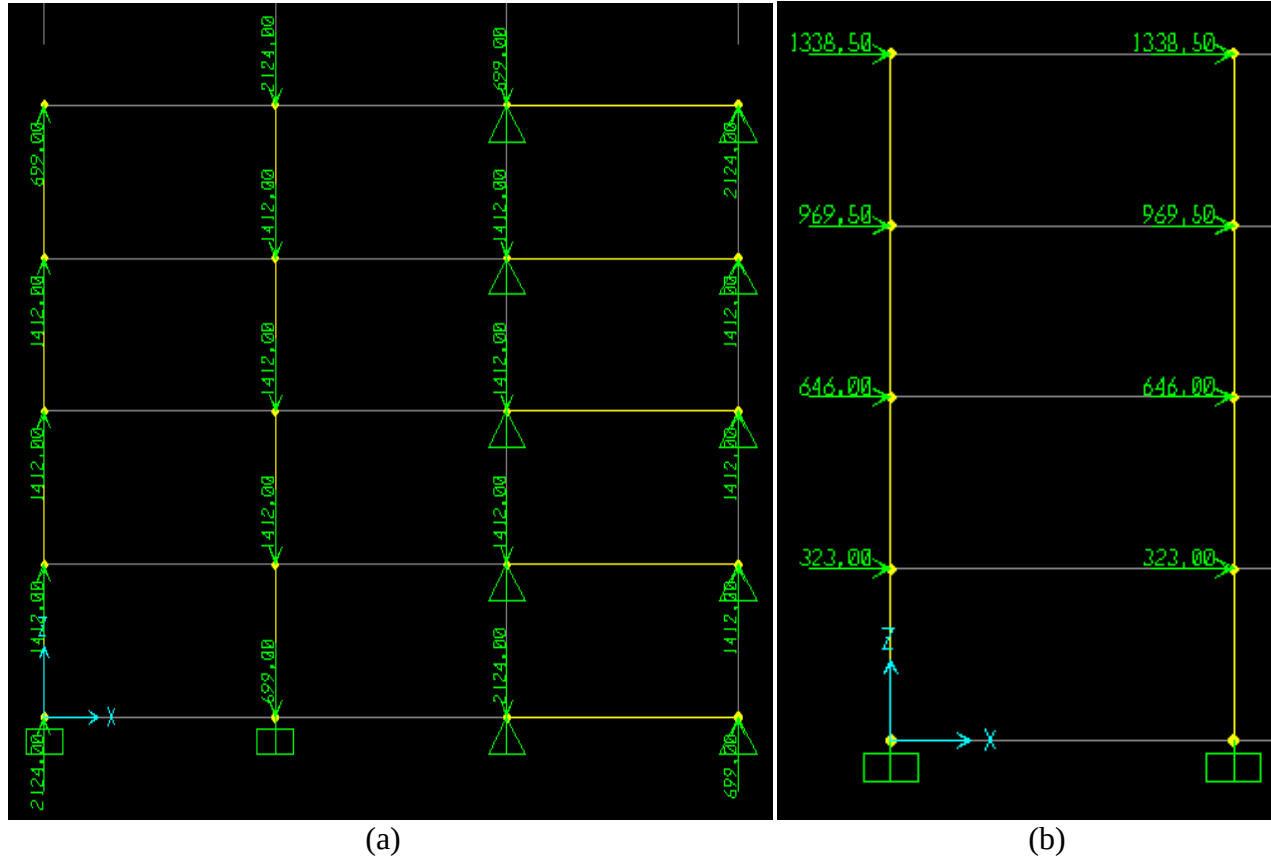
Kat No	F _i x H _i (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F _i (kN)	R _{vl} (kN)	R _{vr} (kN)	R _{xl} (kN)	R _{xr} (kN)
1	59269	71,3	142,6	213,9	295,4	646	-9878	9878	-3597	-2957
2						1292				
3						1939				
4						2677				
ΣV _i (kN)						6555				

(d)

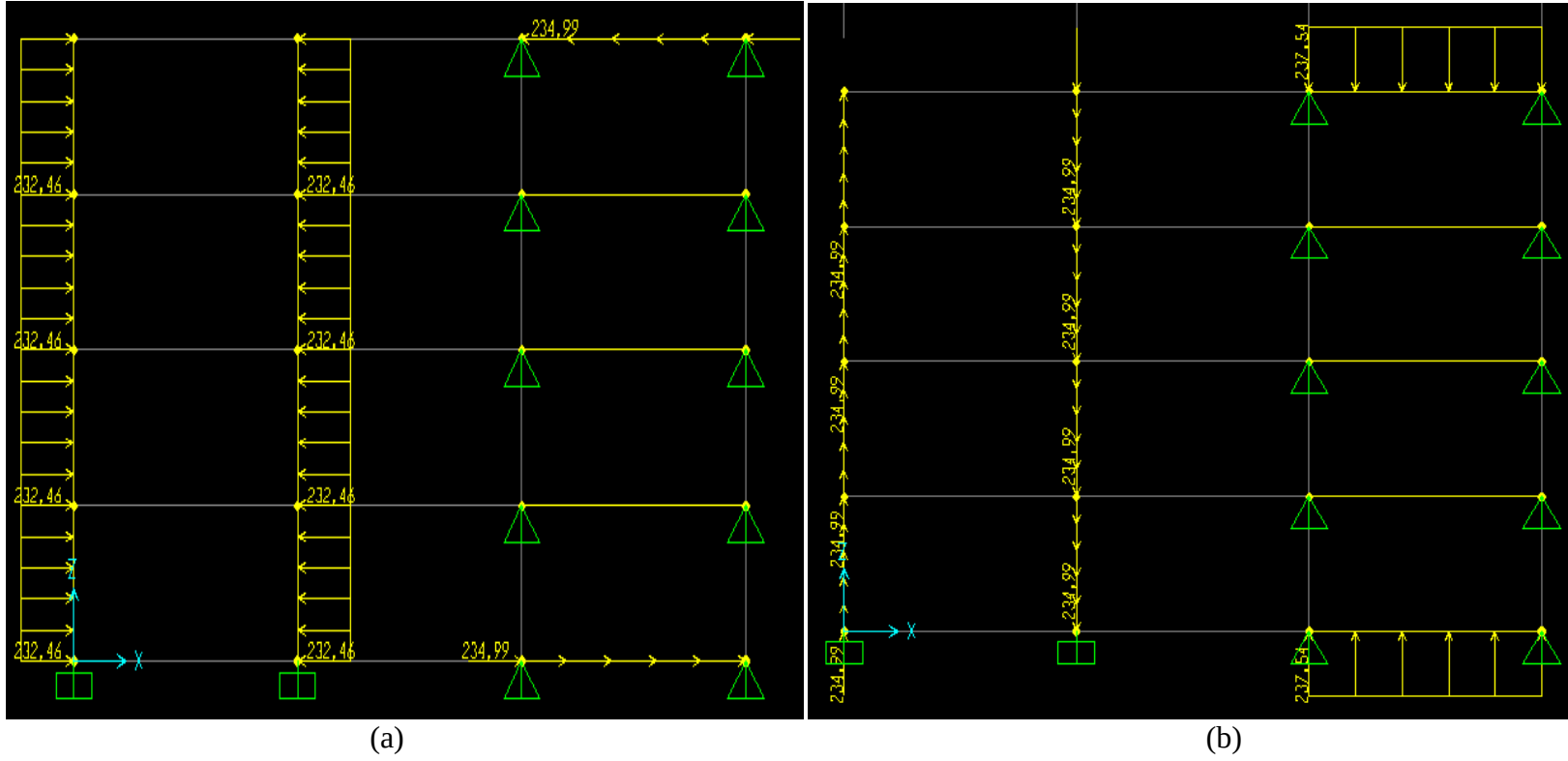
* SAP2000 programıyla hesaplanan değerlerdir. Tabloda bundan sonraki tüm hesaplamalarda bu değerler kullanılacaktır.

† En alt katta yay olmadığı için bu değer hesaplanmamıştır.

* Bu kat için hesaplanan koyu renkle yazılmış P_{si} değeri, R_{bs} simgesi altında mesnet tepkisi hesabında kullanılacaktır.



Şekil 5.21: 4 katlı model 1. bölüm-3. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) Normal kuvvet (DSE) ve Kesme Kuvveti (YSE), (b) Dış kuvvetler (deprem kuvvetleri)



Şekil 5.22: 4 katlı model 1. bölüm-3. aşamadaki etki = tepki ilkesi ile yüklenen YSE ve DSE kuvvetleri: (a) ω_{xci} ve ω_{xbi} yüklemesi
(b) ω_{yci} ve ω_{ybi} yüklemesi

Çizelge 5.7'teki veriler SAP2000 programında Şekil 5.20, Şekil 5.21 ve Şekil 5.22'deki gibi yüklenerek mesnet tepkilerinin doğruluğu kontrol edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 232,46 \times 12 + 705 - 698 - 742 - 723 - 1012 + \frac{6555}{2}$$

$$R_{xl} = 3597 \text{ kN (3597 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,99 \times 12 + 2124 + 1412 + 1412 + 1412 + 699 = 9878 \text{ kN (9879 kN)}$$

$$R_{yl} = 9878 \text{ kN (9879 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -232,46 \times 12 + 705 + 698 + 742 + 723 - 398 + \frac{6555}{2}$$

$$R_{xr} = 2957 \text{ kN (2957 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,99 \times 12 - 2124 - 1412 - 1412 - 1128 - 699$$

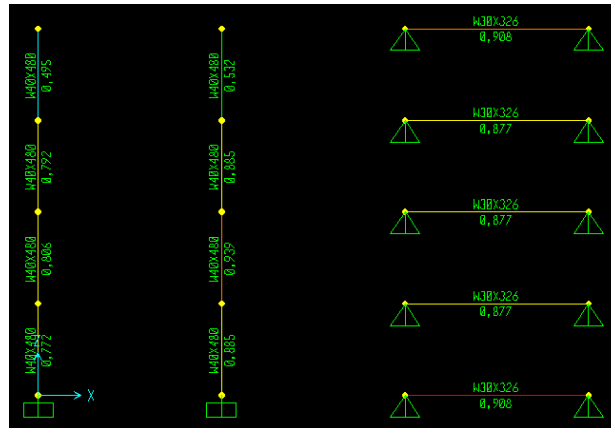
$$R_{yr} = -9878 \text{ kN (-9879 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 programından elde edilen değerlerdir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra LRFD yönetmeliğine [46] göre tasarım yapılır. 3. aşama sonunda

YSE için W 30 x 326 ($A_b = 0,0618 \text{ m}^2$, $Z_b = 0,0195 \text{ m}^3$)

DSE için W 40 x 480 ($A_c = 0,0903 \text{ m}^2$, $I_c = 0,0164 \text{ m}^4$)

profilleri bulunur (Şekil 5.23).



Şekil 5.23: 4 katlı model 1. bölüm-3. aşama sonundaki YSE ve DSE profilleri ile kapasite oranları

Yine, verilen profil özellikleri kullanılarak ANSI/AISC 341-05 [44] yönetmeliğinde önerilen bağıntı yardımıyla (α) açısı

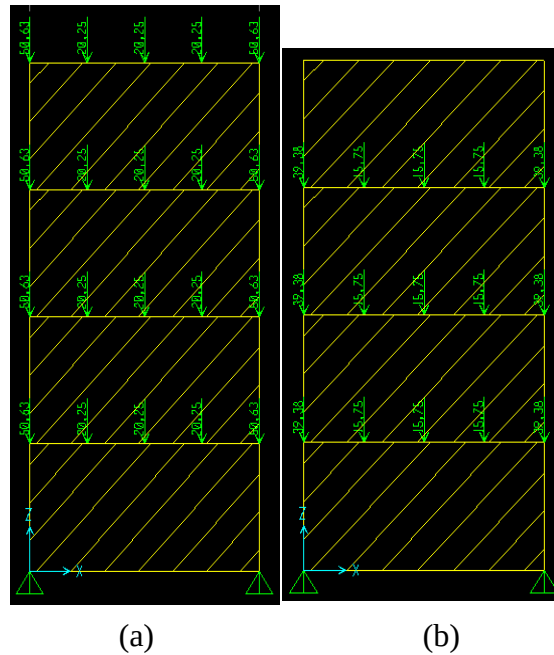
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\sqrt[4]{\frac{1 + \frac{0,002 \times 6}{2 \times 0,0903}}{1 + 0,002 \times 3 \times \left(\frac{1}{0,0618} + \frac{3^3}{360 \times 0,0164 \times 6} \right)}} \right) = 44,77^\circ \quad (5.26)$$

olarak hesaplanır.

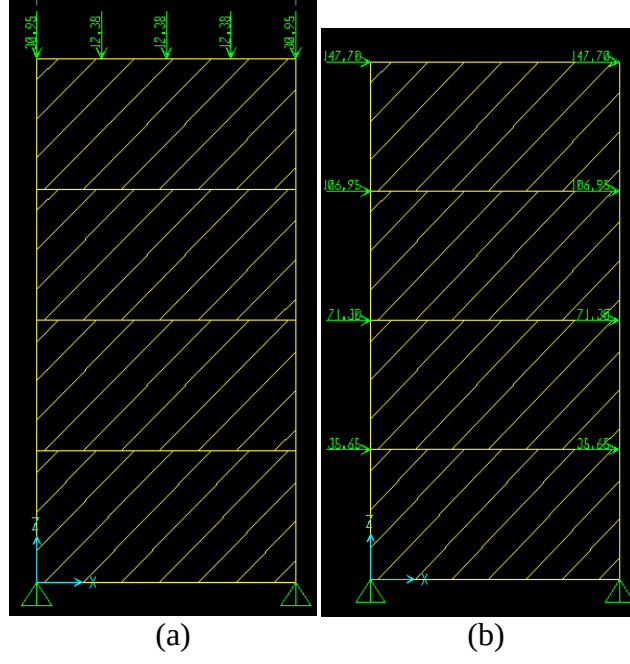
Böylece (ÖY+AYY-1.bölüm) tamamlanmış olur. (ÖY+AYY-2.bölüm)'de şeritli modelin tasarımı yapılacaktır. Şeritlerin geometrisi, boyutları

$$A_s = \frac{(L \times \cos 44,77 + 3 \times \sin 44,77)}{10} \times 0,002 = 0,635m \times 0,002m \quad (5.27)$$

olan dikdörtgen şeklinde düşünülebilir. (ÖY+AYY-1.bölüm)'de bulunan profiller ile oluşturulan çerçeveye şeritler de ilave edilir ve 4 katlı modelin şeritli biçimi hazırlanmış olur. Gerçek deprem kuvvetleri ve düşey yükler ilave edilerek (Şekil 5.24 ve Şekil 5.25) SAP2000 programı yardımıyla yapılan hesaplamada, ANSI/AISC 341-05 [44] yönetmeliği uyarınca dış çerçeve profilleri aynı kalarak yalnızca ara kat YSE profilleri azaltılmıştır. Ara kat YSE'lerin görevi sistemin DSE'leri arasındaki mesafeyi olabildiğince korumak ve düşey yükleri taşımak olarak düşünülebilir.

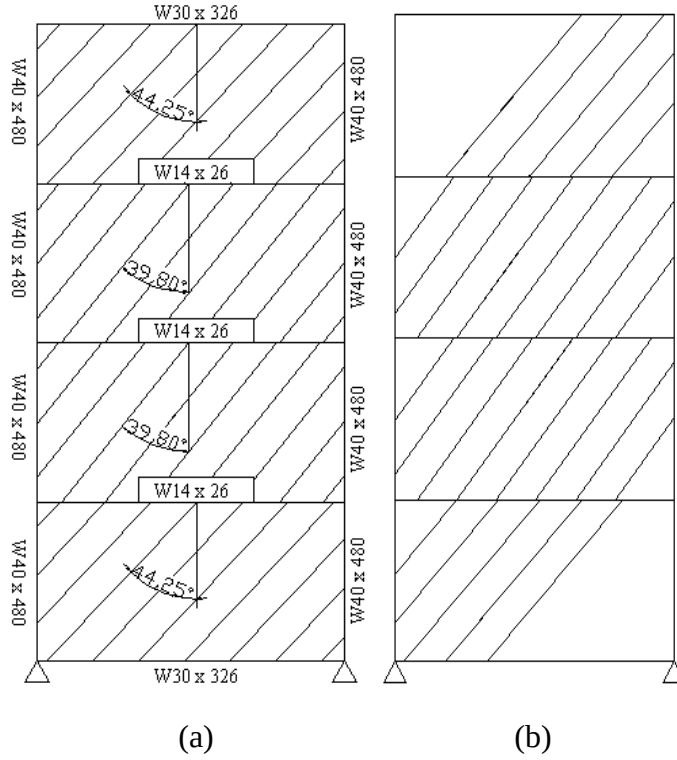


Şekil 5.24: 4 katlı şeritli model yüklemeleri: (a) D yüklemesi, (b) L yüklemesi



Şekil 5.25: 4 katlı şeritli model yüklemeleri: (a) L_r yüklemesi, (b) E yüklemesi

Bu yüklemeler sonucunda ara kat YSE profillerindeki azaltmadan sonra (α) açısı değişecektir. Yeni (α) açısı hesaplanır ve şeritli modelin son hali oluşturulur (Şekil 5.26).



Şekil 5.26: 4 katlı şeritli model: (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler

Tasarımın güvenle sonlandırılması için şeritli modelin son şekli kullanılarak yapının ötelenme ve dayanım kontrolleri yapılmalıdır. ASCE/SEI 7-05 yönetmeliğinde [9] söz konusu her iki kontrol için kriterler verilmiştir. Bu çalışma kapsamında analizi yapılan tüm modellerde

$$T_a < T_{modal} \quad (5.28)$$

durumu olduğu için aşağıdaki kontrollerde (T_{modal}) değerine karşı gelen deprem yüklerinin (T_a)'ya göre daha az olması nedeniyle gerek kalmamaktadır. Ancak, verilen sayısal örneğin devamı olarak kontroller yapılmıştır.

Ötelenme kontrolü

ASCE/SEI 7-05 yönetmeliğinde [9] verilen kritere göre yapının ötelenme kontrolü (T_{modal}) değeri altında yapılmaktadır. Yapının, ampirik bağıntıdan bulunan periyot değeri ve buna karşı gelen $S(T_1)$ değeri

$$T_a = 0.32 \text{ sn} \longrightarrow S(T_1) = 2,37 \quad (5.29)$$

modal analiz sonucunda bulunan değer ise

$$T_{modal} = 0,55 \text{ sn} \longrightarrow S(T_1) = 1,54 \quad (5.30)$$

olarak hesaplanmıştır. Yapının (T_{modal}) değerine karşı gelen yeni deprem yüklerini hesaplamak için, yapının (T_a) değerine karşı gelen deprem yükleri

$$\frac{1,54}{2,37} = 0,65 \quad (5.31)$$

ile çarpılabilir. Bu çarpım sonucunda elde edilen deprem yükleri altında görelî kat ötelenmeleri hesaplanmış ve DBYBHY'de [1] verilen

$$\frac{R_a(\delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0,02 \quad (5.32)$$

koşulu altında kontrol edilerek aşağıdaki Çizelge 5.8'de verilmiştir:

Çizelge 5.8: 4 katlı modelde görelî kat ötelenmeleri ve kontroller

KAT NO	d_i (m)	Δ_i^* (m)	$\delta_i = R_a \times \Delta_i$ (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}}$ (m)	h_i (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}} / h_i$	Ötelenme Kontrol	Dayanım Kontrol [†]
1	0,0037	0,0037	0,0259	0,0329	3	0,011	< 0,02 ✓	✓
2	0,0084	0,0047	0,0329					
3	0,0126	0,0042	0,0294					
4	0,0154	0,0028	0,0196					

Çizelge 5.8’den de anlaşılacağı üzere ötelenme miktarı istenilen sınırın altında kalmaktadır.

Dayanım kontrolü

ASCE/SEI 7-05 yönetmeliğinde [9] verilen kritere göre yapının ötelenme kontrolü için öncelikle (C_u) değeri belirlenmelidir. Bu değer, ampirik bağıntılardan elde edilen (T_a) değeri ile çarpılarak ($C_u T_a$) değerine ulaşılır. Bu değer yapıların (T_1) değeri için bir üst sınır oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında $C_u = 1,4$ olarak alınmıştır.

$C_u = 1,4$ değeri altında periyot için verilen üst sınır

$$T_{\text{üst}} = 1,4 \times 0,32 = 0,45 \text{ sn} \quad (5.33)$$

olarak hesaplanmıştır. Bu değer yapının T_{modal} değeriyle karşılaştırılırsa

$$T_{\text{modal}} = 0,55 \text{ sn} > C_u T_a = 0,45 \text{ sn} \quad (5.34)$$

olduğu görülür. Böylece yapının dayanım kontrolünde ($C_u T_a$) değerine karşı gelen deprem yüklerinin kullanılması gereği ortaya çıkar. Yapının ampirik bağıntıdan bulunan periyot değeri ve buna karşı gelen $S(T_1)$ değeri

$$T_a = 0,32 \text{ sn} \longrightarrow S(T_1) = 2,37 \quad (5.35)$$

modal analiz sonucunda bulunan değerler ise

$$T_{\text{modal}} = 0,45 \text{ sn} \longrightarrow S(T_1) = 1,81 \quad (5.36)$$

olarak hesaplanmıştır. ($C_u T_a$) değerine karşı gelen deprem yüklerini hesaplamak için yapının (T_a) değerine karşı gelen deprem yükleri

$$\frac{1,81}{2,37} = 0,76 \quad (5.37)$$

* $\Delta_i = d_i - d_{i-1}$

† Dayanım kontrolü için deprem yükleri 0,76 ile çarpılmıştır.

ile çarpılabilir. Yeni deprem yükleri altında yapılan dayanım kontrollerinde sorun çıkmamıştır.

Böylece bir ÇLPS modeli için sayısal bir örnek tamamlanmış olur. Elde edilen şeritli modeldeki akan şeritler incelendiğinde tüm yükseklik boyunca yaklaşık olarak her bir şeridin aktığı görülmüştür. Bu durum ÇLPS'ler için yapılan varsayımlarla paralel istenen bir durumdur. Bu çalışma kapsamında yapılan diğer ÇLPS modellerinin çözümleri EK-A'da verilmiştir.

4, 5, 6 ve 8 katlı tüm modellere ilişkin profiller ve α açısı değerleri sırasıyla Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10'da özet olarak verilmiştir. Söz konusu çizelgelerde sonuç profil ve (α) açıları koyu renkle belirtilmiştir. Çizelge 5.9'da görüldüğü üzere, 4 ve 6 katlı modellerin ilk aşamaları dışında, $\alpha=30^\circ$ çözümü (i) nolu aşamadaki profiller ile $\alpha=45^\circ$ çözümü (i+1) nolu aşamadaki profiller aynıdır.

Çizelge 5.9: Tüm modellerdeki YSE ve DSE profil özeti

4 KATLI MODEL	5 KATLI MODEL	6 KATLI MODEL	8 KATLI MODEL
$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 30^\circ$
1.AŞAMA	1.AŞAMA	1.AŞAMA	1.AŞAMA
W 30 x 211	W 30 x 211	W 30 x 211	W 30 x 211
W 40 x 324	W 40 x 397	W 40 x 431	W 40 x 593
2.AŞAMA	2.AŞAMA	2.AŞAMA	2.AŞAMA
W 30 x 261	W 30 x 261	W 30 x 261	W 30 x 261
W 40 x 397	W 40 x 480	W 40 x 531	W 40 x 655
3.AŞAMA	3.AŞAMA	3.AŞAMA	3.AŞAMA
W 30 x 326	W 30 x 326	W 30 x 326	W 30 x 326
W 40 x 480	W 40 x 531	W 40 x 655	W 36 x 798
$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 45^\circ$
1.AŞAMA	1.AŞAMA	1.AŞAMA	1.AŞAMA
W 30 x 173	W 30 x 173	W 30 x 173	W 30 x 173
W 40 x 268	W 40 x 324	W 40 x 362	W 40 x 480
2.AŞAMA	2.AŞAMA	2.AŞAMA	2.AŞAMA
W 30 x 211	W 30 x 211	W 30 x 211	W 30 x 211
W 40 x 362	W 40 x 397	W 40 x 480	W 40 x 593
3.AŞAMA	3.AŞAMA	3.AŞAMA	3.AŞAMA
W 30 x 261	W 30 x 261	W 30 x 261	W 30 x 261
W 40 x 397	W 40 x 480	W 40 x 531	W 40 x 655
4.AŞAMA	4.AŞAMA	4.AŞAMA	4.AŞAMA
W 30 x 326	W 30 x 326	W 30 x 326	W 30 x 326
W 40 x 480	W 40 x 531	W 40 x 655	W 36 x 798
5.AŞAMA	5.AŞAMA	5.AŞAMA	5.AŞAMA
W 30 x 391	W 30 x 391	W 30 x 391	*
W 40 x 593	W 40 x 655	W 36 x 798	

* Yapılan varsayımlardan dolayı, 8 katlı modelde hesapların dört aşamada bitirilmesi uygun görülmüştür.

Çizelge 5.10: Tüm modellerdeki (α) açılarının özeti

4 KATLI MODEL	5 KATLI MODEL	6 KATLI MODEL	8 KATLI MODEL
$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 30^\circ$
1.AŞAMA	1.AŞAMA	1.AŞAMA	1.AŞAMA
44,62	44,51	44,48	44,35
2.AŞAMA	2.AŞAMA	2.AŞAMA	2.AŞAMA
44,69	44,61	44,57	44,50
3.AŞAMA	3.AŞAMA	3.AŞAMA	3.AŞAMA
44,77	44,72	44,65	44,60
$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 45^\circ$
1.AŞAMA	1.AŞAMA	1.AŞAMA	1.AŞAMA
44,55	44,42	44,36	44,23
2.AŞAMA	2.AŞAMA	2.AŞAMA	2.AŞAMA
44,56	44,51	44,43	44,35
3.AŞAMA	3.AŞAMA	3.AŞAMA	3.AŞAMA
44,69	44,61	44,57	44,50
4.AŞAMA	4.AŞAMA	4.AŞAMA	4.AŞAMA
44,77	44,72	44,65	44,60
5.AŞAMA	5.AŞAMA	5.AŞAMA	5.AŞAMA
44,79	44,76	44,70	†

† Yapılan varsayımlardan dolayı, 8 katlı modelde hesapların dört aşamada bitirilmesi uygun görülmüştür.

5.2 Genel Değerlendirme

5.2.1 Elde edilen sonuçlar

İncelenen 4, 5, 6 ve 8 katlı modellerin verileri dikkate alındığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır:

- Ardışık yaklaşım (k) katlı modellerin farklı (α) başlangıç açıları altındaki profillerinin aynı olması ilkesine dayandırılmıştır. Buradan hareketle $\alpha = 30^\circ$ için üçüncü aşama sonunda, $\alpha = 45^\circ$ için ise beşinci aşama sonunda ortak YSE ve DSE profillerine ulaşılmış, (ÖY+AYY-2.bölüm)'de bu profiller kullanılmıştır. Pratik uygulamalarda ardışık yaklaşım, seçilen (α) başlangıç açısı üzerinde yapılacağı için açı benzerliğine bağlı olarak yapılması uygundur. Çizelge 5.11'de açı benzerliğine bağlı olarak oluşan rölatif hata oranları verilmiştir.

Çizelge 5.11: Tüm modellerdeki (α) açılarının karşılaştırılması: (a) $\alpha=30^\circ$, (b) $\alpha=45^\circ$

$\alpha=30^\circ$	2.aşama	3.aşama	Rölatif Hata (%)
4 Katlı Model	44,74	44,77	0,07
5 Katlı Model	44,61	44,72	0,25
6 Katlı Model	44,57	44,65	0,18
8 Katlı Model	44,50	44,60	0,22

(a)

$\alpha=45^\circ$	3.aşama	4.aşama	Rölatif Hata (%)
4 Katlı Model	44,69	44,77	0,18
5 Katlı Model	44,61	44,72	0,25
6 Katlı Model	44,57	44,65	0,18
8 Katlı Model	44,50	44,60	0,22

(b)

Bu tablodan anlaşılacağı üzere ardışık yaklaşım ilkesi açı benzerliği üzerinde yapıldığında rölatif hata oranlarının çok küçük mertebelerde olduğu görülmektedir.

- Seçilen geometrik özellikler altında $\alpha = 30^\circ$ veya $\alpha = 45^\circ$ gibi farklı (α) başlangıç açıları ile başlanılsa bile (α) açısı 45° ye yakınsamaktadır. Şeritli model için (α) açısı 39° ile 45° arasında değişmektedir. (α) açısındaki küçük farklılıklar profil boyutlarında önemli değişikliklere yol açmaktadır.
- YSE için Excel tablosu hesap aşamaları her iki farklı başlangıç açısı altında aynıdır. Bu yüzden YSE tüm modellerde aynı olacak şekilde tasarlanmıştır. (YSE için W30 x 326 profili tasarım kriterine bağlı olarak seçilmiştir.)
- DSE profilleri kat sayısına bağlı olarak değiştiği için hesaplanmaları gereklidir.

- (ÖY+AYY-1.bölüm)'de bulunan sonuç α açıları ile kat yüksekliği ters orantılıdır. Örneğin, 4 katlı modelde $44,77^\circ$ olarak hesaplanmış (α) açısı, 8 katlı modelde $44,60^\circ$ değerini almıştır (Çizelge 5.10).
- (ÖY+AYY)'nin her aşamasında sistemin yatay ve düşey kuvvet dengesi sağlanmaktadır. Bazı aşamalarda yuvarlamalardan dolayı küçük farkların oluştuğu gözlenmiştir.
- Şeritli model kendi içinde çok rijit bir yapı oluşturduğundan ve bu çalışma kapsamında yapılan varsayımlar nedeniyle kat ötelenmeleri ANSI/AISC 341-05 yönetmeliğinde [44] verilen sınır değerlerden küçüktür. Diğer bir deyişle, (ÖY+AYY) kullanılarak yapılan kapasite tasarımı sonucu bulunan profiller oldukça güçlüdür.

Bir proje kapsamında aynı geometri ve malzeme özelliklerine sahip, farklı yüksekliklerde ÇLPS'nin kullanıldığı düşünülürse bu tür (k) çok katlı ÇLPS'nin boyutlandırılması için iki yol izlenebilir:

- a. Projedeki her bir ÇLPS için Excel ve SAP2000 programları yardımıyla tablo ve modelleri hazırlanır. Proje mühendisinin yaptığı mühendislik yaklaşımları çerçevesinde istenilen (α) başlangıç açısı ile başlanır ve belirlenen bir aşamada ardışık yaklaşımın birinci bölümü sonlandırılır. İkinci bölüm sonunda sonuç kesitler belirlenir. Böylece proje kapsamındaki tüm ÇLPS boyutlanır. Ancak, her bir model için ayrı ayrı Excel ve SAP2000 dosyalarını hazırlamak oldukça zaman alabilmektedir.
- b. Yukarıdaki kısıtlamalar altında seçilen bir model (genelde en düşük katlı model) verileri kullanılarak (k) çok katlı ÇLPS kolayca boyutlanabilir. İkinci bölüm de tamamlanarak sonuç kesitler elde edilir. Böylece proje kapsamındaki tüm ÇLPS boyutlanmış olur.

Yukarıda sözü edilen ikinci yol zaman açısından birincisine oranla daha kazançlı olup *Önerilen Yönteme Dayanan Kısaltılmış Yöntemi (ÖY+KY)* olarak isimlendirilmiştir.

5.2.2 Önerilen yönteme dayanan kısaltılmış yöntem (ÖY+KY)

YSE tüm modellerde aynı olduğu için YSE'den DSE'ye aktarılan etkiler de aynı olacaktır. Bu etkiler:

- *Moment:* Excel tabloları incelendiğinde 4235 kN-m olarak bulunur.

- *Kesme Kuvveti*: Excel tabloları incelendiğinde tüm ara katlar için 1412 kN, sol en alt ve sağ en üst katta 2124 kN, sağ en alt ve sol en üst katta 699 kN olarak alınabilir.
- *Akma Etkileri*: Excel tabloları incelendiğinde $\alpha = 44,69^\circ$ olarak alınabilir (Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12: Akma etkileri

KAT NO	$\alpha(\text{derece})$	KOLONLAR		KİRİŞLER	
		$\omega_{yci}(\text{kN/m})$	$\omega_{xci}(\text{kN/m})$	$\omega_{ybi}(\text{kN/m})$	$\omega_{xbi}(\text{kN/m})$
1	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99
2	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99
3	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99
4	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99

- *Deprem Yükleri*: Çalışılan her modelin kendi katları arasında, (ÖY+AYY) sonucu bulunan (F_i) kuvvetleri ile modellerin EDYY'ye göre hesabı sonucu bulunan kat deprem yükleri arasında sabit bir oran vardır. Bu oran aşağıdaki Çizelge 5.13'te gösterilmiştir:

Çizelge 5.13: Deprem yükleri: (a) 4 katlı model, (b) 5 katlı model, (c) 6 katlı model, (d) 8 katlı model

KAT NO	(ÖY+AYY) F_i kuvvetleri (kN)	EDYY deprem kuvvetleri (kN)	Oran
1	646	71,3	9,06
2	1292	142,6	9,06
3	1939	213,9	9,06
4	2677	295,4	9,06
V_t	6555	723,2	9,06

(a)

KAT NO	(ÖY+AYY) F_i kuvvetleri (kN)	EDYY deprem kuvvetleri (kN)	Oran
1	422	51,5	8,19
2	843	102,9	8,19
3	1266	154,4	8,19
4	1687	205,8	8,19
5	2267	276,6	8,19
V_t	6485	791,2	8,19

(b)

KAT NO	(ÖY+AYY) F_i kuvvetleri (kN)	EDYY deprem kuvvetleri (kN)	Oran
1	296	38,9	7,61
2	592	77,8	7,61
3	888	116,7	7,61
4	1183	155,5	7,61
5	1479	194,4	7,61
6	1992	261,8	7,61
V_t	6430	845,1	7,61

(c)

KAT NO	(ÖY+AYY) F_i kuvvetleri (kN)	EDYY deprem kuvvetleri (kN)	Oran
1	167	25,2	6,63
2	334	50,4	6,63
3	501	75,6	6,63
4	669	100,9	6,63
5	835	126,1	6,63
6	1002	151,3	6,63
7	1169	176,5	6,63
8	1662	250,9	6,63
V_t	6340	956,9	6,63

(d)

Çizelge 5.13'ten yola çıkılarak, 4 katlı model için 9,06, 5 katlı model için 8,19 ve 6 katlı model için 7,61 sabit oranları kullanılıp bir bağıntı elde edilmeye çalışılmıştır.

Excel yardımıyla yaklaşık olarak bulunan bu bağıntı

$$y = 16,44x^{-0,43} \quad (R^2 = 0,998) \quad (5.38)$$

şeklindedir. Burada, y = sabit orana, x = kat sayısına karşı gelmektedir.

Bu bağıntı yardımıyla 8 katlı model için sabit oran

$$y = 16,44x8^{-0,43} = 6,72 \quad (5.39)$$

olarak bulunur. Gerçek değeri olan 6,63 ile karşılaştırıldığı zaman hata oranı

$$\frac{6,72 - 6,63}{6,63} \times 100 = \%1,36 \quad (5.40)$$

olmaktadır. (5.38) bağıntısı ile hesaplanan sabit oran ile elde edilen (F_i) kuvvetleri ile gerçek değerleri Çizelge 5.14'te özetlenmiştir:

Çizelge 5.14: (F_i) kuvvetlerinin karşılaştırılması

Bağıntı yardımıyla bulunan (F_i) değerleri (kN)	(ÖY+AYY) (F_i) kuvvetleri (kN)	Rölatif hata oranı (%)
169	167	1,19
339	334	1,49
508	501	1,39
678	669	1,34
847	835	1,43
1017	1002	1,49
1186	1169	1,45
1686	1662	1,44

Rölatif hata oranı pozitifdir. Bunun anlamı, bağıntı yardımıyla bulunan değerlerin daha büyük olması ve güvenli tarafta kalınmasıdır. Bu oranın 1,19 ile 1,49 arasında olması kabul edilebilirlik açısından uygundur.

- Normal Kuvvet:** Excel tabloları incelendiğinde sol DSE en üst katta 1012 kN, sağ DSE en üst katta 398 kN, sol DSE en alt katta 705 kN, sağ DSE en alt katta 705 kN olarak alınabilir. Ara kat değerleri için, dört katlı modelin ara katlarındaki normal kuvvet değerlerinin ortalaması alınabilir. Tabana göre momentlerin karşılaştırılması

sonucunda hata oranı belirlenebilir. Buna göre dört katlı modelin ara kat normal kuvvet değerlerinin ortalaması

$$P_{ORT} = \frac{698 + 742 + 723}{3} = 721 \text{ kN} \quad (5.41)$$

olarak hesaplanır. Bu değer 8 katlı modelde ara katlara etkitilebilir. Böylece 8 katlı modelin tabanındaki moment değeri

$$M_T = 721 * (3 + 6 + 9 + 12 + 15 + 18 + 21) = 60564 \text{ kNm} \quad (5.42)$$

olur. 8 katlı modelin tabanındaki gerçek moment değeri ise

$$M_G = 692 * 3 + 719 * 6 + 696 * 9 + 691 * 12 + 694 * 15 + 710 * 18 + 715 * 21$$

$$M_G = 59151 \text{ kNm} \quad (5.43)$$

olarak hesaplanır. Rölatif hata

$$\frac{60564 - 59151}{59151} * 100 = \%2,38 \quad (5.44)$$

şeklinde bulunur. Pozitif olması yine güvenli tarafta kalındığı anlamına gelmektedir.

Yukarıda detayları anlatılan (ÖY+KY)'nin uygulanması sonucunda elde edilen iç kuvvet diyagramları ile (ÖY+AYY) uygulanarak çözülen sistemin iç kuvvet diyagramları karşılaştırılmıştır (Çizelge 5.15). SAP2000 programındaki bazı değerlerin okunma zorluğu nedeniyle sistemdeki iç kuvvet diyagramları Excel programı kullanılarak çizilmiştir (Şekil 5.27, Şekil 5.28 ve Şekil 5.29).

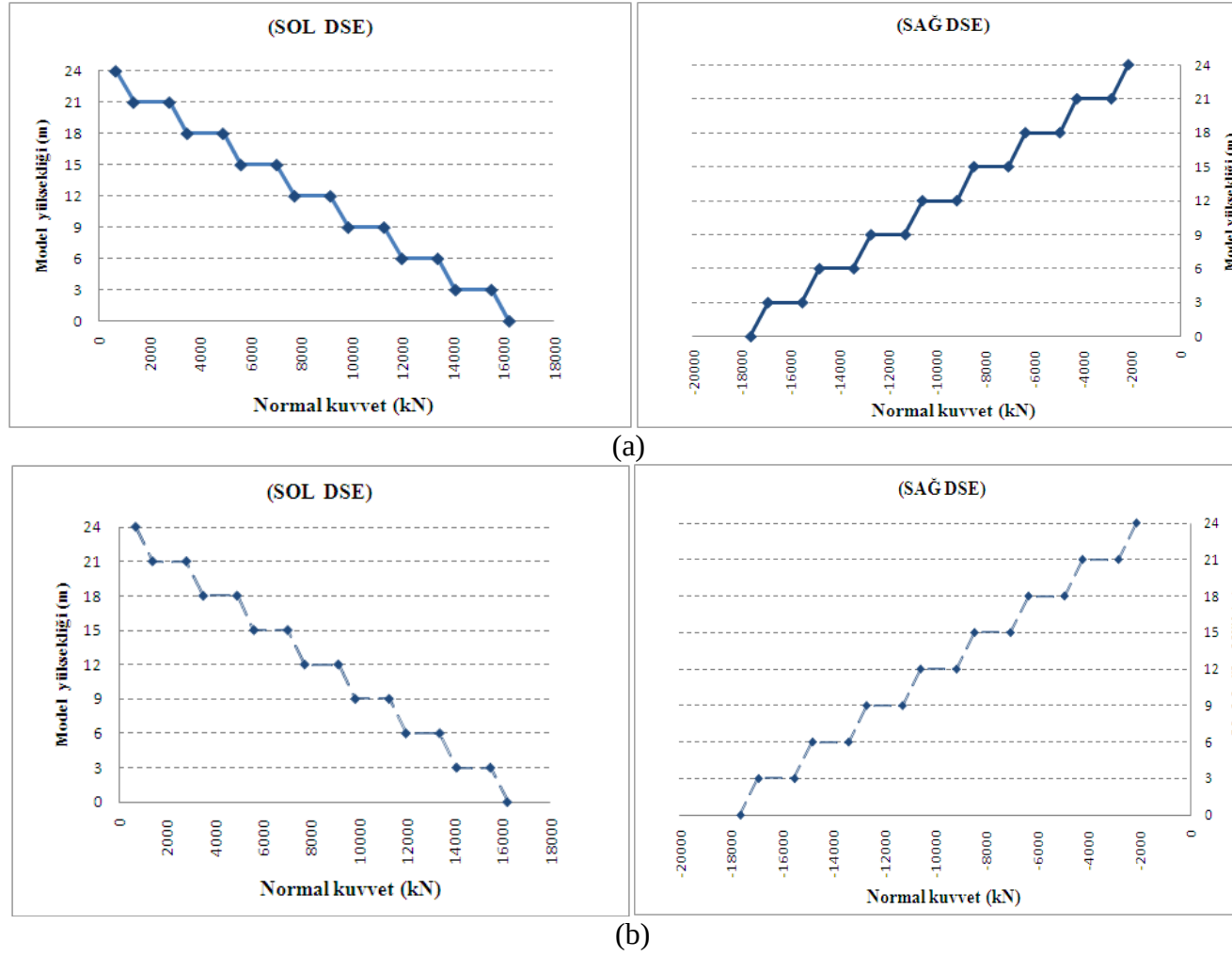
Çizelge 5.15: 8 katlı modelin iç kuvvet değerleri: (a) (ÖY+AYY), (b) (ÖY+KY)

KAT YÜKSEK LİĞİ (m)	8 katlı model (ÖY+AYY)					
	Normal kuvvet		Kesme kuvveti		Moment	
	Sol DSE	Sağ DSE	Sol DSE	Sağ DSE	Sol DSE	Sağ DSE
24	694	-2129	-180	432	-4235	-4235
21	1399	-2834	513	-261	-3736	-3978
21	2811	-4246	382	1039	-7971	-8213
18	3516	-4951	1075	346	-5785	-6136
18	4928	-6363	866	1557	-10020	-10371
15	5632	-7068	1559	864	-6384	-6738
15	7045	-8480	1282	1976	-10619	-10973
12	7750	-9185	1975	1283	-5733	-6085
12	9162	-10597	1618	2309	-9968	-10320
9	9866	-11301	2311	1616	-4074	-4433
9	11278	-12713	1866	2563	-8309	-8668
6	11983	-13418	2558	1870	-1674	-2019
6	13395	-14830	2006	2756	-5909	-6254
3	14100	-15535	2699	2063	1149	974
3	15512	-16947	2090	2839	-3086	-3261
0	16217	-17652	2783	2146	4224	4216

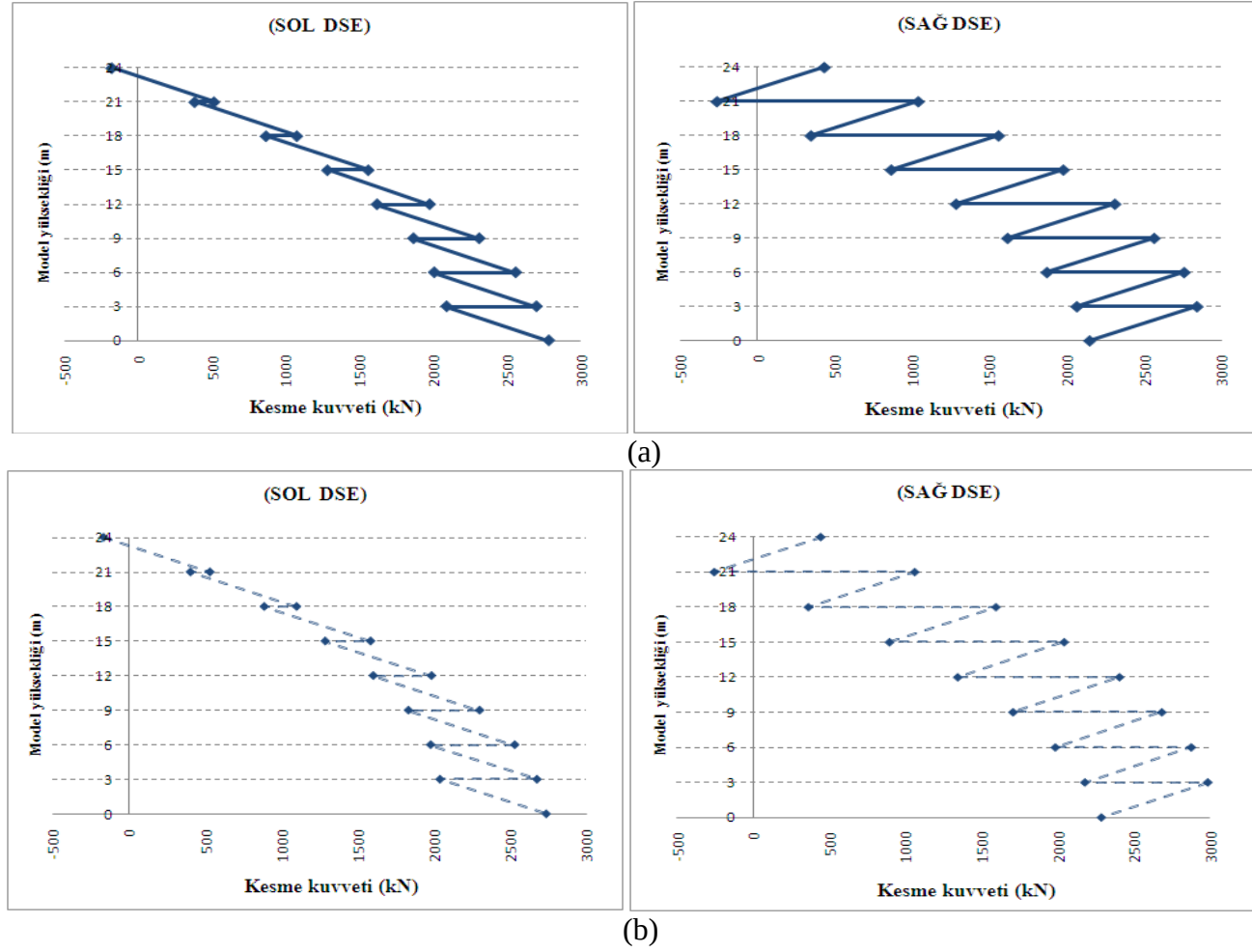
(a)

KAT YÜKSEK LİĞİ (m)	8 katlı model (ÖY+KY)					
	Normal kuvvet		Kesme kuvveti		Moment	
	Sol DSE	Sağ DSE	Sol DSE	Sağ DSE	Sol DSE	Sağ DSE
24	699	-2124	-169	445	-4235	-4235
21	1404	-2829	528	-252	-3696	-3946
21	2816	-4241	400	1062	-7931	-8181
18	3521	-4946	1098	364	-5684	-6042
18	4933	-6358	885	1594	-9919	-10277
15	5638	-7063	1583	896	-6217	-6542
15	7050	-8475	1285	2041	-10452	-10777
12	7755	-9180	1983	1343	-5550	-5701
12	9167	-10592	1601	2403	-9785	-9936
9	9872	-11297	2298	1706	-3938	-3771
9	11284	-12709	1831	2681	-8173	-8006
6	11989	-13414	2528	1984	-1634	-1009
6	13401	-14826	1977	2874	-5869	-5244
3	14106	-15531	2674	2177	1107	2333
3	15518	-16943	2038	2982	-3128	-1902
0	16223	-17648	2735	2285	4031	5999

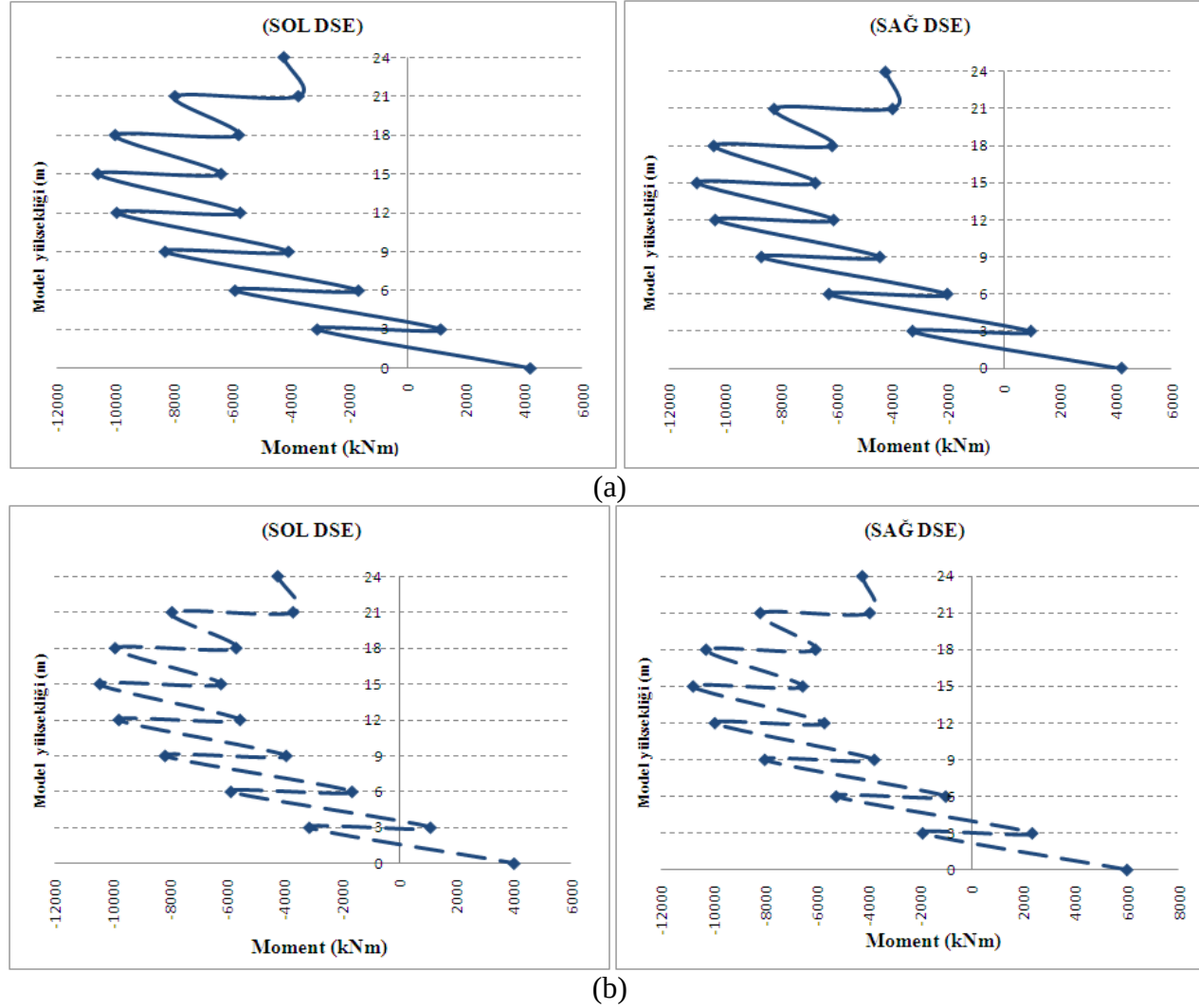
(b)



Şekil 5.27: 8 katlı modelin sol ve sağ DSE'sinin normal kuvvet diyagramları (Kombinasyonlar: sol DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bli} + V_{bli} + M_{pli} + F_i/2$), sağ DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bri} + V_{bri} + M_{pri} + F_i/2$)): (a) (ÖY+AYY), (b) (ÖY+KY)



Şekil 5.28: 8 katlı modelin sol ve sağ DSE'sinin kesme kuvveti diyagramları (Kombinasyonlar: sol DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bli} + V_{bli} + M_{pli} + F_i/2$), sağ DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bri} + V_{bri} + M_{pri} + F_i/2$)): (a) (ÖY+AYY), (b) (ÖY+KY)

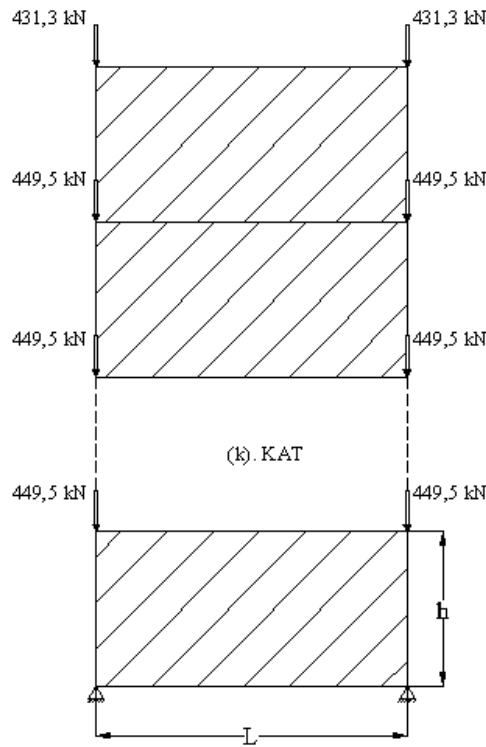


Şekil 5.29: 8 katlı modelin sol ve sağ DSE'sinin moment diyagramları (Kombinasyonlar: sol DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bli} + V_{bli} + M_{pli} + F_i / 2$), sağ DSE için ($\omega_{xci} + \omega_{yci} + P_{bri} + V_{bri} + M_{pri} + F_i / 2$)): (a) (ÖY+YYY), (b) (ÖY+KY)

5.3 (T₁) için Yapılan Çalışma

Bu alt bölümde ÇLPS için üretilen modellerden yararlanarak (T₁) değeri için yeni bir ampirik bağıntının bulunması amaçlanmıştır. Söz konusu şeritli modeller SAP2000 programı yardımıyla oluşturulmuş ve üzerlerine düşey yükler etkilmiştir.

Yük hesabı için daha önceden belirlenmiş olan çatı katı ve normal kat ağırlıkları kullanılmıştır. Bu değerler, çatı katında 1725,3 kN, normal katlarda 1798,2 kN'dur. Planı verilen hastane binasının bir yöndeki deprem kuvvetini karşılayacak ÇLPS sayısı iki adettir. Bu yüzden yukarıdaki kat ağırlıkları ikiye bölünerek her bir ÇLPS'ye düşen değerler hesaplanmıştır. Bu değerler de tekrar ikiye bölünerek ÇLPS'nin her bir DSE'sine etkileyen (düğüm noktasına etkileyen) düşey yük çatı katında $1725,3/4 \approx 431,3$ kN, normal katlarda $1798,2/4 \approx 449,5$ kN olarak elde edilmiştir (Şekil 5.30).



Şekil 5.30: Modal analiz için yapılan yükleme

4, 5, 6 ve 8 katlı şeritli modellere Şekil 5.30'da verilen yüklemeler yapıldıktan sonra modal analiz yapılarak (T_{modal}) periyotları belirlenmiştir. Ampirik bağıntılardan elde edilen T₁ (T_a) ile karşılaştırma yapılmıştır (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.16: Tüm modellerin periyot değerleri

MODEL NO	5 KATLI ŞERİTLİ MODEL	α açısı	T_a	T_{modal}
1	W 30 x 173 W 40 x 324	44,42	0,38	0,57
2	W 30 x 211 W 40 x 397	44,51	0,38	0,51
3	W 30 x 261 W 40 x 480	44,61	0,38	0,46
4	W 30 x 326 W 40 x 531	44,72	0,38	0,42
5	W 30 x 391 W 40 x 655	44,76	0,38	0,38
6	W 16 x 31 W 30 x 326 W 40 x 531	44,22 40,39	0,38	0,72
MODEL NO	4 KATLI ŞERİTLİ MODEL	α açısı	T_a	T_{modal}
1	W 30 x 173 W 40 x 268	44,55	0,32	0,46
2	W 30 x 211 W 40 x 362	44,56	0,32	0,41
3	W 30 x 211 W 40 x 324	44,62	0,32	0,42
4	W 30 x 261 W 40 x 397	44,49	0,32	0,38
5	W 30 x 326 W 40 x 480	44,77	0,32	0,34
6	W 30 x 391 W 40 x 593	44,79	0,32	0,31
7	W 14 x 26 W 30 x 326 W 40 x 480	44,25 39,80	0,32	0,55

Çizelge 5.16 (devam): Tüm modellerin periyot değerleri

MODEL NO	6 KATLI ŞERİTLİ MODEL	α açısı	T_a	T_{modal}
1	W 30 x 173 W 40 x 362	44,36	0,44	0,70
2	W 30 x 211 W 40 x 480	44,43	0,44	0,63
3	W 30 x 211 W 40 x 431	44,48	0,44	0,64
4	W 30 x 261 W 40 x 531	44,57	0,44	0,56
5	W 30 x 326 W 40 x 655	44,65	0,44	0,52
6	W 30 x 391 W 36 x 798	44,70	0,44	0,48
7	W 18 x 35 W 30 x 326 W 40 x 655	44,16 40,73	0,44	0,91

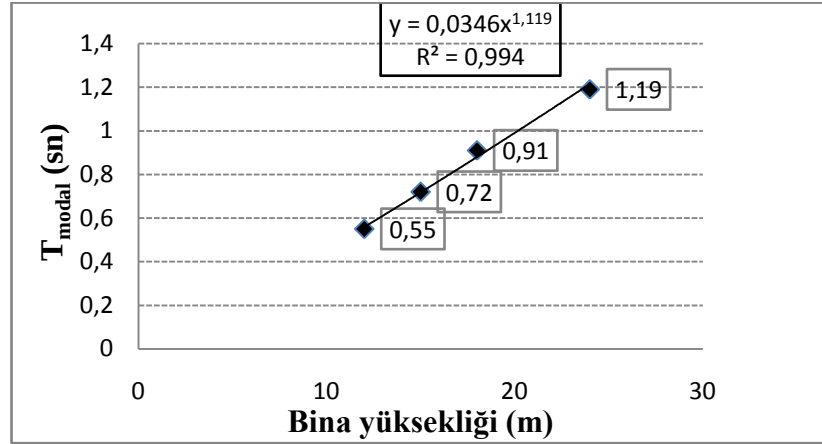
MODEL NO	8 KATLI ŞERİTLİ MODEL	α açısı	T_a	T_{modal}
1	W 30 x 173 W 40 x 480	44,23	0,54	0,90
2	W 30 x 211 W 40 x 593	44,35	0,54	0,82
3	W 30 x 261 W 40 x 655	44,50	0,54	0,74
4	W 30 x 326 W 36 x 798	44,60	0,54	0,67
5	W 18 x 35 W 30 x 326 W 40 x 655	44,16 40,73	0,54	1,19

Çizelge 5.16'dan anlaşılabacağı üzere, 4 katlı şeritli model için $T_{\text{modal}} = 0,55$ sn, 5 katlı şeritli model için $T_{\text{modal}} = 0,72$ sn, 6 katlı şeritli model için $T_{\text{modal}} = 0,91$ sn, 4 katlı şeritli model için $T_{\text{modal}} = 1,19$ sn'dir (Çizelge 5.17).

Çizelge 5.17: Şeritli modellerin (T_{modal}) değerleri

KAT SAYISI	H (m)	T_{modal}
4	12	0,55
5	15	0,72
6	18	0,91
8	24	1,19

Bu periyot değerleri kullanılarak Excel yardımıyla regresyon analizi yapılır (Şekil 5.31).



Şekil 5.31: Regresyon Analizi

Regresyon analizi sonucunda elde edilen yeni ampirik bağıntı

$$y = 0,0346x^{1,1199} \quad (R^2 = 0,9944) \quad (5.45)$$

şeklindedir. Burada, $y = T_a$, $x = H_n$ değerine karşı gelmektedir. Bu değerler yerine yazılırsa

$$T_a = 0,0346H_n^{1,1199} \quad (R^2 = 0,9944) \quad (5.46)$$

bağıntısı elde edilir. Yuvarlama işlemleri sonucunda

$$T_a = 0,035H_n^{1,12} \quad (R^2 \approx 1) \quad (5.47)$$

şeklinde verilen yeni bir ampirik bağıntıya ulaşılır. Böylece ÇLPS'ye ilişkin yeni bir ampirik bağıntı önerilmiş olur.

Çalışmanın bu bölümünde şeritli modellerin son (T_{modal}) değeri için deprem hesabı tekrarlanmıştır. Başta seçilen (T_a) değerine karşı gelen deprem yükleri, (T_{modal}) değeri altında yeniden hesaplanmıştır. $T_{\text{modal}} > T_a$ durumu söz konusu olduğu için deprem yüklerinde azalma olmuştur. (t_w) gövde kalınlığının azalan deprem yükleri altında değişip değişmeyeceği incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 5.18'de verilmiştir:

Çizelge 5.18: Değiştirilmiş (F_i) kuvvetleri altında (t_w) kontrolü

4 KATLI ŞERİTLİ MODEL ($\alpha=30^\circ$)					
Değiştirilmiş F_i (kN)	Değiştirilmiş F_{it} (kN)	$(t_w=0,002m)$		$(t_w=0,001m)$	
		ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)	ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)
192,0	192,0	923,1	21	461,6	42
139,0	331,0	923,1	36	461,6	72
92,7	423,7	923,1	46	461,6	92
46,3	470,1	923,1	51	461,6	102
5 KATLI ŞERİTLİ MODEL ($\alpha=30^\circ$)					
Değiştirilmiş F_i (kN)	Değiştirilmiş F_{it} (kN)	$(t_w=0,002m)$		$(t_w=0,001m)$	
		ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)	ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)
165,9	165,9	923,1	18	461,6	36
123,5	289,5	923,1	31	461,6	63
92,6	382,1	923,1	41	461,6	83
61,8	443,8	923,1	48	461,6	96
30,9	474,7	923,1	51	461,6	103
6 KATLI ŞERİTLİ MODEL ($\alpha=30^\circ$)					
Değiştirilmiş F_i (kN)	Değiştirilmiş F_{it} (kN)	$(t_w=0,002m)$		$(t_w=0,001m)$	
		ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)	ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)
146,6	146,6	923,1	16	461,6	32
108,9	255,5	923,1	28	461,6	55
87,1	342,6	923,1	37	461,6	74
65,3	407,9	923,1	44	461,6	88
43,5	451,5	923,1	49	461,6	98
21,8	473,3	923,1	51	461,6	103
8 KATLI ŞERİTLİ MODEL ($\alpha=30^\circ$)					
Değiştirilmiş F_i (kN)	Değiştirilmiş F_{it} (kN)	$(t_w=0,002m)$		$(t_w=0,001m)$	
		ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)	ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)
133,0	133,0	923,1	14	461,6	29
93,5	226,5	923,1	25	461,6	49
80,2	306,7	923,1	33	461,6	66
66,8	373,5	923,1	40	461,6	81
53,5	427,0	923,1	46	461,6	92
40,1	467,1	923,1	51	461,6	101
26,7	493,8	923,1	53	461,6	107
13,4	507,2	923,1	55	461,6	110

Çizelge 5.18(devam): Değiştirilmiş (F_i) kuvvetleri altında (t_w) kontrolü

4 KATLI ŞERİTLİ MODEL ($\alpha=45^\circ$)					
Değiştirilmiş F_i (kN)	Değiştirilmiş F_{it} (kN)	$(t_w=0,002m)$		$(t_w=0,001m)$	
		ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)	ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)
192,0	192,0	1066	18	533,0	36
139,0	331,0	1066	31	533,0	62
92,7	423,7	1066	40	533,0	79
46,3	470,1	1066	44	533,0	88
5 KATLI ŞERİTLİ MODEL ($\alpha=45^\circ$)					
Değiştirilmiş F_i (kN)	Değiştirilmiş F_{it} (kN)	$(t_w=0,002m)$		$(t_w=0,001m)$	
		ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)	ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)
165,9	165,9	1066,0	16	533	31
123,5	289,5	1066,0	27	533	54
92,6	382,1	1066,0	36	533	72
61,8	443,8	1066,0	42	533	83
30,9	474,7	1066,0	45	533	89
6 KATLI ŞERİTLİ MODEL ($\alpha=45^\circ$)					
Değiştirilmiş F_i (kN)	Değiştirilmiş F_{it} (kN)	$(t_w=0,002m)$		$(t_w=0,001m)$	
		ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)	ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)
146,6	146,6	1066,0	14	533	28
108,9	255,5	1066,0	24	533	48
87,1	342,6	1066,0	32	533	64
65,3	407,9	1066,0	38	533	77
43,5	451,5	1066,0	42	533	85
21,8	473,3	1066,0	44	533	89
8 KATLI ŞERİTLİ MODEL ($\alpha=45^\circ$)					
Değiştirilmiş F_i (kN)	Değiştirilmiş F_{it} (kN)	$(t_w=0,002m)$		$(t_w=0,001m)$	
		ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)	ϕV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)
133,0	133,0	1066,0	12	533	25
93,5	226,5	1066,0	21	533	43
80,2	306,7	1066,0	29	533	58
66,8	373,5	1066,0	35	533	70
53,5	427,0	1066,0	40	533	80
40,1	467,1	1066,0	44	533	88
26,7	493,8	1066,0	46	533	93
13,4	507,2	1066,0	48	533	95

Çizelge 5.18 incelendiği zaman

- $\alpha=30^\circ$ başlangıç açısı kullanılırsa, (T_{modal}) ile hesaplanan yeni deprem yükleri altında yapıların alt katları dışında GL kalınlığı (t_w)'nin azaltılabileceği anlaşılmıştır.
- $\alpha=45^\circ$ başlangıç açısı kullanılırsa, (T_{modal}) ile hesaplanan yeni deprem yükleri altında yapıların tüm katlarında GL kalınlığı (t_w)'nin azaltılabileceği anlaşılmıştır.
- (t_w)'nin azalması akma etkilerinin azalması ve dolayısıyla DSE ve YSE kesitlerinin de azalması anlamına gelmektedir. Yapının (T_{modal}) değeri izin verilen üst sınır içerisinde kalacak şekilde yeni bir boyutlandırılmaya gidilebilir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında ulaşılan ana sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- a. ÇLPS'li sistemlerin birinci elastik titreşim periyotları için $T = \alpha H^\beta$ biçiminde yeni bir ampirik bağıntı önerilmiştir. Burada $\alpha = 0,035$ ve $\beta = 1,12$ olarak alınabileceği belirlenmiştir.
- b. ÇLPS'li sistemlerde sürekli gövde levhası bir doğrultuda oluşturulan şeritlerle modellenerek hesaplar yürütülmektedir. Şeritlerin düşeyle yaptıkları α açısının başlangıçta bilinmemesi bu açının tahmin edilmesini gerektirmektedir. Çok sayıda yapılan incelemede (α) açısının başlangıçta 30° olarak seçilmesinin hesapta kullanılan ardışık yaklaşım sayısını ve böylece hesaplama zamanını azalttığı görülmüştür.
- c. Seçilen sayısal örneklerden elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, belirli kısıtlamalar altında, çok katlı bir ÇLPS'yi daha hızlı bir şekilde boyutlandırmak için az katlı çözümlerden yararlanılabileceği görülmüştür. Diğer bir deyişle, az katlı ÇLPS çözümleri var olan bir binadan yararlanarak aynı geometri ve malzeme özelliklerine sahip çok katlı ÇLPS'li bir yapı daha hızlı boyutlandırılabilir.
- d. Çalışma kapsamında yöntemin işleyişini açıklamak amacıyla çözümlemelerde kullanılan periyot değerleri için tek aşamalı bir hesaplama yapılmış olmakla birlikte, periyot değerlerinin de ardışık yaklaşımlarla birbirine yeterince yakın olacak biçimde belirlenmesi gereği açıktır. Bununla birlikte, kapasite tasarımı yapıldığından her aşama gerçekte bir çözüm olarak düşünülebilir. Çalışma kapsamında gelecekte yapılması önerilenler de aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

Bu çalışma esas alınarak ileride yapılabilecek bazı çalışmalar aşağıda sunulmuştur:

- Çelik bağ kirişi kullanımı ile ÇLPS çiftinin oluşturulması sistemin genel performansı artırılabilir.

- ÇLPS’de sınır elamanlarının bağlandığı komşu dış yapı elemanlarının (sisteme eklenen çelik çerçeveler) kullanımı araştırılabilir.
- Önemli birçok yönetmelikte yer alan ÇLPS’ye DBYBHY [1] içerisinde de yer verilerek Türkiye’de de kullanımı yaygın duruma getirilebilir.
- Bu çalışma kapsamında da incelenen ÇLPS’nin (T_1) değerine yönelik ampirik bağıntı, daha fazla model kullanılarak elde edilen veriler ve yapılacak deneyler ışığında geliştirilebilir.
- GL’nin yalnızca YSE’ye ya da DSE’ye bağlanması ile akma etkilerinin etki alanının azaltılması üzerine bir çalışma yapılabilir. Böylece sınır elemanlarındaki aşırı istemler azaltılmış olacaktır.
- GL üzerinde düşeyde yarıklar oluşturularak daha sünek bir davranış elde edilebilir.
- Farklı şerit düzenlenmesi halinin ÇLPS üzerindeki etkileri incelenebilir.
- Betonarme perdeli sistemlerde de benzer bir tasarım yöntemi geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **DBYBHY**, 2007, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*.
- [2] **SEAOC Blue Book – Seismic Design Recommendations**,
August 2008, "Period Determination" Article 4.03.010, pp.1,
Url : < www.seaoc.org/bluebook >
- [3] **Özhendekçi, N., & Özhendekçi, D.**, Temmuz 2007,
"Fundamental periods of eccentrically braced steel frames with shear
links," Uluslararası Çelik ve Alüminyum Yapılar Konferansı
(ICSAS 07), İngiltere-Oxford.
- [4] **Jacobs, W. P.**, June 2008, "Building Periods: Moving
Forward (and Backward)," STRUCTURE magazine, pp. 24-27,
Url : < www.STRUCTUREmag.org >
- [5] **Hooper, J. D.**, August 2006, "ASCE/SEI 7-05 General
Sismic Design Requirements For Buildings – Part 2," STRUCTURE
magazine, pp. 57-60, Url : < www.STRUCTUREmag.org >
- [6] **Pinho, R., Crowley, H.**, "Revisiting Eurocode 8 Formulae for Periods of
Vibration and Their Employment in Linear Seismic Analysis,"
Pavia- Italy.
- [7] **Taranath, B. S., Ph.D., S.E.**, October 2004, "Wind and Earthquake
Resistant Buildings-Structural Analysis and Design," Los Angeles,
California. Michael D. Meyer (Editor), Library of Congress ataloging-
in-Publication Data, ISBN: 0-8247-5934-6,
- [8] **Goel R. K., Chopra A. K.**, November 1997, "Period Formulas for Moment
Resisting Frame Buildings," Journal of Structural Engineering,
pp.1454-1461.
- [9] **ASCE/SEI 7-05**, *Minimum design loads for buildings and other structures*,
Virginia (American Society of Civil Engineers). ISBN 0-7844-083 1-9
- [10] **Seilie Ignasius F., Hooper, John D.**, April 2005, "Steel Plate
Shear Walls: Practical Design and Construction," North American Steel
Construction Conference,
- [11] **Ericksen, J., Sabelli, R.**, January 2008, "A Closer Look at Steel Plate Shear
Walls," Steel Solutions Center-Steelwise.

- [12] **Topkaya C., Kurban C. O.**, March 2008, “*Natural periods of steel plate shear wall systems*,” *Journal of Constructional Steel Research* 65 (2009) 542–551, (article received on 26 December 2007, accepted on 10 March 2008 to Elsevier)
- [13] **CE697R Fall 2008 - Special Plate Shear Walls (SPSW)**, 2008, Sources: Abolhassan Astane-Asl, U.C. Berkeley, Rafael Sabelli, Walter P. Moore, San Francisco.
- [14] **Canadian Standards Association**, September 2009, “*CSA Standard S16-09-Design of Steel Structures*”.
- [15] **Kulak, G. L., Kennedy, L., Driver, R. G., Medhekar, M.**, 2001, “*Steel Plate Shear Walls – An Overview*,” *Engineering Journal – First Quarter*, pp. 50-62.
- [16] **Berman, Jeffrey W., Bruneau, M.**, 2008, “*Capacity Design of Vertical Boundary Elements in Steel Plate Shear Walls*,” *Engineering Journal – First Quarter*, pp. 57-71.
- [17] **Berman, Jeffrey W., Vian, D., Bruneau, M.** “*Steel Plate Shear Walls – From Research to Codification*,”
- [18] **Jin, J., El-Tawil, S.**, October 2004, “*Seismic Performance of Steel Frames with Reduced Beam Section Connections*,” *Journal of Constructional Steel Research* 61 (2005) 453–471, (article received 20 May 2004; accepted 26 October 2004, Elsevier).
- [19] **Berman, J. W., Lowes, L. N., Okazaki, T., Bruneau, M., Tsai, K-C., Driver, R. G., Sabelli, R., Moore, W. P.**, “*Research Needs and Future Directions for Steel Plate Shear Walls*,” *Structures 2008: Crossing Borders* (ASCE).
- [20] **ABYYHY**, 1998, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*.
- [21] **ASCE/SEI 341-06**, 2006, “*Seismic Rehabilitation of Existing Buildings*” (American Society of Civil Engineers)
- [22] **FEMA 302, 1997**, “*NEHRP Recommended Provisions for Sismic Regulations For New Buildings and Other Structures*” *Part 1: Provisions* (FEMA 302 –Federal Emergency Management Agency)
- [23] **FEMA 355F, September 2000**, “*State of the Art Report on Performance Prediction and Evaluation of Steel Moment-Frame Buildings*” (Federal Emergency Management Agency).
- [24] **IBC 2009**, *International Building Code*, International Code Council (ICC).

- [25] **EUROCODE (EC8)**, 2003, “European Standard Norm-Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings”
- [26] **Mitchell D., Paultre P., Tinawi R., Saatcioglu M., Tremblay R., Elwood K., Adams J., DeVall R.**, “*Evolution of Seismic Design Provisions in the National Building Code of Canada*”, pp. 1-31.
- [27] **Sabelli, R., Bruneau, M.**, 2007, “Steel Design Guide-Steel Plate Shear Walls” American Institute of Steel Construction, Inc.
- [28] **Vatansever C.**, November 2007, “Cyclic Behavior of Thin Steel Plate Shear Walls with Semi-Rigid Beam-to-Column Connections” Ph.D. thesis, Istanbul Technical University-Institute of Science and Technology.
- [29] **Caccese, V., Elgaaly, M., and Chen, R.**, 1993, “Experimental Study of Thin Steel-Plate Shear Walls Under Cyclic Load,” *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 119, No. 2, pp. 573–587.
- [30] **Sabouri-Ghomi, S. and Roberts, T.M.**, 1992, “Nonlinear Dynamic Analysis of Steel Plate Shear Walls Including Shear and Bending Deformations,” *Engineering Structures*, Vol. 14, No. 5, pp. 309–317.
- [31] **Rezai, M.**, 1999, “Seismic Behaviour of Steel Plate Shear Walls by Shake Table Testing,” PhD Dissertation, Department of Civil Engineering, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- [32] **Elgaaly, M.**, 1998, “Thin Steel Plate Shear Walls Behavior and Analysis,” *Thin Walled Structures*, Elsevier, Vol. 32, Nos. 1–3, pp. 151–180.
- [33] **Schumacher, A., Grondin, G.Y., and Kulak, G.L.**, 1999, “Connection of Infill Panels in Steel Plate Shear Walls,” *Canadian Journal of Civil Engineering*, NRC Research Press, Vol. 26, No. 5, pp. 549–563.
- [34] **Roberts, T.M. and Sabouri-Ghomi, S.**, 1992, “Hysteretic Characteristics of Unstiffened Perforated Steel Plate Shear Walls,” *Thin-Walled Structures*, Vol.14, No. 2, pp. 139–151
- [35] **Vian, D. and Bruneau, M.**, 2004, “Testing of Special LYS Steel Plate Shear Walls,” *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, British Columbia, Canada, Paper No. 978.
- [36] **Berman, J.W. and Bruneau, M.**, (2003b), “Experimental Investigation of Light-Gauge Steel Plate Shear Walls for the Seismic Retrofit of Buildings,” *Technical Report MCEER-03-0001*, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, NY.
- [37] **Berman, J., Celik, O. C., Bruneau, M.**, 2005, Comparing hysteretic behavior of light-gauge steel plate shear walls and braced frames, *Engineering Structures*, 27, pp. 475-485

- [38] **Elgaaly, M., Caccese, V., and Du, C.**, 1993, "Post-Buckling Behavior of Steel-Plate Shear Walls Under Cyclic Loads," *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 119, No. 2, pp. 588–605.
- [39] **Driver, R.G., Kulak, G.L., Kennedy, D.J.L., and Elwi, A.E.**, 1997, "Finite Element Modelling of Steel Plate Shear Walls," *Proceedings of the Structural Stability Research Council Annual Technical Session*, Toronto, Canada, pp. 253–264.
- [40] **Takahashi, Y., Takemoto, Y., Takeda, T. And Takagi, M.**, 1973, Experimental study on thin steel shear walls and particular bracings under alternative horizontal load, IABSE Symp. On resistance and Ultimate Deformability of Structure Acted on by Well-Defined Repeated Loads, Lisbon, Portugal, pp. 185-191.
- [41] **Mimura, H. and Akiyama, H.**, 1977, Load-deflection relationship of earthquake resistant steel shear walls with a developed diagonal tension field, *Trans., Arch. Inst. Of Japan*, Tokyo, Japan, 260 (Oct), pp. 109-114.
- [42] **Agelidis, N. and Mansell, D. S.**, 1982, Seismic Steel Plate Cores in Tall Buildings, *Civil Engineering Transactions of the Institution of Engineers*, Australia, CE24(1), pp.11-18.
- [43] **Thorburn, L.J., Kulak, G.L., and Montgomery, C.J.**, 1983, "Analysis of Steel Plate Shear Walls," *Structural Engineering Report No. 107*, Department of Civil Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.
- [44] **ANSI/AISC 341-05**, 2005, "Seismic Provisions for Structural Steel Buildings," Chicago, Illinois 60601-1802.
- [45] **Timler P.A. and Kulak G.L.**, 1983, "Experimental Study of Steel Plate Shear Walls," *Structural Engineering Report No. 114*, Department of Civil Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada.
- [46] **LRFD**, December 27, 1999, Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, INC, Chicago, Illinois 60601-2001.
- [47] **ASD**, June 1, 1999, Allowable Stress Design and Plastic Design with Commentary, American Institute of Steel Construction, INC, Chicago, Illinois 60601-2001.

EKLER

Ek A : Tüm modellerin (ÖY+AYY) ile çözümleri

Ek B : Kullanılan tüm profillerin kesit özellikleri (kN ve m cinsinden)

Ek C : Tüm şeritli modellerin yük kombinasyonlarının zarfı altında iç kuvvet diyagramları

Ek D : ÇLPS için yönetmeliklerde verilen maddelerin karşılaştırılması

EK-A

4 KATLI MODEL ($\alpha = 30^\circ$) ÇÖZÜMÜ

Çizelge A.1: 4 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=30^\circ$)

DEPREM HESABI VE GL ÖN TASARIMI								
Sistem verileri	F_v (kN/m ²)	L (m)	h (m)					
	235000	6	3					
İlk başta seçilen değerler	α							
	30							
Deprem Hesabı								
Kat No	H_i (m)	W_i (kN)	$W_i H_i$	$W_i H_i / \Sigma W_i H_i$	ΔF_N (kN)	$V_t - \Delta F_N$	F_i (kN)	
4	12	1725,3	20703,6	0,390	21,70	701,5	295,4	
3	9	1798,2	16183,8	0,305			213,9	
2	6	1798,2	10789,2	0,203			142,6	
1	3	1798,2	5394,6	0,102			71,3	
			53071,2					723,2
Kat deprem ve kat kesme kuvvetleri (kN)			GL Tasarımı					
Kat No	Kat deprem kuvvetleri	Kat kesme kuvvetleri	Fe 37 Gövde Levhası					
4	295,4	295,4	t_w (m)	ΦV_n (kN)				
3	213,9	509,3	0,002	923,1				
2	142,6	651,9	0,003	1384,7				
1	71,3	723,2	0,004	1846,3				
			0,005	2307,9				
			0,006	2769,4				
			0,007	3231,0				
			0,008	3692,6				
Katlara göre GL seçimi								
Kat No	t_w (m)	Kat kesme kuvvetleri	ΦV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)				
4	0,002	295,4	923,1	32				
3	0,002	509,3	923,1	55				
2	0,002	651,9	923,1	71				
1	0,002	723,2	923,1	78				

AÇIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “4 katlı model ($\alpha=30^\circ$)” deprem ve GL ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır.
- Deprem hesabı DBYBHY’de [1] verilen EDYY’ye göre yapılmıştır.
- İlgili değerler girilerek GL ön tasarımı yapılmış olur. GL kalınlığı için $t_w = 0,002$ m (2 mm) değeri kullanılacaktır.

Çizelge A.2: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	a(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	a(radyan)
1													
2													
3													
4													
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b0} (m ²)	a(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0251	0,0251	0,0251	0,0251	0,0251	0,524
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab0} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	
3	3	3	3	0,007161	0,007161	0,007161	0,007161	0,007161	3,00	6	9	12	0,524
yerden yükseklik												0,524	
KAT NO	a(derece)	KOLONLAR (DSE)		KİRİŞLER (YSE)									
		ω _{yc1} (kN/m)	ω _{yc2} (kN/m)	ω _{ybl} (kN/m)	ω _{ybr} (kN/m)								
1	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
2	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
3	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
4	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{s1} (kN)	P _{s2} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prt} (kN-m)	M _{prl} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-176	-173	611	-611	1,08	1,08	1969	1969	1714	-401		
1	1757000	-353	-335	-335	-335	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
2	1757000	-353	-383	-383	-383	1,11	1,11	1969	1969	656	656		
3	1757000	-353	-357	-357	-357	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
4	1757000	-176	-162	-773	449	1,05	1,10	1969	1969	-401	1714		

ACIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “4 katlı model ($\alpha=30^\circ$)” DSE ve YSE ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır. Sistemin malzeme ve geometrik özellikleri girildikten sonra sırasıyla
 - *Turuncu kısım:* Kiriş akma etkileri program tarafından hesaplanarak YSE (1) profili seçilir. (W30 x 132)
 - *Mor kısım:* W30 x 132 profiline ait (A_{bi}) ve (Z_{bi}) değerleri girilir.
 - *Koyu mavi kısım:* Bu kısımdaki değerler kullanılarak DSE elastik modeli mesnet tepkileri SAP2000 programı yardımıyla hesaplanır ve yeşil renkteki ilgili hücreye yazılır.
 - *Açık mavi kısım:* Turuncu kısımdaki değerlere ek olarak mavi kısımdaki değerler de YSE üzerine yüklenerek YSE (2) profili seçilir. (W30 x 173)
- Bu aşamada (α) başlangıç açısı hesaplanmayacaktır. Hesaplamalar $\alpha=30^\circ$ kabulü altında yapılacaktır. Bu yüzden tablodaki üst kısımlar boş bırakılmıştır.

Çizelge A.3: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)

KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _g (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1													
2													
3													
4													

F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L (m)	E (kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,524
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,524
3	3	3	3	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	3,00	6	9	12	0,524

										yerden yükseklik			0,524
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------	--	--	-------

KAT NO	α(derece)	KOLONLAR (DSE)		KİRİŞLER (YSE)	
		ω _{yc1} (kN/m)	ω _{yc2} (kN/m)	ω _{yb1} (kN/m)	ω _{yb2} (kN/m)
1	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
2	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
3	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
4	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52

KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{si} (kN)	P _{si} (kN)	P _{bi} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prl} (kN-m)	M _{prr} (kN-m)	V _{bi} (kN)	V _{br} (kN)
0	-	-176	-168	611	-611	1,10	1,10	2726	2726	1966	-149
1	2296000	-353	-342	-342	-342	1,14	1,14	2726	2726	909	909
2	2296000	-353	-380	-380	-380	1,13	1,13	2726	2726	909	909
3	2296000	-353	-361	-361	-361	1,13	1,13	2726	2726	909	909
4	2296000	-176	-159	-770	452	1,08	1,12	2726	2726	-149	1966

F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)
71,3	142,6	213,9	295,4

KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{si} (kN)	R _{sr} (kN)	R _{si} (kN)	R _{sr} (kN)
1	41917	71,3	142,6	213,9	295,4	457	-6986	6986	-2486	-2150
914										
1371										
1893										
					V _i (kN)	4636				

ACIKLAMALAR

- $\alpha=30^\circ$ altında YSE (2) profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 117,5 \times 12 + 611 - 342 - 380 - 361 - 770 + \frac{4636}{2} = 2486 \text{ kN (2486 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 203,52 \times 12 + 1966 + 909 + 909 + 909 - 149 = 6986 \text{ kN (6986 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -117,5 \times 12 + 611 + 342 + 380 + 361 - 452 + \frac{4636}{2} = 2150 \text{ kN (2150 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -203,52 \times 12 - 1966 - 909 - 909 - 909 + 149 = -6986 \text{ kN (-6986 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 1. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 1. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 324
YSE profili: W30 x 211
 $\alpha=44,62^\circ$

Çizelge A.4: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0401	0,0615	0,0107	0,002	44,62	0,00128	1,098	1,157	0,949	0,779
2	3	6	2,000	0,0401	0,0615	0,0107	0,002	44,62	0,00128	1,098	1,157	0,949	0,779
3	3	6	2,000	0,0401	0,0615	0,0107	0,002	44,62	0,00128	1,098	1,157	0,949	0,779
4	3	6	2,000	0,0401	0,0615	0,0107	0,002	44,62	0,00128	1,098	1,157	0,949	0,779
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L (m)	E (kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,779
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	
3	3	3	3	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	3,00	6	9	12	0,779
									yerden yükseklik			0,779	
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR (DSE)		KİRİŞLER (YSE)									
		ω _{xcl} (kN/m)	ω _{ycl} (kN/m)	ω _{xbt} (kN/m)	ω _{ybt} (kN/m)								
1	44,62	234,98	231,88	238,12	234,98								
2	44,62	234,98	231,88	238,12	234,98								
3	44,62	234,98	231,88	238,12	234,98								
4	44,62	234,98	231,88	238,12	234,98								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{s1} (kN)	P _{s2} (kN)	P _{h1} (kN)	P _{h2} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{per1} (kN-m)	M _{per2} (kN-m)	V _{h1} (kN)	V _{h2} (kN)		
0	-	-348	-325	705	-705	1,10	1,10	3383	3383	1842	413		
1	2807000	-696	-686	-686	-686	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128		
2	2807000	-696	-745	-745	-745	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
3	2807000	-696	-716	-716	-716	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
4	2807000	-348	-310	-1015	395	1,07	1,14	3383	3383	413	1842		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)										
71,3	142,6	213,9	295,4										
KAT NO	F _{H1} (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	R _{u1} (kN)	R _{u2} (kN)	R _{d1} (kN)	R _{u2} (kN)			
1	50744	71,3	142,6	213,9	295,4	553	-8457	8457	-3131	-2481			
1107													
1660													
2292													
						V _i (kN)	5612						

ACIKLAMALAR

- 1. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,62^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profili (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 231,88x12 + 705 - 686 - 745 - 716 - 1015 + \frac{5612}{2} = 3131 \text{ kN (3132 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,98x12 + 1842 + 1128 + 1128 + 1128 + 413 = 8458 \text{ kN (8459 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -231,88x12 + 705 + 686 + 745 + 716 - 395 + \frac{5612}{2} = 2480 \text{ kN (2480 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,98x12 - 1842 - 1128 - 1128 - 1128 - 413 = -8458 \text{ kN (-8459 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 2. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 2. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 397 YSE profili: W30 x 261 $\alpha=44,69^\circ$
--

Çizelge A.5: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0495	0,0755	0,0133	0,002	44,69	0,00128	1,079	1,127	0,958	0,780
2	3	6	2,000	0,0495	0,0755	0,0133	0,002	44,69	0,00128	1,079	1,127	0,958	0,780
3	3	6	2,000	0,0495	0,0755	0,0133	0,002	44,69	0,00128	1,079	1,127	0,958	0,780
4	3	6	2,000	0,0495	0,0755	0,0133	0,002	44,69	0,00128	1,079	1,127	0,958	0,780
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L (m)	E (kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b0} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,780
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{xb1} (m ³)	Z _{xb2} (m ³)	Z _{xb3} (m ³)	Z _{xb4} (m ³)	Z _{xb0} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	
3	3	3	3	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	3,00	6	9	12	0,780
										verden yükseklik			0,780
KAT NO	α(deg)	KOLONLAR (DSE)		KİRİŞLER (YSE)									
		ω _{ve1} (kN/m)	ω _{ve2} (kN/m)	ω _{vb1} (kN/m)	ω _{vb2} (kN/m)								
1	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99								
2	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99								
3	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99								
4	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{sl} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prt} (kN-m)	M _{prt} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-349	-320	705	-705	1,12	1,12	4235	4235	2124	699		
1	3465000	-697	-698	-698	-698	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
2	3465000	-697	-742	-742	-742	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
3	3465000	-697	-723	-723	-723	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
4	3465000	-349	-307	-1012	398	1,09	1,15	4235	4235	699	2124		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)										
71,3	142,6	213,9	295,4										
KAT NO	F _i H _i (kN-m)	F _i (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F _i (kN)	R _{sl} (kN)	R _{sr} (kN)	R _{sl} (kN)	R _{sr} (kN)			
1	59269	71,3	142,6	213,9	295,4	646	-9878	9878	-3597	-2957			
2						1292							
3						1939							
4						2677							
						V _i (kN)	6555						

ACIKLAMALAR

- 2. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,69^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 232,46 \times 12 + 705 - 698 - 742 - 723 - 1012 + \frac{6555}{2} = 3597 \text{ kN } (3597 \text{ kN}) \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,99 \times 12 + 2124 + 1412 + 1412 + 1412 + 699 = 9878 \text{ kN } (9879 \text{ kN}) \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -232,46 \times 12 + 705 + 698 + 742 + 723 - 398 + \frac{6555}{2} = 2957 \text{ kN } (2957 \text{ kN}) \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,99 \times 12 - 2124 - 1412 - 1412 - 1128 - 699 = -9878 \text{ kN } (-9879 \text{ kN}) \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 3. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 480 YSE profili: W30 x 326 $\alpha=44,77^\circ$
--

Çizelge A.6: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=30^\circ$) ve kontroller

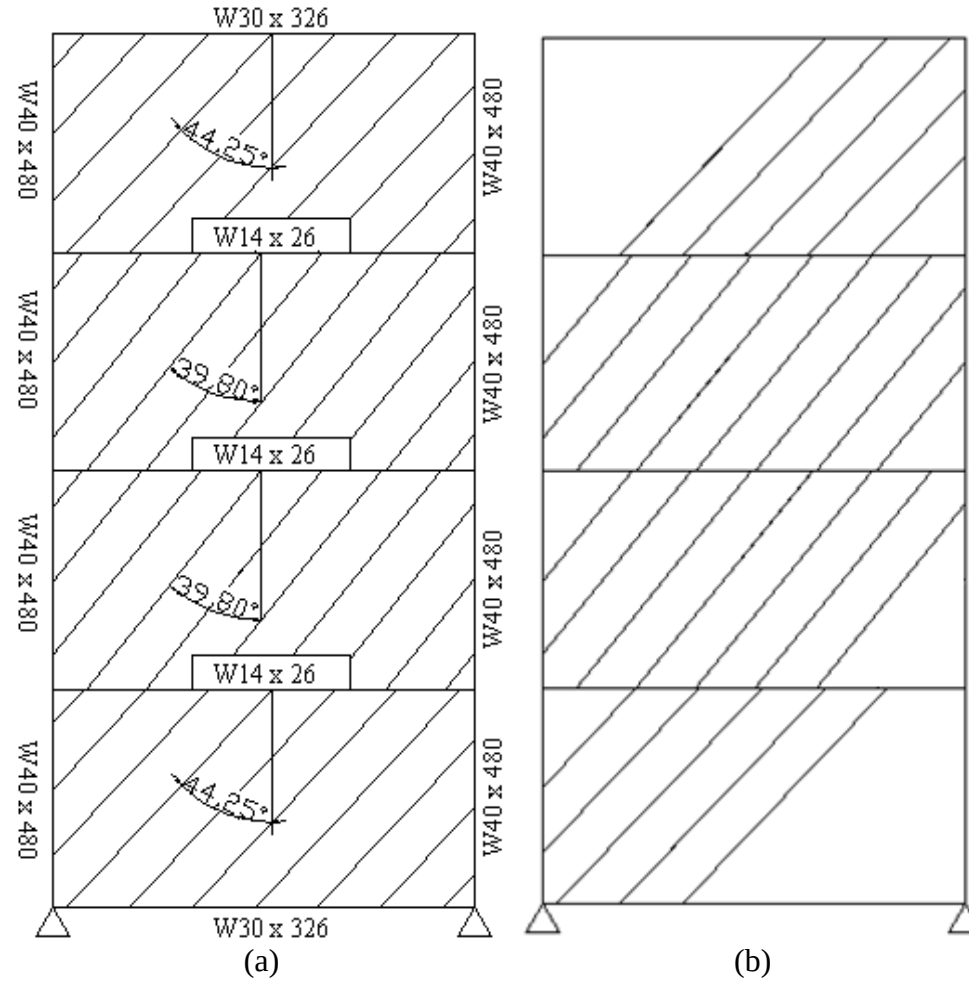
4 KATLI ŞERİTLİ MODEL							
KAT NO	(ÖY+AYY-1. BÖLÜM)		(ÖY+AYY-2. BÖLÜM)		ŞERİTLİ MODEL (SONUÇ PROFİLLER)		
	YSE	DSE	YSE	DSE	YSE	DSE	α
0	W30 x 326	W40 x 480	W30 x 326	W40 x 480	W30 x 326	W40 x 480	-
1	W30 x 326	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	44,25
2	W30 x 326	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	39,80
3	W30 x 326	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	39,80
4	W30 x 326	W40 x 480	W30 x 326	W40 x 480	W30 x 326	W40 x 480	44,25

KAT NO	d_i (m)	Δ_i^* (m)	$\delta_i^\dagger$ (m)	$(\delta_i)_{\max}$ (m)	h_i (m)	$(\delta_i)_{\max} / h_i$	Ötelenme Kontrol	Dayanım Kontrol [‡]
1	0,0037	0,0037	0,0259	0,0329	3	0,011	< 0,02 ✓	✓
2	0,0084	0,0047	0,0329					
3	0,0126	0,0042	0,0294					
4	0,0154	0,0028	0,0196					

$$^* \Delta_i = d_i - d_{i-1}$$

$$^\dagger \delta_i = R_a \times \Delta_i (R_a = 7)$$

[‡] Dayanım kontrolü için deprem yükleri 0,76 ile çarpılmıştır.



Şekil A.1: 4 katlı şeritli model ($\alpha=30^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler

4 KATLI MODEL ($\alpha = 45^\circ$) ÇÖZÜMÜ

Çizelge A.7: 4 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=45^\circ$)

DEPREM HESABI VE GL ÖN TASARIMI							
Sistem verileri		F_v (kN/m ²)	L (m)	h (m)			
		235000	6	3			
İlk başta seçilen değerler		α					
		45					
Deprem Hesabı							
Kat No	H_i (m)	W_i (kN)	$W_i H_i$	$W_i H_i / \Sigma W_i H_i$	ΔF_N (kN)	$V_t - \Delta F_N$	F_i (kN)
4	12	1725,3	20703,6	0,390	21,70	701,5	295,4
3	9	1798,2	16183,8	0,305			213,9
2	6	1798,2	10789,2	0,203			142,6
1	3	1798,2	5394,6	0,102			71,3
			53071,2	723,2			
Kat deprem ve kat kesme kuvvetleri (kN)			GL Tasarımı				
Kat No	Kat deprem kuvvetleri	Kat kesme kuvvetleri	Fe 37 Gövde Levhası				
4	295,4	295,4	t_w (m)	ΦV_n (kN)			
3	213,9	509,3	0,002	1066,0			
2	142,6	651,9	0,003	1598,9			
1	71,3	723,2	0,004	2131,9			
			0,005	2664,9			
			0,006	3197,9			
			0,007	3730,9			
			0,008	4263,8			
Katlara göre GL seçimi							
Kat No	t_w (m)	Kat kesme kuvvetleri	ΦV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)			
4	0,002	295,4	1066,0	28			
3	0,002	509,3	1066,0	48			
2	0,002	651,9	1066,0	61			
1	0,002	723,2	1066,0	68			

ACIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “4 katlı model ($\alpha=45^\circ$)” deprem ve GL ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır.
- Deprem hesabı DBYBHY’de [1] verilen EDYY’ye göre yapılmıştır.
- İlgili değerler girilerek GL ön tasarımı yapılmış olur. GL kalınlığı için $t_w = 0,002$ m (2 mm) değeri kullanılacaktır

Çizelge A.8: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1													
2													
3													
4													
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b0} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0188	0,0188	0,0188	0,0188	0,0188	0,785
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab0} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,785
3	3	3	3	0,005113	0,005113	0,005113	0,005113	0,005113	3,00	6	9	12	0,785
									yerden yükseklik			0,785	
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR (DSE)		KİRİŞLER (YSE)									
		ω _{vc1} (kN/m)	ω _{vc2} (kN/m)	ω _{vb1} (kN/m)	ω _{vb2} (kN/m)								
1	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
2	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
3	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
4	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{si} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prl} (kN-m)	M _{prr} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-353	-359	705	-705	1,02	1,02	1406	1406	1174	-236		
1	1316000	-705	-652	-652	-652	1,03	1,03	1406	1406	469	469		
2	1316000	-705	-770	-770	-770	1,00	1,00	1406	1406	469	469		
3	1316000	-705	-708	-708	-708	1,02	1,02	1406	1406	469	469		
4	1316000	-353	-331	-1036	374	0,94	1,09	1327	1406	-250	1160		

AÇIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “4 katlı model ($\alpha=45^\circ$)” DSE ve YSE ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır. Sistemin malzeme ve geometrik özellikleri girildikten sonra sırasıyla,
 - *Turuncu kısım:* Kiriş akma etkileri program tarafından hesaplanarak YSE (1) profili seçilir. (W30 x 99)
 - *Mor kısım:* W30 x 99 profiline ait (A_{bi}) ve (Z_{bi}) değerleri girilir.
 - *Koyu mavi kısım:* Bu kısımdaki değerler kullanılarak DSE elastik modeli mesnet tepkileri SAP2000 programı yardımıyla hesaplanır ve yeşil renkteki ilgili hücreye yazılır.
 - *Açık mavi kısım:* Turuncu kısımdaki değerlere ek olarak mavi kısımdaki değerler de YSE üzerine yüklenerek YSE (2) profili seçilir. (W30 x 124)
- Bu aşamada (α) başlangıç açısı hesaplanmayacaktır. Hesaplamalar $\alpha=45^\circ$ kabulü altında yapılacaktır. Bu yüzden tablodaki üst kısımlar boş bırakılmıştır.

Çizelge A.9: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _c (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1													
2													
3													
4													
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b0} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0235	0,0235	0,0235	0,0235	0,0235	0,785
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab0} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	α(radyan)
3	3	3	3	0,006686	0,006686	0,006686	0,006686	0,006686	3,00	6	9	12	0,785
										yerden yükseklik		0,785	
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR (DSE)		KİRİŞLER (YSE)									
		ω _{ycl} (kN/m)	ω _{xcl} (kN/m)	ω _{ybl} (kN/m)	ω _{xbl} (kN/m)								
1	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
2	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
3	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
4	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{si} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prt} (kN-m)	M _{prl} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-353	-349	705	-705	1,05	1,05	1839	1839	1318	-92		
1	1645000	-705	-666	-666	-666	1,06	1,06	1839	1839	613	613		
2	1645000	-705	-767	-767	-767	1,04	1,04	1839	1839	613	613		
3	1645000	-705	-713	-713	-713	1,05	1,05	1839	1839	613	613		
4	1645000	-353	-325	-1030	380	0,99	1,11	1824	1839	-95	1315		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)										
71,3	142,6	213,9	295,4										
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{yl} (kN)	R _{yr} (kN)	R _d (kN)	R _{vr} (kN)			
1	35292	71,3	142,6	213,9	295,4	385	-5882	5882	-2300	-1602			
2						770							
3						1154							
4						1594							
						V ₁ (kN)	3903						

ACIKLAMALAR

- $\alpha=45^\circ$ altında YSE (2) profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 235x12 + 705 - 666 - 767 - 713 - 1030 + \frac{3903}{2} = 2300,5 \text{ kN (2301 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 235x12 + 1318 + 613 + 613 + 613 - 95 = 5882 \text{ kN (5882 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -235x12 + 705 + 666 + 767 + 713 - 380 + \frac{3903}{2} = 1602,5 \text{ kN (1603 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -235x12 - 1315 - 613 - 613 - 613 + 92 = -5882 \text{ kN (-5882 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 1. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 1. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 268
YSE profili: W30 x 173
 $\alpha=44,55^\circ$

Çizelge A.10: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)														
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _c (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)	
1	3	6	2,000	0,0328	0,0508	0,008949	0,002	44,55	0,00128	1,118	1,191	0,939	0,777	
2	3	6	2,000	0,0328	0,0508	0,008949	0,002	44,55	0,00128	1,118	1,191	0,939	0,777	
3	3	6	2,000	0,0328	0,0508	0,008949	0,002	44,55	0,00128	1,118	1,191	0,939	0,777	
4	3	6	2,000	0,0328	0,0508	0,008949	0,002	44,55	0,00128	1,118	1,191	0,939	0,777	
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)	
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,778	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,778	
3	3	3	3	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	3,00	6	9	12	0,778	
										yerden yükseklik				0,778
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR (DSE)		KİRİŞLER (YSE)										
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{kiş} (kN/m)	ω _{kiş} (kN/m)									
1	44,55	234,97	231,31	238,69	234,97									
2	44,55	234,97	231,31	238,69	234,97									
3	44,55	234,97	231,31	238,69	234,97									
4	44,55	234,97	231,31	238,69	234,97									
KAT NO	k _b (kN/m)	P _g (kN)	P _g (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prt} (kN-m)	M _{prt} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)			
0	-	-347	-331	705	-705	1,09	1,09	2726	2726	1625	193			
1	2296000	-694	-674	-674	-674	1,09	1,09	2726	2726	909	909			
2	2296000	-694	-749	-749	-749	1,08	1,08	2726	2726	909	909			
3	2296000	-694	-710	-710	-710	1,09	1,09	2726	2726	909	909			
4	2296000	-347	-313	-1018	392	1,05	1,13	2726	2726	193	1625			
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)											
71,3	142,6	213,9	295,4											
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{yl} (kN)	R _{yr} (kN)	R _{sl} (kN)	R _{sr} (kN)				
1	44181	71,3	142,6	213,9	295,4	482	-7364	7364	-2774	-2112				
2						963								
3						1445								
4						1996								
						V ₁ (kN)	4886							

ACIKLAMALAR

- 1. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,55^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profili (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 231,31 \times 12 + 705 - 674 - 749 - 710 - 1018 + \frac{4886}{2} = 2773 \text{ kN (2773 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,97 \times 12 + 1625 + 909 + 909 + 909 + 193 = 7364,6 \text{ kN (7365 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -231,31 \times 12 + 705 + 674 + 749 + 710 - 392 + \frac{4886}{2} = 2113 \text{ kN (2113 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,97 \times 12 - 1625 - 909 - 909 - 909 - 193 = -7364,6 \text{ kN (-7365 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 2. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 2. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 362 YSE profili: W30 x 211 $\alpha=44,56^\circ$
--

Çizelge A.11: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0401	0,0684	0,012	0,002	44,56	0,00128	1,088	1,156	0,941	0,778
2	3	6	2,000	0,0401	0,0684	0,012	0,002	44,56	0,00128	1,088	1,156	0,941	0,778
3	3	6	2,000	0,0401	0,0684	0,012	0,002	44,56	0,00128	1,088	1,156	0,941	0,778
4	3	6	2,000	0,0401	0,0684	0,012	0,002	44,56	0,00128	1,088	1,156	0,941	0,778
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b0} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,778
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab0} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	
3	3	3	3	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	3,00	6	9	12	0,778
									verden yükseklik			0,778	
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR (DSE)		KİRİŞLER (YSE)									
		ω _{ycl} (kN/m)	ω _{ycr} (kN/m)	ω _{ybl} (kN/m)	ω _{ybr} (kN/m)								
1	44,56	234,97	231,39	238,61	234,97								
2	44,56	234,97	231,39	238,61	234,97								
3	44,56	234,97	231,39	238,61	234,97								
4	44,56	234,97	231,39	238,61	234,97								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{sr} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prl} (kN-m)	M _{pr} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-347	-324	705	-705	1,10	1,10	3383	3383	1843	412		
1	2807000	-694	-685	-685	-685	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128		
2	2807000	-694	-744	-744	-744	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
3	2807000	-694	-715	-715	-715	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
4	2807000	-347	-309	-1014	396	1,07	1,14	3383	3383	412	1843		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)										
71,3	142,6	213,9	295,4										
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{sl} (kN)	R _{sr} (kN)	R _{sl} (kN)	R _{sr} (kN)			
1	50743	71,3	142,6	213,9	295,4	553	-8457	8457	-3130	-2482			
2						1107							
3						1660							
4						2292							
						V ₁ (kN)	5612						

ACIKLAMALAR

- 2. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,56^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 231,39 \times 12 + 705 - 685 - 744 - 715 - 1014 + \frac{5612}{2} = 3130 \text{ kN } (3130 \text{ kN}) \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,97 \times 12 + 1843 + 1128 + 1128 + 1128 + 412 = 8458 \text{ kN } (8459 \text{ kN}) \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -231,39 \times 12 + 705 + 685 + 744 + 715 - 396 + \frac{5612}{2} = 2482 \text{ kN } (2482 \text{ kN}) \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,97 \times 12 - 1843 - 1128 - 1128 - 1128 - 412 = -8458 \text{ kN } (-8459 \text{ kN}) \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 3. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 397 YSE profili: W30 x 261 $\alpha=44,69^\circ$
--

Çizelge A.12: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-4. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0495	0,0755	0,0133	0,002	44,69	0,00128	1,079	1,127	0,958	0,780
2	3	6	2,000	0,0495	0,0755	0,0133	0,002	44,69	0,00128	1,079	1,127	0,958	0,780
3	3	6	2,000	0,0495	0,0755	0,0133	0,002	44,69	0,00128	1,079	1,127	0,958	0,780
4	3	6	2,000	0,0495	0,0755	0,0133	0,002	44,69	0,00128	1,079	1,127	0,958	0,780
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,780
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	α(radyan)
3	3	3	3	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	3,00	6	9	12	0,780
										yerden yükseklik			0,780
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR (DSE)		KİRİŞLER (YSE)									
		ω _{vc1} (kN/m)	ω _{vc2} (kN/m)	ω _{ab1} (kN/m)	ω _{ab2} (kN/m)								
1	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99								
2	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99								
3	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99								
4	44,69	234,99	232,46	237,54	234,99								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{s1} (kN)	P _{s2} (kN)	P _{b1} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prl} (kN-m)	M _{prr} (kN-m)	V _{b1} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-349	-320	705	-705	1,12	1,12	4235	4235	2124	699		
1	3465000	-697	-698	-698	-698	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
2	3465000	-697	-742	-742	-742	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
3	3465000	-697	-723	-723	-723	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
4	3465000	-349	-307	-1012	398	1,09	1,15	4235	4235	699	2124		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)										
71,3	142,6	213,9	295,4										
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{1r} (kN)	R _{1r} (kN)	R _d (kN)	R _{sr} (kN)			
1	59269	71,3	142,6	213,9	295,4	646	-9878	9878	-3597	-2957			
2						1292							
3						1939							
4						2677							
						V _i (kN)	6555						

ACIKLAMALAR

- 3. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,69^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 232,46 \times 12 + 705 - 698 - 742 - 723 - 1012 + \frac{6555}{2} = 3597 \text{ kN (3597 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,99 \times 12 + 2124 + 1412 + 1412 + 1412 + 699 = 9878 \text{ kN (9879 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -232,46 \times 12 + 705 + 698 + 742 + 723 - 398 + \frac{6555}{2} = 2958 \text{ kN (2957 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,99 \times 12 - 2124 - 1412 - 1412 - 1412 - 699 = -9878 \text{ kN (-9879 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 4. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 480
YSE profili: W30 x 326
 $\alpha=44,77^\circ$

Çizelge A.13: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-5. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)														
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _c (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)	
1	3	6	2,000	0,0618	0,0903	0,0164	0,002	44,77	0,00127	1,066	1,102	0,968	0,781	
2	3	6	2,000	0,0618	0,0903	0,0164	0,002	44,77	0,00127	1,066	1,102	0,968	0,781	
3	3	6	2,000	0,0618	0,0903	0,0164	0,002	44,77	0,00127	1,066	1,102	0,968	0,781	
4	3	6	2,000	0,0618	0,0903	0,0164	0,002	44,77	0,00127	1,066	1,102	0,968	0,781	
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b0} (m ²)	α(radyan)	
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,781	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab0} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	α(radyan)	
3	3	3	3	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	3,00	6	9	12	0,781	
										yerden yükseklik			0,781	
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR (DSE)		KİRİŞLER (YSE)										
		ω _{xcl} (kN/m)	ω _{xcl} (kN/m)	ω _{ybl} (kN/m)	ω _{ybl} (kN/m)									
1	44,77	234,99	233,11	236,89	234,99									
2	44,77	234,99	233,11	236,89	234,99									
3	44,77	234,99	233,11	236,89	234,99									
4	44,77	234,99	233,11	236,89	234,99									
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{s1} (kN)	P _{s1} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{pl1} (kN-m)	M _{br1} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)			
0	-	-350	-315	705	-705	1,13	1,13	5363	5363	2498	1077			
1	4326000	-699	-709	-709	-709	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788			
2	4326000	-699	-738	-738	-738	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788			
3	4326000	-699	-730	-730	-730	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788			
4	4326000	-350	-305	-1010	400	1,11	1,15	5363	5363	1077	2498			
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)											
71,3	142,6	213,9	295,4											
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{yl} (kN)	R _{yr} (kN)	R _{sl} (kN)	R _{sr} (kN)				
1	70544	71,3	142,6	213,9	295,4	769	-11757	11757	-4216	-3586				
2						1538								
3						2307								
4						3187								
						V _t (kN)	7802							

ACIKLAMALAR

- 4. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,77^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 233,11 \times 12 + 705 - 709 - 738 - 730 - 1010 + \frac{7802}{2} = 4216 \text{ kN (4216 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,99 \times 12 + 2498 + 1788 + 1788 + 1788 + 1077 = 11758 \text{ kN (11759 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -233,11 \times 12 + 705 + 709 + 738 + 730 - 398 + \frac{7802}{2} = 3587,6 \text{ kN (3585 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,99 \times 12 - 2498 - 1788 - 1788 - 1788 - 1077 = -11758 \text{ kN (-11759 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 5. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 593
YSE profili: W30 x 391
 $\alpha=44,79^\circ$

Çizelge A.14: 4 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=45^\circ$) ve kontroller

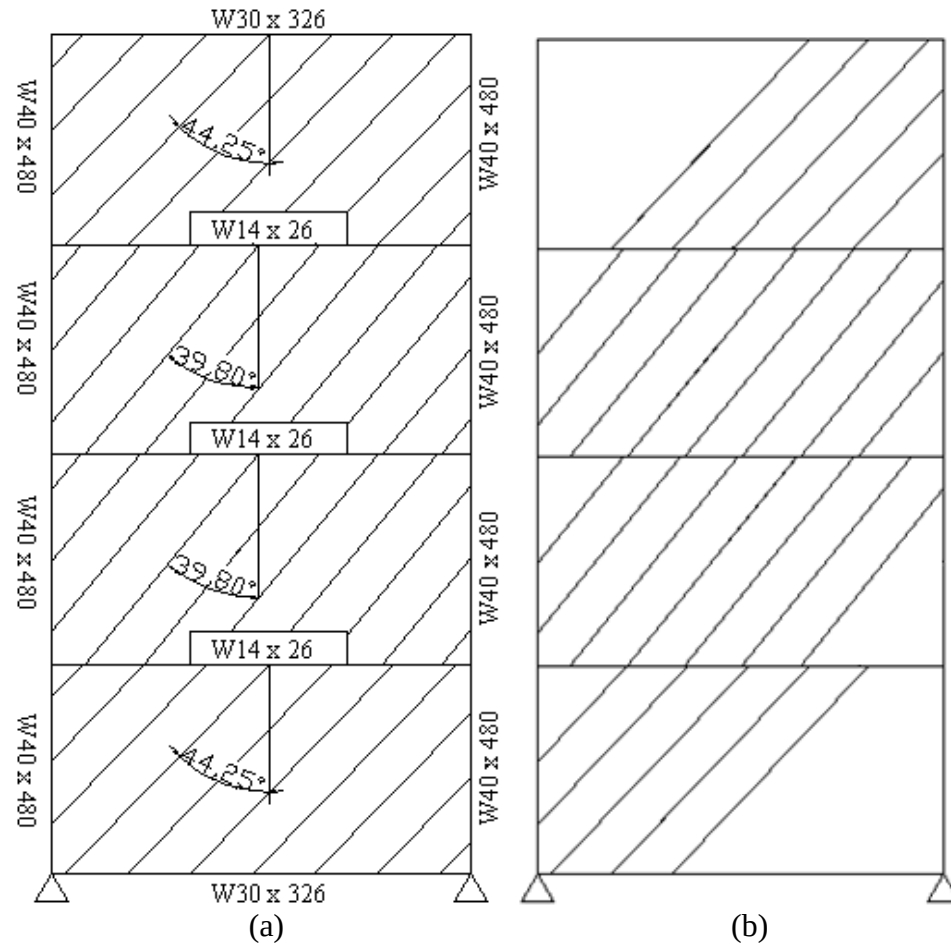
4 KATLI ŞERİTLİ MODEL							
KAT NO	(ÖY+AYY-1. BÖLÜM)		(ÖY+AYY-2. BÖLÜM)		ŞERİTLİ MODEL (SONUÇ PROFİLLER)		
	YSE	DSE	YSE	DSE	YSE	DSE	α
0	W30 x 326	W40 x 480	W30 x 326	W40 x 480	W30 x 326	W40 x 480	-
1	W30 x 326	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	44,25
2	W30 x 326	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	39,80
3	W30 x 326	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	W14 x 26	W40 x 480	39,80
4	W30 x 326	W40 x 480	W30 x 326	W40 x 480	W30 x 326	W40 x 480	44,25

KAT NO	d_i (m)	Δ_i^* (m)	$\delta_i^\dagger$ (m)	$(\delta_i)_{\max}$ (m)	h_i (m)	$(\delta_i)_{\max} / h_i$	Ötelenme Kontrol	Dayanım Kontrol [‡]
1	0,0037	0,0037	0,0259	0,0329	3	0,011	< 0,02 ✓	✓
2	0,0084	0,0047	0,0329					
3	0,0126	0,0042	0,0294					
4	0,0154	0,0028	0,0196					

$$^* \Delta_i = d_i - d_{i-1}$$

$$^\dagger \delta_i = R_a \times \Delta_i (R_a = 7)$$

[‡] Dayanım kontrolü için deprem yükleri 0,76 ile çarpılmıştır.



Şekil A.2: 4 katlı şeritli model ($\alpha=45^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler

5 KATLI MODEL ($\alpha = 30^\circ$) ÇÖZÜMÜ

Çizelge A.15: 5 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=30^\circ$)

DEPREM HESABI VE GL ÖN TASARIMI							
Sistem verileri		F_v (kN/m ²)	L (m)	h (m)			
		235000	6	3			
İlk başta seçilen değerler		α					
		30					
Deprem Hesabı							
Kat No	H_i (m)	W_i (kN)	$W_i H_i$	$W_i H_i / \sum W_i H_i$	ΔF_N (kN)	$V_t - \Delta F_N$	F_i (kN)
5	15	1725,3	25879,5	0,324	29,7	761,5	276,6
4	12	1798,2	21578,4	0,270			205,8
3	9	1798,2	16183,8	0,203			154,4
2	6	1798,2	10789,2	0,135			102,9
1	3	1798,2	5394,6	0,068			51,5
			79825,5				791,2
Kat deprem ve kat kesme kuvvetleri (kN)				GL Tasarımı			
Kat No	Kat deprem kuvvetleri	Kat kesme kuvvetleri	Fe 37 Gövde levhası				
5	276,6	276,6	t_w (m)	ΦV_n (kN)			
4	205,8	482,4	0,002	923,1			
3	154,4	636,8	0,003	1384,7			
2	102,9	739,7	0,004	1846,3			
1	51,5	791,2	0,005	2307,9			
			0,006	2769,4			
			0,007	3231,0			
			0,008	3692,6			
Katlara göre GL seçimi							
Kat No	t_w (m)	Kat kesme kuvvetleri	ΦV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)			
5	0,002	276,6	923,1	30			
4	0,002	482,4	923,1	52			
3	0,002	636,8	923,1	69			
2	0,002	739,7	923,1	80			
1	0,002	791,2	923,1	86			

ACIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “5 katlı model ($\alpha=30^\circ$)” deprem ve GL ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır.
- Deprem hesabı DBYBHY’de [1] verilen EDYY’ye göre yapılmıştır.
- İlgili değerler girilerek GL ön tasarımı yapılmış olur. GL kalınlığı için $t_w = 0,002$ m (2 mm) değeri kullanılacaktır.

Çizelge A.16: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1													
2													
3													
4													
5													
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0251	0,0251	0,0251	0,0251	0,0251	0,524
		t _{w5} (m)					A _{b5} (m ²)						0,524
		0,002					0,0251						0,524
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,524
3	3	3	3	0,007161	0,007161	0,007161	0,007161	0,007161	3,00	6	9	12	0,524
h ₅ (m)				Z _{ab5} (m ³)					H ₅ (m)				
3				0,007161					15				
										yerden yükseklik			
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{kir} (kN/m)	ω _{kir} (kN/m)								
1	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
2	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
3	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
4	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
5	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
KAT NO	k _y (kN/m)	P _{s1} (kN)	P _{s1} (kN)	P _{b1} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{pot} (kN-m)	M _{per} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-176	-174	611	-611	1,08	1,08	1969	1969	1714	-401		
1	1757000	-353	-332	-332	-332	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
2	1757000	-353	-373	-373	-373	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
3	1757000	-353	-370	-370	-370	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
4	1757000	-353	-352	-352	-352	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
5	1757000	-176	-162	-773	449	1,05	1,10	1969	1969	-401	1714		

ACIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “5 katlı model ($\alpha=30^\circ$)” DSE ve YSE ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır. Sistemin malzeme ve geometrik özellikleri girildikten sonra sırasıyla,
 - *Turuncu kısım:* Kiriş akma etkileri program tarafından hesaplanarak YSE (1) profili seçilir. (W30 x 132)
 - *Mor kısım:* W30 x 132 profiline ait (A_{bi}) ve (Z_{bi}) değerleri girilir.
 - *Koyu mavi kısım:* Bu kısımdaki değerler kullanılarak DSE elastik modeli mesnet tepkileri SAP2000 programı yardımıyla hesaplanır ve yeşil renkteki ilgili hücreye yazılır.
 - *Açık mavi kısım:* Turuncu kısımdaki değerlere ek olarak mavi kısımdaki değerler de YSE üzerine yüklenerek YSE (2) profili seçilir. (W30 x 173)
- Bu aşamada (α) başlangıç açısı hesaplanmayacaktır. Hesaplamalar $\alpha=30^\circ$ kabulü altında yapılacaktır. Bu yüzden tablodaki üst kısımlar boş bırakılmıştır.

Çizelge A.17: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)

KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _g (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1													
2													
3													
4													
5													

F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L (m)	E (kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,524
		t _{w5} (m)						A _{b5} (m ²)				0,524	
		0,002						0,0328				0,524	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,524
3	3	3	3	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	3,00	6	9	12	0,524
h ₅ (m)				Z _{ab5} (m ³)				H ₅ (m)					
3				0,009914				15					
yerden yükseklik													

KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER	
		ω _{vc1} (kN/m)	ω _{vc2} (kN/m)	ω _{vb1} (kN/m)	ω _{vb2} (kN/m)
1	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
2	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
3	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
4	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
5	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52

KAT NO	k _y (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{st} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prl} (kN-m)	M _{prr} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)
0	-	-176	-168	611	-611	1,10	1,10	2726	2726	1966	-149
1	2296000	-353	-340	-340	-340	1,14	1,14	2726	2726	909	909
2	2296000	-353	-371	-371	-371	1,13	1,13	2726	2726	909	909
3	2296000	-353	-367	-367	-367	1,13	1,13	2726	2726	909	909
4	2296000	-353	-357	-357	-357	1,13	1,13	2726	2726	909	909
5	2296000	-176	-159	-770	452	1,08	1,12	2726	2726	-149	1966

F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)
51,5	102,9	154,4	205,8	276,6

KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	R _{sl} (kN)	R _{sr} (kN)	R _{bl} (kN)	R _{br} (kN)
1	51033	51,5	102,9	154,4	205,8	299	-8505	8505	-2467	-2131
598										
897										
1196										
1608										
5	F ₅ (kN)				V ₁ (kN)	4599				
	276,6									

AÇIKLAMALAR

- $\alpha=30^\circ$ altında YSE (2) profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 117,5x15 + 611 - 340 - 371 - 367 - 357 - 770 + \frac{4599}{2} = 2468 \text{ kN } (\mathbf{2468 \text{ kN}}) \checkmark$$

$$R_{yl} = 203,52x15 + 1966 + 909 + 909 + 909 + 909 - 149 = 8505 \text{ kN } (\mathbf{8506 \text{ kN}}) \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -117,5x15 + 611 + 340 + 371 + 367 + 357 - 452 + \frac{4599}{2} = 2131 \text{ kN } (\mathbf{2131 \text{ kN}}) \checkmark$$

$$R_{yr} = -203,52x15 - 1966 - 909 - 909 - 909 - 909 + 149 = -8505 \text{ kN } (\mathbf{-8506 \text{ kN}}) \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 1. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 1. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 397
YSE profili: W30 x 211
 $\alpha=44,51^\circ$

Çizelge A.18: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _t (m ²)	I _t (m ⁴)	t _w (m)	a(derece)	A _e (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	a(radyan)
1	3	6	2,000	0,0401	0,0755	0,0133	0,002	44,51	0,00128	1,079	1,155	0,934	0,777
2	3	6	2,000	0,0401	0,0755	0,0133	0,002	44,51	0,00128	1,079	1,155	0,934	0,777
3	3	6	2,000	0,0401	0,0755	0,0133	0,002	44,51	0,00128	1,079	1,155	0,934	0,777
4	3	6	2,000	0,0401	0,0755	0,0133	0,002	44,51	0,00128	1,079	1,155	0,934	0,777
5	3	6	2,000	0,0401	0,0755	0,0133	0,002	44,51	0,00128	1,079	1,155	0,934	0,777
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	a(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,777
		t _{w5} (m)						A _{b5} (m ²)				0,777	
		0,002						0,0401				0,777	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,777
3	3	3	3	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	3,00	6	9	12	0,777
h ₅ (m)				Z _{ab5} (m ³)				H ₅ (m)					
3				0,0123				15					
								yerden yükseklik					
KAT NO	a(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{yg} (kN/m)	ω _{yg} (kN/m)	ω _{gm} (kN/m)	ω _{gm} (kN/m)								
1	44,51	234,97	230,98	239,02	234,97								
2	44,51	234,97	230,98	239,02	234,97								
3	44,51	234,97	230,98	239,02	234,97								
4	44,51	234,97	230,98	239,02	234,97								
5	44,51	234,97	230,98	239,02	234,97								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{sl} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prl} (kN-m)	M _{pr} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-346	-325	705	-705	1,10	1,10	3383	3383	1845	410		
1	2807000	-693	-681	-681	-681	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128		
2	2807000	-693	-725	-725	-725	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
3	2807000	-693	-717	-717	-717	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
4	2807000	-693	-708	-708	-708	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
5	2807000	-346	-310	-1015	395	1,07	1,14	3383	3383	410	1845		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)									
51,5	102,9	154,4	205,8	276,6									
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	R _{sl} (kN)	R _{sr} (kN)	R _{sl} (kN)	R _{sr} (kN)			
1	61737	51,5	102,9	154,4	205,8	362	-10289	10289	-3107	-2457			
2						724							
3						1086							
4						1447							
5						1945							
	F ₅ (kN)				V ₁ (kN)	5563							
	276,6												

ACIKLAMALAR

- 1. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,51^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profili (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 230,98x15 + 705 - 681 - 725 - 717 - 708 - 1015 + \frac{5563}{2} = 3105 \text{ kN (3106 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,97x15 + 1845 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 410 = 10292 \text{ kN (10292 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -230,98x15 + 705 + 681 + 725 + 717 + 708 - 395 + \frac{5563}{2} = 2457 \text{ kN (2458 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,97x15 - 1845 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 410 = -10292 \text{ kN (-10292 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 2. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 2. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 480
YSE profili: W30 x 261
 $\alpha=44,61^\circ$

Çizelge A.19: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	a(derece)	A _c (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	a(radyan)
1	3	6	2,000	0,0495	0,0903	0,0164	0,002	44,61	0,00128	1,066	1,126	0,947	0,779
2	3	6	2,000	0,0495	0,0903	0,0164	0,002	44,61	0,00128	1,066	1,126	0,947	0,779
3	3	6	2,000	0,0495	0,0903	0,0164	0,002	44,61	0,00128	1,066	1,126	0,947	0,779
4	3	6	2,000	0,0495	0,0903	0,0164	0,002	44,61	0,00128	1,066	1,126	0,947	0,779
5	3	6	2,000	0,0495	0,0903	0,0164	0,002	44,61	0,00128	1,066	1,126	0,947	0,779
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	a(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,779
		t _{w5} (m)						A _{b5} (m ²)					0,779
		0,002						0,0495					0,779
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	
3	3	3	3	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	3,00	6	9	12	0,779
h ₅ (m)				Z _{ab5} (m ³)				H ₅ (m)					
3				0,0154				15					
								verden yükseklik					
KAT NO	a(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{ab1} (kN/m)	ω _{ab1} (kN/m)								
1	44,61	234,98	231,80	238,20	234,98								
2	44,61	234,98	231,80	238,20	234,98								
3	44,61	234,98	231,80	238,20	234,98								
4	44,61	234,98	231,80	238,20	234,98								
5	44,61	234,98	231,80	238,20	234,98								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{s1} (kN)	P _{s1} (kN)	P _{s3} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{int} (kN-m)	M _{ext} (kN-m)	V _{s1} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-348	-320	705	-705	1,12	1,12	4235	4235	2126	697		
1	3465000	-695	-694	-694	-694	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
2	3465000	-695	-723	-723	-723	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
3	3465000	-695	-716	-716	-716	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
4	3465000	-695	-717	-717	-717	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
5	3465000	-348	-307	-1012	398	1,09	1,15	4235	4235	697	2126		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)									
51,5	102,9	154,4	205,8	276,6									
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	R _{s1} (kN)	R _{br} (kN)	R _{s3} (kN)	R _{br} (kN)			
1	71968	51,5	102,9	154,4	205,8	422	-11995	11995	-3563	-2923			
2						843							
3						1266							
4						1687							
5						2267							
	F ₅ (kN)				V ₁ (kN)	6485							
	276,6												

ACIKLAMALAR

- 2. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,61^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 231,80 \times 15 + 705 - 694 - 723 - 716 - 717 - 1012 + \frac{6485}{2} = 3563 \text{ kN (3563 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,98 \times 15 + 2126 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 697 = 11995 \text{ kN (11996 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -231,80 \times 15 + 705 + 694 + 723 + 716 + 717 - 398 + \frac{6485}{2} = 2923,5 \text{ kN (2923 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,98 \times 15 - 2126 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 697 = -11995 \text{ kN (-11996 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 3. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 531
YSE profili: W30 x 326
 $\alpha=44,72^\circ$

Çizelge A.20: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=30^\circ$) ve kontroller

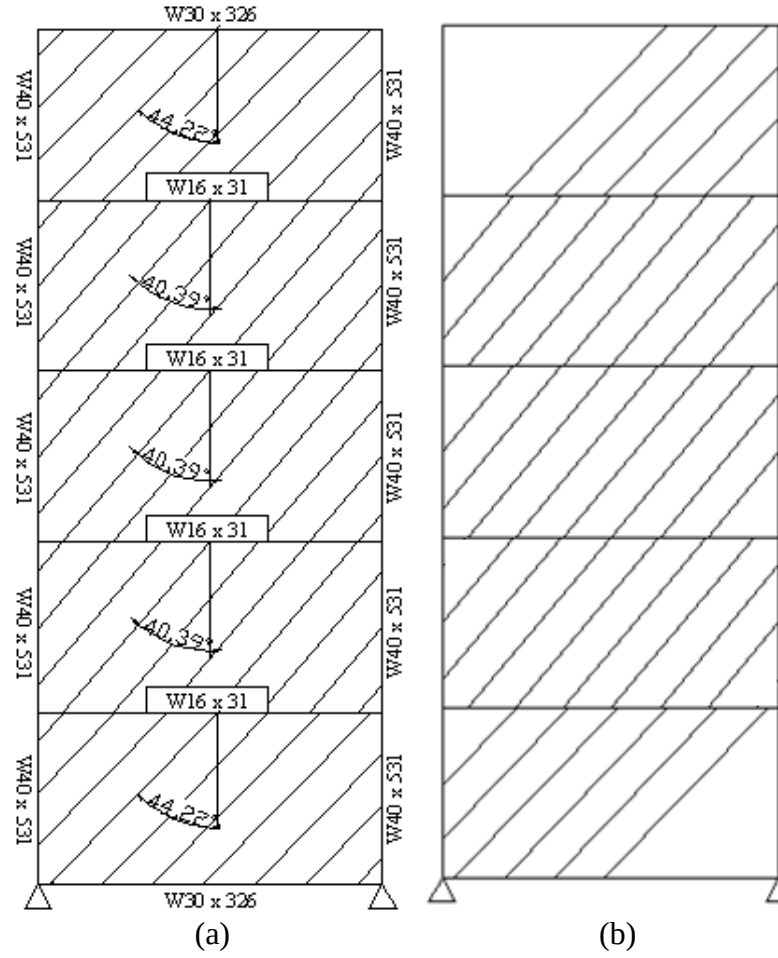
5 KATLI ŞERİTLİ MODEL							
KAT NO	(ÖY+AYY-1. BÖLÜM)		(ÖY+AYY-2. BÖLÜM)		ŞERİTLİ MODEL (SONUÇ PROFİLLER)		
	YSE	DSE	YSE	DSE	YSE	DSE	α
0	W30 x 326	W40 x 531	W30 x 326	W40 x 531	W30 x 326	W40 x 531	-
1	W30 x 326	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	44,22
2	W30 x 326	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	40,39
3	W30 x 326	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	40,39
4	W30 x 326	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	40,39
5	W30 x 326	W40 x 531	W30 x 326	W40 x 531	W30 x 326	W40 x 531	44,22

KAT NO	d_i (m)	Δ_i^* (m)	$\delta_i^\dagger$ (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}}$ (m)	h_i (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}} / h_i$	Ötelenme Kontrol	Dayanım Kontrol [‡]
1	0,0042	0,0042	0,0294	0,0385	3	0,013	< 0,02	✓
2	0,0095	0,0053	0,0371					
3	0,015	0,0055	0,0385					
4	0,0196	0,0046	0,0322					
5	0,0227	0,0031	0,0217					

$$^* \Delta_i = d_i - d_{i-1}$$

$$^\dagger \delta_i = R_a \times \Delta_i (R_a = 7)$$

[‡] Dayanım kontrolü için deprem yükleri 0,77 ile çarpılmıştır.



Şekil A.3: 5 katlı şeritli model ($\alpha=30^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler

5 KATLI MODEL ($\alpha = 45^\circ$) ÇÖZÜMÜ

Çizelge A.21: 5 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=45^\circ$)

DEPREM HESABI VE GL ÖN TASARIMI								
Sistem verileri		F_y (kN/m ²)	L (m)	h (m)				
		235000	6	3				
İlk başta seçilen değerler		α						
		45						
Deprem Hesabı								
Kat No	H_i (m)	W_i (kN)	$W_i H_i$	$W_i H_i / \sum W_i H_i$	ΔF_N (kN)	$V_i - \Delta F_N$	F_i (kN)	
5	15	1725,3	25879,5	0,324	29,7	761,5	276,6	
4	12	1798,2	21578,4	0,270			205,8	
3	9	1798,2	16183,8	0,203			154,4	
2	6	1798,2	10789,2	0,135			102,9	
1	3	1798,2	5394,6	0,068			51,5	
			79825,5			791,2		
Kat deprem ve kat kesme kuvvetleri (kN)			GL Tasarımı					
Kat No	Kat deprem kuvvetleri	Kat kesme kuvvetleri	Fe 37 Gövde levhası					
5	276,6	276,6	t_w (m)		ΦV_n (kN)			
4	205,8	482,4	0,002		1066,0			
3	154,4	636,8	0,003		1598,9			
2	102,9	739,7	0,004		2131,9			
1	51,5	791,2	0,005		2664,9			
			0,006		3197,9			
			0,007		3730,9			
			0,008		4263,8			
Katlara göre GL seçimi								
Kat No	t_w (m)	Kat kesme kuvvetleri	ΦV_n (kN)	Kullanılan kapasite (%)				
5	0,002	276,6	1066,0	26				
4	0,002	482,4	1066,0	45				
3	0,002	636,8	1066,0	60				
2	0,002	739,7	1066,0	69				
1	0,002	791,2	1066,0	74				

AÇIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “5 katlı model ($\alpha=45^\circ$)” deprem ve GL ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır.
- Deprem hesabı DBYBHY’de [1] verilen EDYY’ye göre yapılmıştır.
- İlgili değerler girilerek GL ön tasarımı yapılmış olur. GL kalınlığı için $t_w = 0,002$ m (2 mm) değeri kullanılacaktır.

Çizelge A.22: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _t (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1													
2													
3													
4													
5													
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L (m)	E (kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0188	0,0188	0,0188	0,0188	0,0188	0,785
		t _{w5} (m)						A _{b5} (m ²)				0,785	
		0,002						0,0188				0,785	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,785
3	3	3	3	0,005113	0,005113	0,005113	0,005113	0,005113	3,00	6	9	12	0,785
h ₅ (m)				Z _{ab5} (m ³)				H ₅ (m)					
3				0,005113				15					
										yerden yükseklik			
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{kır} (kN/m)	ω _{kır} (kN/m)								
1	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
2	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
3	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
4	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
5	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{sl} (kN)	P _{st} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prt} (kN-m)	M _{pr} (kN-m)	V _{st} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-353	-360	705	-705	1,02	1,02	1406	1406	1174	-236		
1	1316000	-705	-643	-643	-643	1,03	1,03	1406	1406	469	469		
2	1316000	-705	-752	-752	-752	1,01	1,01	1406	1406	469	469		
3	1316000	-705	-746	-746	-746	1,01	1,01	1406	1406	469	469		
4	1316000	-705	-693	-693	-693	1,02	1,02	1406	1406	469	469		
5	1316000	-353	-331	-1036	374	0,94	1,09	1327	1406	-250	1160		

ACIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “5 katlı model ($\alpha=45^\circ$)” DSE ve YSE ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır. Sistemin malzeme ve geometrik özellikleri girildikten sonra sırasıyla,
 - *Turuncu kısım:* Kiriş akma etkileri program tarafından hesaplanarak YSE (1) profili seçilir. (W30 x 99)
 - *Mor kısım:* W30 x 99 profiline ait (A_{bi}) ve (Z_{bi}) değerleri girilir.
 - *Koyu mavi kısım:* Bu kısımdaki değerler kullanılarak DSE elastik modeli mesnet tepkileri SAP2000 programı yardımıyla hesaplanır ve yeşil renkteki ilgili hücreye yazılır.
 - *Açık mavi kısım:* Turuncu kısımdaki değerlere ek olarak mavi kısımdaki değerler de YSE üzerine yüklenerek YSE (2) profili seçilir. (W30 x 124)
- Bu aşamada (α) başlangıç açısı hesaplanmayacaktır. Hesaplamalar $\alpha=45^\circ$ kabulü altında yapılacaktır. Bu yüzden tablodaki üst kısımlar boş bırakılmıştır.

Çizelge A.23: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)														
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	a(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	a(radyan)	
1														
2														
3														
4														
5														
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	a(radyan)	
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0235	0,0235	0,0235	0,0235	0,0235	0,785	
		t _{w5} (m)						A _{b5} (m ²)						
		0,002						0,0235						
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,785	
3	3	3	3	0,006686	0,006686	0,006686	0,006686	0,006686	3,00	6	9	12		
h ₅ (m)				Z _{ab5} (m ³)				H ₅ (m)						
3				0,006686				15						
										yerden yükseklik				
KAT NO	a(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER										
		ω _{rel} (kN/m)	ω _{ext} (kN/m)	ω _{int} (kN/m)	ω _{ext} (kN/m)									
1	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
2	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
3	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
4	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
5	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{sl} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{rel} (kN-m)	M _{br} (kN-m)	V _{sl} (kN)	V _{br} (kN)			
0	-	-353	-350	705	-705	1,05	1,05	1839	1839	1318	-92			
1	1645000	-705	-659	-659	-659	1,06	1,06	1839	1839	613	613			
2	1645000	-705	-748	-748	-748	1,04	1,04	1839	1839	613	613			
3	1645000	-705	-741	-741	-741	1,04	1,04	1839	1839	613	613			
4	1645000	-705	-701	-701	-701	1,05	1,05	1839	1839	613	613			
5	1645000	-353	-326	-1031	379	0,99	1,11	1823	1839	-95	1315			
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)										
51,5	102,9	154,4	205,8	276,6										
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{sl} (kN)	R _{br} (kN)	R _{sl} (kN)	R _{br} (kN)				
1	43199	51,5	102,9	154,4	205,8	253	-7200	7200	-2296	-1596				
2						506								
3						760								
4						1013								
5						1361								
	F ₅ (kN)					V ₁ (kN)								
	276,6					3893								

ACIKLAMALAR

- $\alpha=45^\circ$ altında YSE (2) profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 235 \times 15 + 705 - 659 - 748 - 741 - 701 - 1031 + \frac{3893}{2} = 2296,5 \text{ kN (2297 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 235 \times 15 + 1318 + 613 + 613 + 613 + 613 - 95 = 7200 \text{ kN (7200 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -235 \times 15 + 705 + 659 + 748 + 741 + 701 - 379 + \frac{3893}{2} = 1596,5 \text{ kN (1597 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -235 \times 15 - 1315 - 613 - 613 - 613 - 613 + 92 = -7200 \text{ kN (-7200 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 1. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 1. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 324
YSE profili: W30 x 173
 $\alpha=44,42^\circ$

Çizelge A.24: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	a(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	a(radyan)
1	3	6	2,000	0,0328	0,0615	0,0107	0,002	44,42	0,00128	1,098	1,190	0,922	0,775
2	3	6	2,000	0,0328	0,0615	0,0107	0,002	44,42	0,00128	1,098	1,190	0,922	0,775
3	3	6	2,000	0,0328	0,0615	0,0107	0,002	44,42	0,00128	1,098	1,190	0,922	0,775
4	3	6	2,000	0,0328	0,0615	0,0107	0,002	44,42	0,00128	1,098	1,190	0,922	0,775
5	3	6	2,000	0,0328	0,0615	0,0107	0,002	44,42	0,00128	1,098	1,190	0,922	0,775
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L (m)	E (kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	a(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,775
		t _{w5} (m)						A _{b5} (m ²)				0,775	
		0,002						0,0328				0,775	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	a(radyan)
3	3	3	3	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	3,00	6	9	12	0,775
h ₅ (m)				Z _{ab5} (m ³)				H ₅ (m)					
3				0,009914				15					
										yerden yükseklik			
KAT NO	a(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{gir} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{gir} (kN/m)								
1	44,42	234,95	230,24	239,76	234,95								
2	44,42	234,95	230,24	239,76	234,95								
3	44,42	234,95	230,24	239,76	234,95								
4	44,42	234,95	230,24	239,76	234,95								
5	44,42	234,95	230,24	239,76	234,95								
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{st} (kN)	P _{st} (kN)	P _{st} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{int} (kN-m)	M _{br} (kN-m)	V _{st} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-345	-330	705	-705	1,09	1,09	2726	2726	1628	190		
1	2296000	-691	-667	-667	-667	1,09	1,09	2726	2726	909	909		
2	2296000	-691	-727	-727	-727	1,08	1,08	2726	2726	909	909		
3	2296000	-691	-719	-719	-719	1,09	1,09	2726	2726	909	909		
4	2296000	-691	-699	-699	-699	1,09	1,09	2726	2726	909	909		
5	2296000	-345	-312	-1017	393	1,05	1,13	2726	2726	190	1628		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)									
51,5	102,9	154,4	205,8	276,6									
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{st} (kN)	R _{br} (kN)	R _{st} (kN)	R _{br} (kN)			
1	53862	51,5	102,9	154,4	205,8	316	-8977	8977	-2757	-2097			
2						631							
3						947							
4						1262							
5						1697							
	F ₅ (kN)				V ₁ (kN)	4854							
	276,6												

ACIKLAMALAR

- 1. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,42^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profili (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 230,24 \times 15 + 705 - 667 - 727 - 719 - 699 - 1017 + \frac{4854}{2} = 2756,6 \text{ kN (2756 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,95 \times 15 + 1628 + 909 + 909 + 909 + 909 + 190 = 8978 \text{ kN (8978 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -230,24 \times 15 + 705 + 667 + 727 + 719 + 699 - 393 + \frac{4854}{2} = 2097 \text{ kN (2097 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,95 \times 15 - 1628 - 909 - 909 - 909 - 909 - 190 = -8978 \text{ kN (-8978 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 2. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 2. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 397 YSE profili: W30 x 211 $\alpha=44,51^\circ$
--

Çizelge A.25: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _g (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0401	0,0755	0,0133	0,002	44,51	0,00128	1,079	1,155	0,934	0,777
2	3	6	2,000	0,0401	0,0755	0,0133	0,002	44,51	0,00128	1,079	1,155	0,934	0,777
3	3	6	2,000	0,0401	0,0755	0,0133	0,002	44,51	0,00128	1,079	1,155	0,934	0,777
4	3	6	2,000	0,0401	0,0755	0,0133	0,002	44,51	0,00128	1,079	1,155	0,934	0,777
5	3	6	2,000	0,0401	0,0755	0,0133	0,002	44,51	0,00128	1,079	1,155	0,934	0,777
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,777
		t _{w5} (m)						A _{b5} (m ²)				0,777	
		0,002						0,0401				0,777	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,777
3	3	3	3	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	3,00	6	9	12	0,777
h ₅ (m)				Z _{ab5} (m ³)				H ₅ (m)					
3				0,0123				15					
								yerden yükseklik					
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{nc} (kN/m)	ω _{nc} (kN/m)	ω _{ab} (kN/m)	ω _{ab} (kN/m)								
1	44,51	234,97	230,98	239,02	234,97								
2	44,51	234,97	230,98	239,02	234,97								
3	44,51	234,97	230,98	239,02	234,97								
4	44,51	234,97	230,98	239,02	234,97								
5	44,51	234,97	230,98	239,02	234,97								
KAT NO	k _y (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{sl} (kN)	P _{bt} (kN)	P _{bt} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{net} (kN-m)	M _{net} (kN-m)	V _{bt} (kN)	V _{bt} (kN)		
0	-	-346	-324	705	-705	1,10	1,10	3383	3383	1845	410		
1	2807000	-693	-681	-681	-681	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128		
2	2807000	-693	-725	-725	-725	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
3	2807000	-693	-717	-717	-717	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
4	2807000	-693	-708	-708	-708	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
5	2807000	-346	-310	-1015	395	1,07	1,14	3383	3383	410	1845		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)									
51,5	102,9	154,4	205,8	276,6									
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{yt} (kN)	R _{yt} (kN)	R _{sl} (kN)	R _{sr} (kN)			
1	61737	51,5	102,9	154,4	205,8	362	-10289	10289	-3106	-2458			
2						724							
3						1086							
4						1447							
5						1945							
	F ₅ (kN)				V _t (kN)	5563							
	276,6												

ACIKLAMALAR

- 2. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,51^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 230,98 \times 15 + 705 - 681 - 725 - 717 - 708 - 1015 + \frac{5563}{2} = 3105 \text{ kN (3106 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,97 \times 15 + 1845 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 410 = 10292 \text{ kN (10292 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -230,98 \times 15 + 705 + 681 + 725 + 717 + 708 - 395 + \frac{5563}{2} = 2458 \text{ kN (2458 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,97 \times 15 - 1845 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 410 = -10292 \text{ kN (-10292 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 3. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 480 YSE profili: W30 x 261 $\alpha=44,61^\circ$
--

Çizelge A.26: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-4. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	a (derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	a (radyan)
1	3	6	2,000	0,0495	0,0903	0,0164	0,002	44,61	0,00128	1,066	1,126	0,947	0,779
2	3	6	2,000	0,0495	0,0903	0,0164	0,002	44,61	0,00128	1,066	1,126	0,947	0,779
3	3	6	2,000	0,0495	0,0903	0,0164	0,002	44,61	0,00128	1,066	1,126	0,947	0,779
4	3	6	2,000	0,0495	0,0903	0,0164	0,002	44,61	0,00128	1,066	1,126	0,947	0,779
5	3	6	2,000	0,0495	0,0903	0,0164	0,002	44,61	0,00128	1,066	1,126	0,947	0,779
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L (m)	E (kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	a (radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,779
		t _{w3} (m)						A _{b3} (m ²)				0,779	
		0,002						0,0495				0,779	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,779
3	3	3	3	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	3,00	6	9	12	0,779
h ₅ (m)				Z _{ab5} (m ³)					H ₅ (m)				
3				0,0154					15				
									yerden yükseklik				
KAT NO	a (derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{w1} (kN/m)	ω _{w2} (kN/m)	ω _{w3} (kN/m)	ω _{w4} (kN/m)								
1	44,61	234,98	231,80	238,20	234,98								
2	44,61	234,98	231,80	238,20	234,98								
3	44,61	234,98	231,80	238,20	234,98								
4	44,61	234,98	231,80	238,20	234,98								
5	44,61	234,98	231,80	238,20	234,98								
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{s1} (kN)	P _{s2} (kN)	P _{s3} (kN)	P _{s4} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{int1} (kN-m)	M _{int2} (kN-m)	V _{s1} (kN)	V _{s2} (kN)		
0	-	-348	-320	705	-705	1,12	1,12	4235	4235	2126	697		
1	3465000	-695	-694	-694	-694	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
2	3465000	-695	-723	-723	-723	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
3	3465000	-695	-716	-716	-716	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
4	3465000	-695	-717	-717	-717	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
5	3465000	-348	-307	-1012	398	1,09	1,15	4235	4235	697	2126		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)									
51,5	102,9	154,4	205,8	276,6									
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{y1} (kN)	R _{y2} (kN)	R _{s1} (kN)	R _w (kN)			
1	71968	51,5	102,9	154,4	205,8	422	-11995	11995	-3563	-2923			
2						843							
3						1266							
4						1687							
5						2267							
	F ₅ (kN)				V ₁ (kN)	6485							
	276,6												

ACIKLAMALAR

- 3. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,61^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 231,80 \times 15 + 705 - 694 - 723 - 716 - 717 - 1012 + \frac{6485}{2} = 3563 \text{ kN } (\mathbf{3563 \text{ kN}}) \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,98 \times 15 + 2126 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 697 = 11995 \text{ kN } (\mathbf{11996 \text{ kN}}) \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -231,80 \times 15 + 705 + 694 + 723 + 716 + 717 - 398 + \frac{6485}{2} = 2923 \text{ kN } (\mathbf{2923 \text{ kN}}) \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,98 \times 15 - 2126 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 697 = -11995 \text{ kN } (\mathbf{-11996 \text{ kN}}) \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 4. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 531 YSE profili: W30 x 326 $\alpha=44,72^\circ$
--

Çizelge A.27: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-5. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	a(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	a(radyan)
1	3	6	2,000	0,0618	0,1006	0,0184	0,002	44,72	0,00127	1,060	1,101	0,962	0,781
2	3	6	2,000	0,0618	0,1006	0,0184	0,002	44,72	0,00127	1,060	1,101	0,962	0,781
3	3	6	2,000	0,0618	0,1006	0,0184	0,002	44,72	0,00127	1,060	1,101	0,962	0,781
4	3	6	2,000	0,0618	0,1006	0,0184	0,002	44,72	0,00127	1,060	1,101	0,962	0,781
5	3	6	2,000	0,0618	0,1006	0,0184	0,002	44,72	0,00127	1,060	1,101	0,962	0,781
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	a(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,781
		t _{w5} (m)						A _{b5} (m ²)					0,781
		0,002						0,0618					0,781
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	
3	3	3	3	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	3,00	6	9	12	0,781
h ₅ (m)				Z _{ab5} (m ³)				H ₅ (m)					
3				0,0195				15					
										yerden yükseklik			
KAT NO	a(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{ir1} (kN/m)	ω _{ir2} (kN/m)								
1	44,72	234,99	232,70	237,30	234,99								
2	44,72	234,99	232,70	237,30	234,99								
3	44,72	234,99	232,70	237,30	234,99								
4	44,72	234,99	232,70	237,30	234,99								
5	44,72	234,99	232,70	237,30	234,99								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{si} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{g1} (kN-m)	M _{g2} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-349	-315	705	-705	1,13	1,13	5363	5363	2499	1076		
1	4326000	-698	-707	-707	-707	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788		
2	4326000	-698	-722	-722	-722	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788		
3	4326000	-698	-715	-715	-715	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788		
4	4326000	-698	-726	-726	-726	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788		
5	4326000	-349	-305	-1010	400	1,11	1,15	5363	5363	1076	2499		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)									
51,5	102,9	154,4	205,8	276,6									
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{d1} (kN)	R _{tr} (kN)	R _d (kN)	R _{tr} (kN)			
1	85499	51,5	102,9	154,4	205,8	501	-14250	14250	-4167	-3537			
2						1002							
3						1504							
4						2004							
5						2693							
	F ₅ (kN)				V ₁ (kN)	7705							
	276,6												

ACIKLAMALAR

- 4. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,72^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 232,70 \times 15 + 705 - 707 - 722 - 715 - 726 - 1010 + \frac{7705}{2} = 4168 \text{ kN } (\mathbf{4168 \text{ kN}}) \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,99 \times 15 + 2499 + 1788 + 1788 + 1788 + 1788 + 1076 = 14251 \text{ kN } (\mathbf{14252 \text{ kN}}) \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -232,70 \times 15 + 705 + 707 + 722 + 715 + 726 - 400 + \frac{7705}{2} = 3537 \text{ kN } (\mathbf{3537 \text{ kN}}) \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,99 \times 15 - 2499 - 1788 - 1788 - 1788 - 1788 - 1076 = -14251 \text{ kN } (\mathbf{-14252 \text{ kN}}) \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 5. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 655 YSE profili: W30 x 391 $\alpha=44,76^\circ$
--

Çizelge A.28: 5 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=45^\circ$) ve kontroller

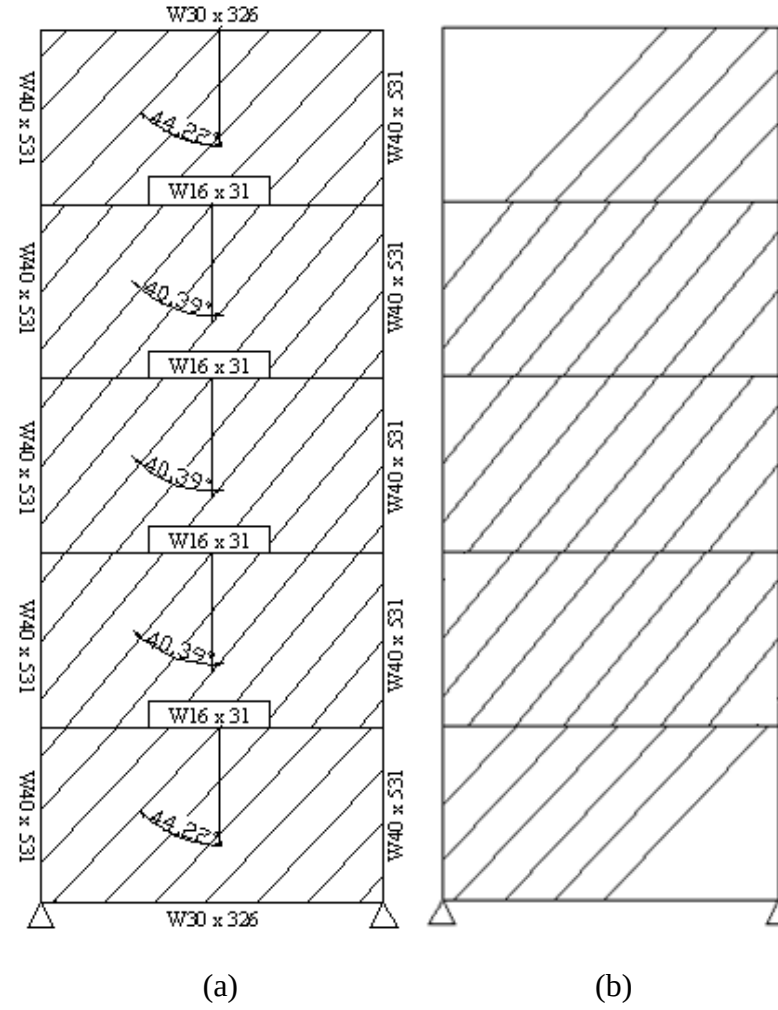
5 KATLI ŞERİTLİ MODEL							
KAT NO	(ÖY+AYY-1. BÖLÜM)		(ÖY+AYY-2. BÖLÜM)		ŞERİTLİ MODEL (SONUÇ PROFİLLER)		
	YSE	DSE	YSE	DSE	YSE	DSE	α
0	W30 x 326	W40 x 531	W30 x 326	W40 x 531	W30 x 326	W40 x 531	-
1	W30 x 326	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	44,22
2	W30 x 326	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	40,39
3	W30 x 326	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	40,39
4	W30 x 326	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	W16 x 31	W40 x 531	40,39
5	W30 x 326	W40 x 531	W30 x 326	W40 x 531	W30 x 326	W40 x 531	44,22

KAT NO	d_i (m)	Δ_i^* (m)	$\delta_i^\dagger$ (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}}$ (m)	h_i (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}} / h_i$	Ötelenme Kontrol	Dayanım Kontrol [‡]
1	0,0042	0,0042	0,0294	0,0385	3	0,013	< 0,02 ✓	✓
2	0,0095	0,0053	0,0371					
3	0,015	0,0055	0,0385					
4	0,0196	0,0046	0,0322					
5	0,0227	0,0031	0,0217					

$$^* \Delta_i = d_i - d_{i-1}$$

$$^\dagger \delta_i = R_a \times \Delta_i (R_a = 7)$$

[‡] Dayanım kontrolü için deprem yükleri 0,77 ile çarpılmıştır.



Şekil A.4: 5 katlı şeritli model ($\alpha=45^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler

6 KATLI MODEL ($\alpha = 30^\circ$) ÇÖZÜMÜ

Çizelge A.29: 6 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=30^\circ$)

DEPREM HESABI VE GL ÖN TASARIMI										
Sistem verileri		F _y (kN/m ²)	L (m)	h (m)						
		235000	6	3						
İlk başta seçilen değerler		α								
		30								
Deprem Hesabı										
Kat No	H _i (m)	W _i (kN)	W _i H _i	W _i H _i /Σ W _i H _i	ΔF _N (kN)	V _t - ΔF _N	F _i (kN)			
6	18	1725,3	31055,4	0,277	38	807,1	261,8			
5	15	1798,2	26973	0,241			194,4			
4	12	1798,2	21578,4	0,193			155,5			
3	9	1798,2	16183,8	0,145			116,7			
2	6	1798,2	10789,2	0,096			77,8			
1	3	1798,2	5394,6	0,048			38,9			
			111974,4	845,1						
Kat deprem ve kat kesme kuvvetleri (kN)			GL Tasarımı							
Kat No	Kat deprem kuvvetleri	Kat kesme kuvvetleri	Fe 37 Gövde Levhası							
			t _w (m)	ΦV _n (kN)						
6	261,8	261,8	0,002	923,1						
5	194,4	456,3	0,003	1384,7						
4	155,5	611,8	0,004	1846,3						
3	116,7	728,4	0,005	2307,9						
2	77,8	806,2	0,006	2769,4						
1	38,9	845,1	0,007	3231,0						
			0,008	3692,6						
Katlara göre GL seçimi										
Kat No	t _w (m)	Kat kesme kuvvetleri	ΦV _n (kN)	Kullanılan kapasite (%)						
6	0,002	261,8	923,1	28						
5	0,002	456,3	923,1	49						
4	0,002	611,8	923,1	66						
3	0,002	728,4	923,1	79						
2	0,002	806,2	923,1	87						
1	0,002	845,1	923,1	92						

AÇIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “6 katlı model ($\alpha=30^\circ$)” deprem ve GL ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır.
- Deprem hesabı DBYBHY’de [1] verilen EDYY’ye göre yapılmıştır.
- İlgili değerler girilerek GL ön tasarımı yapılmış olur. GL kalınlığı için $t_w = 0,002$ m (2 mm) değeri kullanılacaktır.

Çizelge A.30: 6 katlı model için (ÖY+AYY – 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	$A_b(m^2)$	$A_c(m^2)$	$I_c(m^4)$	$t_w(m)$	$\alpha(derece)$	$A_s(m^2)$	ÜST	ALT	ÜST/ALT	$\alpha(radyan)$
1													
2													
3													
4													
5													
6													
$F_{yp}(kN/m^2)$ -GL	$F_{yp}(kN/m^2)$ -YSE-DSE	$t_{w1}(m)$	$t_{w2}(m)$	$t_{w3}(m)$	$t_{w4}(m)$	L(m)	E(kN/m ²)	$A_{b1}(m^2)$	$A_{b2}(m^2)$	$A_{b3}(m^2)$	$A_{b4}(m^2)$	$A_{b5}(m^2)$	$\alpha(radyan)$
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0251	0,0251	0,0251	0,0251	0,0251	0,524
		$t_{w2}(m)$	$t_{w3}(m)$	$t_{w4}(m)$				$A_{b5}(m^2)$			$A_{b6}(m^2)$		0,524
		0,002		0,002				0,0251			0,0251		0,524
$h_1(m)$	$h_2(m)$	$h_3(m)$	$h_4(m)$	$Z_{ab1}(m^3)$	$Z_{ab2}(m^3)$	$Z_{ab3}(m^3)$	$Z_{ab4}(m^3)$	$Z_{ab5}(m^3)$	$H_1(m)$	$H_2(m)$	$H_3(m)$	$H_4(m)$	0,524
3	3	3	3	0,007161	0,007161	0,007161	0,007161	0,007161	3,00	6	9	12	0,524
$h_2(m)$	$h_3(m)$	$Z_{ab5}(m^3)$				$Z_{ab6}(m^3)$	$H_2(m)$	$H_3(m)$					0,524
3	3	0,007161				0,007161	15	18					
							yerden yükseklik						
KAT NO	$\alpha(derece)$	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		$\omega_{ve}(kN/m)$	$\omega_{vst}(kN/m)$	$\omega_{ab}(kN/m)$	$\omega_{sh}(kN/m)$								
1	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
2	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
3	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
4	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
5	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
6	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
KAT NO	$k_0(kN/m)$	$P_d(kN)$	$P_{d1}(kN)$	$P_{d2}(kN)$	$P_{d3}(kN)$	KOŞUL	KOŞUL	$M_{per}(kN-m)$	$M_{per}(kN-m)$	$V_{d1}(kN)$	$V_{d2}(kN)$		
0	-	-176	-174	611	-611	1,08	1,08	1969	1969	1714	-401		
1	1757000	-353	-332	-332	-332	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
2	1757000	-353	-371	-371	-371	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
3	1757000	-353	-360	-360	-360	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
4	1757000	-353	-365	-365	-365	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
5	1757000	-353	-352	-352	-352	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
6	1757000	-176	-162	-773	449	1,05	1,10	1969	1969	-401	1714		

AÇIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “6 katlı model ($\alpha=30^\circ$)” DSE ve YSE ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır. Sistemin malzeme ve geometrik özellikleri girildikten sonra sırasıyla,
 - *Turuncu kısım:* Kiriş akma etkileri program tarafından hesaplanarak YSE (1) profili seçilir. (W30 x 132)
 - *Mor kısım:* W30 x 132 profiline ait (A_{bi}) ve (Z_{bi}) değerleri girilir.
 - *Koyu mavi kısım:* Bu kısımdaki değerler kullanılarak DSE elastik modeli mesnet tepkileri SAP2000 programı yardımıyla hesaplanır ve yeşil renkteki ilgili hücreye yazılır.
 - *Açık mavi kısım:* Turuncu kısımdaki değerlere ek olarak mavi kısımdaki değerler de YSE üzerine yüklenerek YSE (2) profili seçilir. (W30 x 173)
- Bu aşamada (α) başlangıç açısı hesaplanmayacaktır. Hesaplamalar $\alpha=30^\circ$ kabulü altında yapılacaktır. Bu yüzden tablodaki üst kısımlar boş bırakılmıştır.

Çizelge A.31: 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)																
KAT NO	h (m)		L (m)	L/h	A _b (m ²)		A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α (derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α (radyan)	
1																
2																
3																
4																
5																
6																
F _{yp} (kN/m ²)-GL		F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE		t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L (m)	E (kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α (radyan)	
235000		275000		0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,524	
				t _{w5} (m)		t _{w6} (m)					A _{b5} (m ²)				A _{b6} (m ²)	0,524
				0,002		0,002					0,0328				0,0328	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{b15} (m ³)	Z _{b12} (m ³)	Z _{b13} (m ³)	Z _{b14} (m ³)	Z _{b15} (m ³)	Z _{b16} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	H ₅ (m)	0,524	
3	3	3	3	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	3,00	6	9	12	12	0,524	
h ₅ (m)		h ₆ (m)		Z _{b15} (m ³)				Z _{b16} (m ³)		H ₅ (m)		H ₆ (m)		0,524		
3		3		0,009914				0,009914		15		18				
												verden yükseklik				
KAT NO	α (derece)		KOLONLAR		KİRİŞLER											
ω _{kol} (kN/m)			ω _{kol} (kN/m)	ω _{kis} (kN/m)	ω _{kis} (kN/m)											
1	30,00		203,52	117,50	352,50	203,52										
2	30,00		203,52	117,50	352,50	203,52										
3	30,00		203,52	117,50	352,50	203,52										
4	30,00		203,52	117,50	352,50	203,52										
5	30,00		203,52	117,50	352,50	203,52										
6	30,00		203,52	117,50	352,50	203,52										
KAT NO	k _b (kN/m)	P _d (kN)	P _d (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{gd1} (kN-m)	M _{gd2} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)					
0	-	-176	-169	611	-611	1,10	1,10	2726	2726	1966	-149					
1	2296000	-353	-341	-341	-341	1,14	1,14	2726	2726	909	909					
2	2296000	-353	-369	-369	-369	1,13	1,13	2726	2726	909	909					
3	2296000	-353	-358	-358	-358	1,13	1,13	2726	2726	909	909					
4	2296000	-353	-363	-363	-363	1,13	1,13	2726	2726	909	909					
5	2296000	-353	-357	-357	-357	1,13	1,13	2726	2726	909	909					
6	2296000	-176	-160	-771	451	1,08	1,12	2726	2726	-149	1966					
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)											
38,9	77,8	116,7	155,5	194,4	261,8											
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{d1} (kN)	R _{tr} (kN)	R _{d1} (kN)	R _{tr} (kN)						
1	60149	38,9	77,8	116,7	155,5	210	-10025	10025	-2453	-2115						
421																
631																
840																
1051																
1415																
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)			4568	V ₁ (kN)									
		194.4	261.8													

ACIKLAMALAR

- $\alpha=30^\circ$ altında YSE (2) profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 117,5 \times 18 + 611 - 341 - 369 - 358 - 363 - 357 - 771 + \frac{4568}{2} = 2451 \text{ kN (2451 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 203,52 \times 18 + 1966 + 909 + 909 + 909 + 909 + 909 - 149 = 10025 \text{ kN (10025 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -117,5 \times 18 + 611 + 341 + 369 + 358 + 363 + 357 - 451 + \frac{4568}{2} = 2117 \text{ kN (2117 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -203,52 \times 18 - 1966 - 909 - 909 - 909 - 909 - 909 + 149 = -10025 \text{ kN (-10025 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 1. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 1. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 431
YSE profili: W30 x 211
 $\alpha=44,48^\circ$

Çizelge A.32: 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)																
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _k (m ²)	A _k (m ²)	I _c (m ⁴)	t _c (m)	α(derece)	A _k (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)			
1	3	6	2,000	0,0401	0,0819	0,0145	0,002	44,48	0,00128	1,073	1,155	0,929	0,776			
2	3	6	2,000	0,0401	0,0819	0,0145	0,002	44,48	0,00128	1,073	1,155	0,929	0,776			
3	3	6	2,000	0,0401	0,0819	0,0145	0,002	44,48	0,00128	1,073	1,155	0,929	0,776			
4	3	6	2,000	0,0401	0,0819	0,0145	0,002	44,48	0,00128	1,073	1,155	0,929	0,776			
5	3	6	2,000	0,0401	0,0819	0,0145	0,002	44,48	0,00128	1,073	1,155	0,929	0,776			
6	3	6	2,000	0,0401	0,0819	0,0145	0,002	44,48	0,00128	1,073	1,155	0,929	0,776			
F _{yt} (kN/m ²)-GL		F _{yt} (kN/m ²)-YSE-DSE		t _{u1} (m)	t _{u2} (m)	t _{u3} (m)	t _{u4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	A _{b6} (m ²)	α(radyan)
235000		275000		0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,776
				t _{u5} (m)		t _{u6} (m)				A _{b5} (m ²)				A _{b6} (m ²)		0,776
				0,002		0,002				0,0401				0,0401		0,776
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)				
3	3	3	3	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	3,00	6	9	12				
h ₅ (m)		h ₆ (m)		Z _{ab5} (m ³)				Z _{ab6} (m ³)	H ₅ (m)		H ₆ (m)					
3		3		0,0123				0,0123	15		18					
										yerden yükseklik						
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER												
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kir} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{kir} (kN/m)											
1	44,48	234,96	230,73	239,27	234,96											
2	44,48	234,96	230,73	239,27	234,96											
3	44,48	234,96	230,73	239,27	234,96											
4	44,48	234,96	230,73	239,27	234,96											
5	44,48	234,96	230,73	239,27	234,96											
6	44,48	234,96	230,73	239,27	234,96											
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{dl} (kN)	P _{sl} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{gdl} (kN-m)	M _{grc} (kN-m)	V _{bl} (kN)	V _{br} (kN)					
0	-	-346	-324	705	-705	1,10	1,10	3383	3383	1845	410					
1	2807000	-692	-680	-680	-680	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128					
2	2807000	-692	-721	-721	-721	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128					
3	2807000	-692	-699	-699	-699	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128					
4	2807000	-692	-711	-711	-711	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128					
5	2807000	-692	-708	-708	-708	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128					
6	2807000	-346	-310	-1015	395	1,07	1,14	3383	3383	410	1845					
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)											
38,9	77,8	116,7	155,5	194,4	261,8											
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	R _{dl} (kN)	R _{grc} (kN)	R _{dl} (kN)	R _{gr} (kN)						
1	72731	38,9	77,8	116,7	155,5	254	-12122	12122	-3086	-2438						
2						508										
3						763										
4						1016										
5						1271										
6						1711										
		F ₅ (kN)		F ₆ (kN)		5523	V _i (kN)									
		194,4		261,8												

ACIKLAMALAR

- 1. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,48^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profili (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 230,73 \times 18 + 705 - 680 - 721 - 699 - 711 - 708 - 1015 + \frac{5523}{2} = 3086 \text{ kN (3086 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,96 \times 18 + 1845 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 410 = 12124 \text{ kN (12124 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -230,73 \times 18 + 705 + 680 + 721 + 699 + 711 + 708 - 395 + \frac{5523}{2} = 2438 \text{ kN (2437 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,96 \times 18 - 1845 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 410 = -12124 \text{ kN (-12124 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 2. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 2. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x531 YSE profili: W30 x 261 $\alpha=44,57^\circ$

Çizelge A.33: 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A ₀ (m ²)	A ₁ (m ²)	I ₁ (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A ₂ (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128	1,060	1,125	0,942	0,778
2	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128	1,060	1,125	0,942	0,778
3	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128	1,060	1,125	0,942	0,778
4	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128	1,060	1,125	0,942	0,778
5	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128	1,060	1,125	0,942	0,778
6	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128	1,060	1,125	0,942	0,778
F _{yt} (kN/m ²)-GL	F _{yt} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,778
		t _{w5} (m)		t _{w6} (m)				A _{b5} (m ²)				A _{b6} (m ²)	0,778
		0,002		0,002				0,0495				0,0495	0,778
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,778
3	3	3	3	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	3,00	6	9	12	0,778
h ₅ (m)		h ₆ (m)		Z _{ab6} (m ³)		Z _{ab6} (m ³)		H ₅ (m)		H ₆ (m)			0,778
3		3		0,0154		0,0154		0,0154		15		18	
yerden yükseklik													
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{ab} (kN/m)	ω _{ab} (kN/m)								
1	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97								
2	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97								
3	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97								
4	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97								
5	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97								
6	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97								
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{a1} (kN)	P _{a2} (kN)	P _{a3} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{int} (kN-m)	M _{ext} (kN-m)	V _{a1} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-347	-319	705	-705	1,12	1,12	4235	4235	2127	696		
1	3465000	-694	-693	-693	-693	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
2	3465000	-694	-721	-721	-721	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
3	3465000	-694	-699	-699	-699	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
4	3465000	-694	-711	-711	-711	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
5	3465000	-694	-717	-717	-717	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
6	3465000	-347	-307	-1012	398	1,09	1,15	4235	4235	696	2127		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)								
38,9	77,8	116,7	155,5	194,4	261,8								
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{1r} (kN)	R _{1rr} (kN)	R _{d1} (kN)	R _{1rr} (kN)			
1	84667	38,9	77,8	116,7	155,5	296	-14111	14111	-3534	-2896			
2						592							
3						888							
4						1183							
5						1479							
6						1992							
		F ₅ (kN)		F ₆ (kN)		6430	V ₁ (kN)						
		194,4		261,8									

ACIKLAMALAR

- 2. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,57^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 231,47 \times 18 + 705 - 693 - 721 - 699 - 711 - 717 - 1012 + \frac{6430}{2} = 3533 \text{ kN } (3533 \text{ kN}) \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,97 \times 18 + 2127 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 696 = 14112 \text{ kN } (14112 \text{ kN}) \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -231,47 \times 18 + 705 + 693 + 721 + 699 + 711 + 717 - 398 + \frac{6430}{2} = 2897 \text{ kN } (2897 \text{ kN}) \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,97 \times 18 - 2127 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 696 = -14112 \text{ kN } (-14112 \text{ kN}) \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 3. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 655
YSE profili: W30 x 326
 $\alpha=44,65^\circ$

Çizelge A.34: 6 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=30^\circ$) ve kontroller

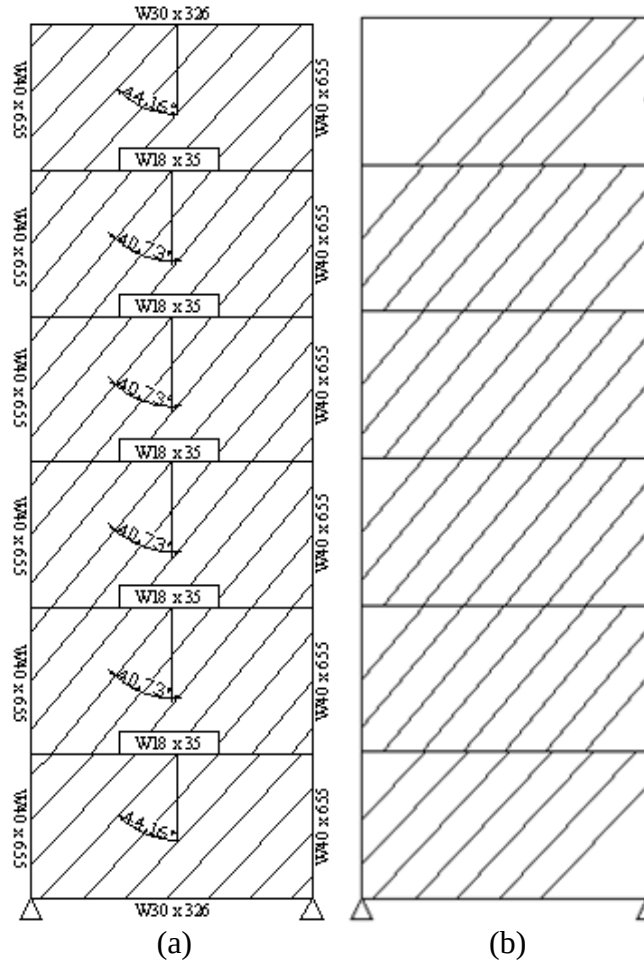
6 KATLI ŞERİTLİ MODEL							
KAT NO	(ÖY+AYY-1. BÖLÜM)		(ÖY+AYY-2. BÖLÜM)		ŞERİTLİ MODEL (SONUÇ PROFİLLER)		
	YSE	DSE	YSE	DSE	YSE	DSE	α
0	W30 x 326	W40 x 655	W30 x 326	W40 x 655	W30 x 326	W40 x 655	-
1	W30 x 326	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	44,16
2	W30 x 326	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	40,73
3	W30 x 326	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	40,73
4	W30 x 326	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	40,73
5	W30 x 326	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	40,73
6	W30 x 326	W40 x 655	W30 x 326	W40 x 655	W30 x 326	W40 x 655	44,16

KAT NO	d_i (m)	Δ_i^* (m)	$\delta_i^\dagger$ (m)	$(\delta_i)_{\max}$ (m)	h_i (m)	$(\delta_i)_{\max} / h_i$	Ötelenme Kontrol	Dayanım Kontrol [‡]
1	0,0043	0,0043	0,0301	0,0413	3	0,014	< 0,02 ✓	✓
2	0,0098	0,0055	0,0385					
3	0,0157	0,0059	0,0413					
4	0,0211	0,0054	0,0378					
5	0,0256	0,0045	0,0315					
6	0,0288	0,0032	0,0224					

$$^* \Delta_i = d_i - d_{i-1}$$

$$^\dagger \delta_i = R_a \times \Delta_i (R_a = 7)$$

[‡] Dayanım kontrolü için deprem yükleri 0,76 ile çarpılmıştır.



Şekil A.5: 6 katlı şeritli model ($\alpha=30^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler

6 KATLI MODEL ($\alpha = 45^\circ$) ÇÖZÜMÜ

Çizelge A.35: 6 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=45^\circ$)

DEPREM HESABI VE GL ÖN TASARIMI										
Sistem verileri		F _y (kN/m ²)	L (m)	h (m)						
		235000	6	3						
İlk başta seçilen değerler		α								
		45								
Deprem Hesabı										
Kat No	H _i (kN)	W _i (kN)	W _i H _i	W _i H _i /Σ W _i H _i	ΔF _N (kN)	V _t - ΔF _N	F _i (kN)			
6	18	1725,3	31055,4	0,277	38	807,1	261,8			
5	15	1798,2	26973	0,241			194,4			
4	12	1798,2	21578,4	0,193			155,5			
3	9	1798,2	16183,8	0,145			116,7			
2	6	1798,2	10789,2	0,096			77,8			
1	3	1798,2	5394,6	0,048			38,9			
			111974,4	845,1						
Kat deprem ve kat kesme kuvvetleri (kN)			GL Tasarımı							
Kat No	Kat deprem kuvvetleri	Kat kesme kuvvetleri	Fe 37 Gövde Levhası							
			t _w (m)	ΦV _n (kN)						
6	261,8	261,8	0,002	1066,0						
5	194,4	456,3	0,003	1598,9						
4	155,5	611,8	0,004	2131,9						
3	116,7	728,4	0,005	2664,9						
2	77,8	806,2	0,006	3197,9						
1	38,9	845,1	0,007	3730,9						
			0,008	4263,8						
Katlara göre GL seçimi										
Kat No	t _w (m)	Kat kesme kuvvetleri	ΦV _n (kN)	Kullanılan kapasite (%)						
6	0,002	261,8	1066,0	25						
5	0,002	456,3	1066,0	43						
4	0,002	611,8	1066,0	57						
3	0,002	728,4	1066,0	68						
2	0,002	806,2	1066,0	76						
1	0,002	845,1	1066,0	79						

AÇIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “6 katlı model ($\alpha=45^\circ$)” deprem ve GL ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır.
- Deprem hesabı DBYBHY’de [1] verilen EDYY’ye göre yapılmıştır.
- İlgili değerler girilerek GL ön tasarımı yapılmış olur. GL kalınlığı için $t_w = 0,002$ m (2 mm) değeri kullanılacaktır.

Çizelge A.36: 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	H (m)	L (m)	L/H	$A_b(m^2)$	$A_c(m^2)$	$I_c(m^4)$	$t_w(m)$	$\alpha(derece)$	$A_s(m^2)$	ÜST	ALT	ÜST/ALT	$\alpha(radyan)$
1													
2													
3													
4													
5													
6													
$F_{yp}(kN/m^2)$ -GL	$F_{yp}(kN/m^2)$ -YSE-DSE	$t_{w1}(m)$	$t_{w2}(m)$	$t_{w3}(m)$	$t_{w4}(m)$	L(m)	E(kN/m ²)	$A_{b1}(m^2)$	$A_{b2}(m^2)$	$A_{b3}(m^2)$	$A_{b4}(m^2)$	$A_{b5}(m^2)$	$\alpha(radyan)$
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0188	0,0188	0,0188	0,0188	0,0188	0,785
		$t_{w5}(m)$		$t_{w6}(m)$				$A_{b5}(m^2)$			$A_{b6}(m^2)$		0,785
		0,002		0,002				0,0188				0,0188	0,785
$h_1(m)$	$h_2(m)$	$h_3(m)$	$h_4(m)$	$Z_{ab1}(m^3)$	$Z_{ab2}(m^3)$	$Z_{ab3}(m^3)$	$Z_{ab4}(m^3)$	$Z_{ab5}(m^3)$	$H_1(m)$	$H_2(m)$	$H_3(m)$	$H_4(m)$	0,785
3	3	3	3	0,005113	0,005113	0,005113	0,005113	0,005113	3,00	6	9	12	0,785
$h_5(m)$	$h_6(m)$	$Z_{ab6}(m^3)$					$Z_{ab6}(m^3)$	$H_5(m)$		$H_6(m)$			0,785
3	3	0,005113					0,005113		15		18		
									yerden yükseklik				
KAT NO	$\alpha(derece)$	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		$\omega_{kol}(kN/m)$	$\omega_{kol}(kN/m)$	$\omega_{kri}(kN/m)$	$\omega_{kri}(kN/m)$								
1	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
2	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
3	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
4	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
5	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
6	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
KAT NO	$k_0(kN/m)$	$P_d(kN)$	$P_d(kN)$	$P_{bl}(kN)$	$P_{br}(kN)$	KOŞUL	KOŞUL	$M_{prl}(kN-m)$	$M_{prr}(kN-m)$	$V_{bl}(kN)$	$V_{br}(kN)$		
0	-	-353	-361	705	-705	1,02	1,02	1406	1406	1174	-236		
1	1316000	-705	-643	-643	-643	1,03	1,03	1406	1406	469	469		
2	1316000	-705	-744	-744	-744	1,01	1,01	1406	1406	469	469		
3	1316000	-705	-727	-727	-727	1,01	1,01	1406	1406	469	469		
4	1316000	-705	-730	-730	-730	1,01	1,01	1406	1406	469	469		
5	1316000	-705	-699	-699	-699	1,02	1,02	1406	1406	469	469		
6	1316000	-353	-327	-1032	378	0,94	1,09	1328	1406	-249	1161		

AÇIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “6 katlı model ($\alpha=45^\circ$)” DSE ve YSE ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır. Sistemin malzeme ve geometrik özellikleri girildikten sonra sırasıyla,
 - *Turuncu kısım:* Kiriş akma etkileri program tarafından hesaplanarak YSE (1) profili seçilir. (W30 x 99)
 - *Mor kısım:* W30 x 99 profiline ait (A_{bi}) ve (Z_{bi}) değerleri girilir.
 - *Koyu mavi kısım:* Bu kısımdaki değerler kullanılarak DSE elastik modeli mesnet tepkileri SAP2000 programı yardımıyla hesaplanır ve yeşil renkteki ilgili hücreye yazılır.
 - *Açık mavi kısım:* Turuncu kısımdaki değerlere ek olarak mavi kısımdaki değerler de YSE üzerine yüklenerek YSE (2) profili seçilir. (W30 x 124)
- Bu aşamada (α) başlangıç açısı hesaplanmayacaktır. Hesaplamalar $\alpha=45^\circ$ kabulü altında yapılacaktır. Bu yüzden tablodaki üst kısımlar boş bırakılmıştır.

Çizelge A.37: 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	H (m)	L (m)	L/H	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1													
2													
3													
4													
5													
6													
F _{yr} (kN/m ²)-GL	F _{yr} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0235	0,0235	0,0235	0,0235	0,0235	0,785
		t _{w5} (m)		t _{w6} (m)				A _{b5} (m ²)			A _{b6} (m ²)		0,785
		0,002		0,002				0,0235			0,0235		0,785
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,785
3	3	3	3	0,006686	0,006686	0,006686	0,006686	0,006686	3,00	6	9	12	0,785
h ₅ (m)		h ₆ (m)		Z _{ab6} (m ³)			Z _{ab6} (m ³)		H ₅ (m)		H ₆ (m)		0,785
3		3		0,006686			0,006686		15		18		
										yerden yükseklik			
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{xc1} (kN/m)	ω _{xc2} (kN/m)	ω _{xb1} (kN/m)	ω _{xb2} (kN/m)								
1	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
2	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
3	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
4	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
5	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
6	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{d1} (kN)	P _{d2} (kN)	P _{d3} (kN)	P _{d4} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{br1} (kN-m)	M _{br2} (kN-m)	V _{d1} (kN)	V _{d2} (kN)		
0	-	-353	-350	705	-705	1,05	1,05	1839	1839	1318	-92		
1	1645000	-705	-659	-659	-659	1,06	1,06	1839	1839	613	613		
2	1645000	-705	-742	-742	-742	1,04	1,04	1839	1839	613	613		
3	1645000	-705	-721	-721	-721	1,05	1,05	1839	1839	613	613		
4	1645000	-705	-728	-728	-728	1,05	1,05	1839	1839	613	613		
5	1645000	-705	-708	-708	-708	1,05	1,05	1839	1839	613	613		
6	1645000	-353	-322	-1027	383	0,99	1,11	1825	1839	-94	1316		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)								
38,9	77,8	116,7	155,5	194,4	261,8								
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{u1} (kN)	R _{ux} (kN)	R _{u1} (kN)	R _{ux} (kN)			
1	51107	38,9	77,8	116,7	155,5	179	-8518	8518	-2291	-1591			
2						357							
3						536							
4						714							
5						893							
6						1202							
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)		3881	V ₁ (kN)							
		194,4	261,8										

ACIKLAMALAR

- $\alpha=45^\circ$ altında YSE (2) profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 235x18 + 705 - 659 - 742 - 721 - 728 - 708 - 1027 + \frac{3881}{2} = 2291 \text{ kN } (2291 \text{ kN}) \checkmark$$

$$R_{yl} = 235x18 + 1318 + 613 + 613 + 613 + 613 + 613 - 94 = 8519 \text{ kN } (8519 \text{ kN}) \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -235x18 + 705 + 659 + 742 + 721 + 728 + 708 - 383 + \frac{3881}{2} = 1591 \text{ kN } (1591 \text{ kN}) \checkmark$$

$$R_{yr} = -235x18 - 1316 - 613 - 613 - 613 - 613 - 613 + 92 = -8519 \text{ kN } (-8519 \text{ kN}) \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 1. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 1. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 362 YSE profili: W30 x 173 $\alpha=44,36^\circ$
--

Çizelge A.38: 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)														
KAT NO	H (m)	L (m)	L/H	A _k (m ²)	A _y (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _y (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)	
1	3	6	2,000	0,0328	0,0684	0,012	0,002	44,36	0,00128	1,088	1,189	0,915	0,774	
2	3	6	2,000	0,0328	0,0684	0,012	0,002	44,36	0,00128	1,088	1,189	0,915	0,774	
3	3	6	2,000	0,0328	0,0684	0,012	0,002	44,36	0,00128	1,088	1,189	0,915	0,774	
4	3	6	2,000	0,0328	0,0684	0,012	0,002	44,36	0,00128	1,088	1,189	0,915	0,774	
5	3	6	2,000	0,0328	0,0684	0,012	0,002	44,36	0,00128	1,088	1,189	0,915	0,774	
6	3	6	2,000	0,0328	0,0684	0,012	0,002	44,36	0,00128	1,088	1,189	0,915	0,774	
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L (m)	E (kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)	
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,774	
		t _{w5} (m)	t _{w6} (m)					A _{b5} (m ²)		A _{b6} (m ²)		0,774		
		0,002	0,002					0,0328		0,0328		0,774		
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,774	
3	3	3	3	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	3,00	6	9	12	0,774	
h ₅ (m)		h ₆ (m)		Z _{ab6} (m ³)		Z _{ab6} (m ³)		H ₅ (m)		H ₆ (m)		0,774		
3		3		0,009914				0,009914	15		18			
										yerden yükseklik				
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER										
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{kri} (kN/m)	ω _{kri} (kN/m)									
1	44,36	234,94	229,75	240,25	234,94									
2	44,36	234,94	229,75	240,25	234,94									
3	44,36	234,94	229,75	240,25	234,94									
4	44,36	234,94	229,75	240,25	234,94									
5	44,36	234,94	229,75	240,25	234,94									
6	44,36	234,94	229,75	240,25	234,94									
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{sl} (kN)	P _{sl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{per1} (kN-m)	M _{per2} (kN-m)	V _{d1} (kN)	V _{d2} (kN)			
0	-	-345	-330	705	-705	1,09	1,09	2726	2726	1630	188			
1	2296000	-689	-666	-666	-666	1,09	1,09	2726	2726	909	909			
2	2296000	-689	-721	-721	-721	1,09	1,09	2726	2726	909	909			
3	2296000	-689	-699	-699	-699	1,09	1,09	2726	2726	909	909			
4	2296000	-689	-710	-710	-710	1,09	1,09	2726	2726	909	909			
5	2296000	-689	-698	-698	-698	1,09	1,09	2726	2726	909	909			
6	2296000	-345	-312	-1017	393	1,05	1,13	2726	2726	188	1630			
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)									
38,9	77,8	116,7	155,5	194,4	261,8									
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{d1} (kN)	R _{dr} (kN)	R _{d1} (kN)	R _{dr} (kN)				
1	63543	38,9	77,8	116,7	155,5	222	-10590	10590	-2743	-2083				
2						444								
3						666								
4						888								
5						1110								
6						1495								
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)		4826	V _i (kN)								
		194,4	261,8											

AÇIKLAMALAR

- 1. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,36^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profili (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 229,75 \times 18 + 705 - 666 - 721 - 699 - 710 - 698 - 1017 + \frac{4826}{2} = 2742,5 \text{ kN (2742 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,94 \times 18 + 1630 + 909 + 909 + 909 + 909 + 909 + 188 = 10591 \text{ kN (10592 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -229,75 \times 18 + 705 + 666 + 721 + 699 + 710 + 698 - 393 + \frac{4826}{2} = 2083,5 \text{ kN (2083 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,94 \times 18 - 1630 - 909 - 909 - 909 - 909 - 909 - 188 = -10591 \text{ kN (-10592 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 2. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 2. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 480
YSE profili: W30 x 211
 $\alpha=44,43^\circ$

Çizelge A.39: 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	H (m)	L (m)	L/H	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _g (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0401	0,0903	0,0164	0,002	44,43	0,00128	1,066	1,154	0,924	0,776
2	3	6	2,000	0,0401	0,0903	0,0164	0,002	44,43	0,00128	1,066	1,154	0,924	0,776
3	3	6	2,000	0,0401	0,0903	0,0164	0,002	44,43	0,00128	1,066	1,154	0,924	0,776
4	3	6	2,000	0,0401	0,0903	0,0164	0,002	44,43	0,00128	1,066	1,154	0,924	0,776
5	3	6	2,000	0,0401	0,0903	0,0164	0,002	44,43	0,00128	1,066	1,154	0,924	0,776
6	3	6	2,000	0,0401	0,0903	0,0164	0,002	44,43	0,00128	1,066	1,154	0,924	0,776
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,775
		t _{w2} (m)		t _{w4} (m)				A _{b2} (m ²)			A _{b4} (m ²)		0,775
		0,002		0,002				0,0401			0,0401		0,775
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,775
3	3	3	3	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	3,00	6	9	12	0,775
h ₅ (m)		h ₆ (m)		Z _{ab5} (m ³)			Z _{ab6} (m ³)		H ₅ (m)		H ₆ (m)		0,775
3		3		0,0123			0,0123		15		18		
										yerden yükseklik			
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{kir} (kN/m)	ω _{kir} (kN/m)								
1	44,43	234,95	230,32	239,68	234,95								
2	44,43	234,95	230,32	239,68	234,95								
3	44,43	234,95	230,32	239,68	234,95								
4	44,43	234,95	230,32	239,68	234,95								
5	44,43	234,95	230,32	239,68	234,95								
6	44,43	234,95	230,32	239,68	234,95								
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{sl} (kN)	P _{bl} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{per} (kN-m)	M _{per} (kN-m)	V _{sl} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-345	-324	705	-705	1,10	1,10	3383	3383	1847	408		
1	2807000	-691	-679	-679	-679	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128		
2	2807000	-691	-720	-720	-720	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
3	2807000	-691	-698	-698	-698	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128		
4	2807000	-691	-710	-710	-710	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
5	2807000	-691	-706	-706	-706	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
6	2807000	-345	-309	-1014	396	1,07	1,14	3383	3383	408	1847		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)								
38,9	77,8	116,7	155,5	194,4	261,8								
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{sl} (kN)	R _{br} (kN)	R _{sl} (kN)	R _{br} (kN)			
1	72730	38,9	77,8	116,7	155,5	254	-12122	12122	-3086	-2438			
508													
763													
1016													
1271													
1711													
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)		5523	V ₁ (kN)							
		194,4	261,8										

ACIKLAMALAR

- 2. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,43^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 230,32 \times 18 + 705 - 679 - 720 - 698 - 710 - 706 - 1014 + \frac{5523}{2} = 3085 \text{ kN (3085 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,95 \times 18 + 1847 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 408 = 12124 \text{ kN (12124 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -230,32 \times 18 + 705 + 679 + 720 + 698 + 710 + 706 - 396 + \frac{5523}{2} = 2438 \text{ kN (2438 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,95 \times 18 - 1847 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 408 = -12124 \text{ kN (-12124 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 3. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 531 YSE profili: W30 x 261 $\alpha=44,57^\circ$
--

Çizelge A.40: 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-4. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)															
KAT NO	H (m)	L (m)	L/H	A _h (m ²)	A _v (m ²)	I _x (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _g (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)		
1	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128	1,060	1,125	0,942	0,778		
2	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128		1,125	0,942	0,778		
3	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128		1,125	0,942	0,778		
4	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128		1,125	0,942	0,778		
5	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128		1,125	0,942	0,778		
6	3	6	2,000	0,0495	0,1006	0,0184	0,002	44,57	0,00128		1,060	1,125	0,942	0,778	
F _{yp} (kN/m ²)-GL		F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE		t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000		275000		0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,778
				t _{w5} (m)		t _{w6} (m)				A _{b5} (m ²)				A _{b6} (m ²)	0,778
				0,002		0,002				0,0495				0,0495	0,778
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{dh1} (m ³)	Z _{dh2} (m ³)	Z _{dh3} (m ³)	Z _{dh4} (m ³)	Z _{dh5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)			0,778
3	3	3	3	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	3,00	6	9	12			0,778
h ₅ (m)		h ₆ (m)		Z _{dh5} (m ³)				Z _{dh6} (m ³)	H ₅ (m)		H ₆ (m)				0,778
3		3		0,0154				0,0154	15		18				
										yerden yükseklik					
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER											
		ω _{w1} (kN/m)	ω _{w2} (kN/m)	ω _{dh} (kN/m)	ω _{dh} (kN/m)										
1	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97										
2	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97										
3	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97										
4	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97										
5	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97										
6	44,57	234,97	231,47	238,53	234,97										
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{gt} (kN)	P _{gt} (kN)	P _{bt} (kN)	P _{bt} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{gtr} (kN-m)	M _{gtr} (kN-m)	V _{gt} (kN)	V _{gt} (kN)				
0	-	-347	-319	705	-705	1,12	1,12	4235	4235	2127	696				
1	3465000	-694	-693	-693	-693	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412				
2	3465000	-694	-721	-721	-721	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412				
3	3465000	-694	-699	-699	-699	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412				
4	3465000	-694	-711	-711	-711	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412				
5	3465000	-694	-717	-717	-717	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412				
6	3465000	-347	-307	-1012	398	1,09	1,15	4235	4235	696	2127				
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)										
38,9	77,8	116,7	155,5	194,4	261,8										
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{gt} (kN)	R _{gt} (kN)	R _{gt} (kN)	R _{gt} (kN)					
1	84667	38,9	77,8	116,7	155,5	296	-14111	14111	-3534	-2896					
2						592									
3						888									
4						1183									
5						1479									
6						1992									
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)		6430	V ₁ (kN)									
		194,4	261,8												

AÇIKLAMALAR

- 3. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,57^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 231,47 \times 18 + 705 - 693 - 721 - 699 - 711 - 717 - 1012 + \frac{6430}{2} = 3533 \text{ kN (3533 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,97 \times 18 + 2127 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 696 = 14112 \text{ kN (14112 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -231,47 \times 18 + 705 + 693 + 721 + 699 + 711 + 717 - 398 + \frac{6430}{2} = 2897 \text{ kN (2897 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,97 \times 18 - 2127 - 1412 - 1412 - 1421 - 1412 - 1412 - 696 = -14112 \text{ kN (-14112 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 4. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 655 YSE profili: W30 x 326 $\alpha=44,65^\circ$
--

Çizelge A.41: 6 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-5. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)

KAT NO	H (m)	L (m)	L/H	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _c (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0618	0,1239	0,0235	0,002	44,65	0,00128	1,048	1,100	0,953	0,779
2	3	6	2,000	0,0618	0,1239	0,0235	0,002	44,65	0,00128	1,048	1,100	0,953	0,779
3	3	6	2,000	0,0618	0,1239	0,0235	0,002	44,65	0,00128	1,048	1,100	0,953	0,779
4	3	6	2,000	0,0618	0,1239	0,0235	0,002	44,65	0,00128	1,048	1,100	0,953	0,779
5	3	6	2,000	0,0618	0,1239	0,0235	0,002	44,65	0,00128	1,048	1,100	0,953	0,779
6	3	6	2,000	0,0618	0,1239	0,0235	0,002	44,65	0,00128	1,048	1,100	0,953	0,779

F _{yt} (kN/m ²)-GL	F _{yt} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,779
		t _{w3} (m)		t _{w4} (m)				A _{b5} (m ²)				A _{b6} (m ²)	0,779
		0,002		0,002				0,0618				0,0618	0,779
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,779
3	3	3	3	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	3,00	6	9	12	0,779
h ₅ (m)		h ₆ (m)		Z _{ab5} (m ³)		Z _{ab6} (m ³)		h ₅ (m)		h ₆ (m)			0,779
3		3		0,0195		0,0195		15		18			

yerden yükseklik

KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER	
		ω _{w1} (kN/m)	ω _{w2} (kN/m)	ω _{w3} (kN/m)	ω _{w4} (kN/m)
1	44,65	234,98	232,13	237,87	234,98
2	44,65	234,98	232,13	237,87	234,98
3	44,65	234,98	232,13	237,87	234,98
4	44,65	234,98	232,13	237,87	234,98
5	44,65	234,98	232,13	237,87	234,98
6	44,65	234,98	232,13	237,87	234,98

KAT NO	k _b (kN/m)	P _{s1} (kN)	P _{s1} (kN)	P _{s1} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{pr1} (kN-m)	M _{pr2} (kN-m)	V _{s1} (kN)	V _{br} (kN)
0	-	-348	-315	705	-705	1,13	1,13	5363	5363	2501	1074
1	4326000	-696	-706	-706	-706	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788
2	4326000	-696	-719	-719	-719	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788
3	4326000	-696	-698	-698	-698	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788
4	4326000	-696	-711	-711	-711	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788
5	4326000	-696	-725	-725	-725	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788
6	4326000	-348	-305	-1010	400	1,11	1,15	5363	5363	1074	2501

F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)
38,9	77,8	116,7	155,5	194,4	261,8

KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{s1} (kN)	R _{sc} (kN)	R _{s1} (kN)	R _{sc} (kN)
1	100453	38,9	77,8	116,7	155,5	351	-16742	16742	-4129	-3499
2						702				
3						1053				
4						1404				
5						1755				
6						2363				
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)		7629	V _i (kN)				
		194,4	261,8							

ACIKLAMALAR

- 4. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,65^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 232,13 \times 18 + 705 - 706 - 719 - 698 - 711 - 725 - 1010 + \frac{7629}{2} = 4129 \text{ kN } (\mathbf{4128 \text{ kN}}) \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,98 \times 18 + 2501 + 1788 + 1788 + 1788 + 1788 + 1788 + 1074 = 16745 \text{ kN } (\mathbf{16745 \text{ kN}}) \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -232,13 \times 18 + 705 + 706 + 719 + 698 + 711 + 725 - 400 + \frac{7629}{2} = 3500 \text{ kN } (\mathbf{3500 \text{ kN}}) \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,98 \times 18 - 2501 - 1788 - 1788 - 1788 - 1788 - 1788 - 1074 = -16745 \text{ kN } (\mathbf{-16745 \text{ kN}}) \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 5. aşamanın sonunda

DSE profili: W36 x 798
YSE profili: W30 x 391
 $\alpha=44,70^\circ$

Çizelge A.42: 6 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=45^\circ$) ve kontroller

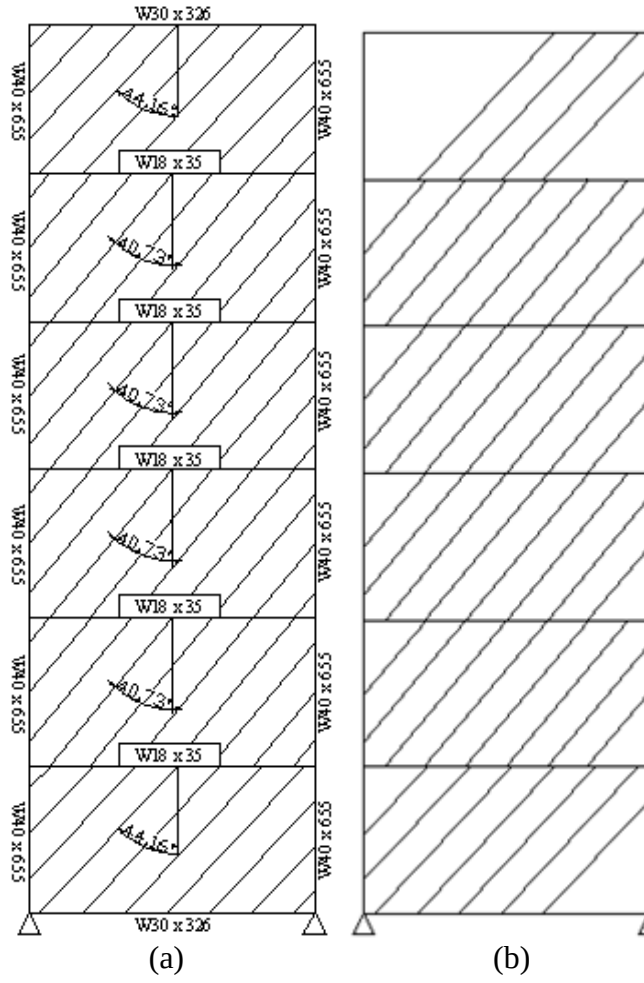
6 KATLI ŞERİTLİ MODEL							
KAT NO	(ÖY+AYY-1. BÖLÜM)		(ÖY+AYY-2. BÖLÜM)		ŞERİTLİ MODEL (SONUÇ PROFİLLER)		
	YSE	DSE	YSE	DSE	YSE	DSE	α
0	W30 x 326	W40 x 655	W30 x 326	W40 x 655	W30 x 326	W40 x 655	-
1	W30 x 326	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	44,16
2	W30 x 326	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	40,73
3	W30 x 326	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	40,73
4	W30 x 326	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	40,73
5	W30 x 326	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	W18 x 35	W40 x 655	40,73
6	W30 x 326	W40 x 655	W30 x 326	W40 x 655	W30 x 326	W40 x 655	44,16

KAT NO	d_i (m)	Δ_i^* (m)	$\delta_i^\dagger$ (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}}$ (m)	h_i (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}} / h_i$	Ötelenme Kontrol	Dayanım Kontrol [‡]
1	0,0043	0,0043	0,0301	0,0413	3	0,014	< 0,02 ✓	✓
2	0,0098	0,0055	0,0385					
3	0,0157	0,0059	0,0413					
4	0,0211	0,0054	0,0378					
5	0,0256	0,0045	0,0315					
6	0,0288	0,0032	0,0224					

$$^* \Delta_i = d_i - d_{i-1}$$

$$^\dagger \delta_i = R_a \times \Delta_i (R_a = 7)$$

[‡] Dayanım kontrolü için deprem yükleri 0,76 ile çarpılmıştır.



Şekil A.6: 6 katlı şeritli model ($\alpha=45^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler

8 KATLI MODEL ($\alpha = 30^\circ$) ÇÖZÜMÜ

Çizelge A.43: 8 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=30^\circ$)

DEPREM HESABI VE GL ÖN TASARIMI							
Sistem verileri		F _y (kN/m ²)	L (m)	h (m)			
		235000	6	3			
İlk başta seçilen değerler		α					
		30					
Deprem Hesabı							
Kat No	H _i (m)	W _i (kN)	W _i H _i	W _i H _i /Σ W _i H _i	ΔF _N (kN)	V _i - ΔF _N	F _i (kN)
8	24	1725,3	41407,2	0,215	57,4	899,5	250,9
7	21	1798,2	37762,2	0,196			176,5
6	18	1798,2	32367,6	0,168			151,3
5	15	1798,2	26973	0,140			126,1
4	12	1798,2	21578,4	0,112			100,9
3	9	1798,2	16183,8	0,084			75,6
2	6	1798,2	10789,2	0,056			50,4
1	3	1798,2	5394,6	0,028			25,2
			192456				
Kat deprem ve kat kesme kuvvetleri (kN)			GL Tasarımı				
Kat No	Kat deprem kuvvetleri	Kat kesme kuvvetleri	Fe 37 Gövde Levhası				
8	250,9	250,9	t _w (m)	ΦV _n (kN)			
7	176,5	427,4	0,002	923,1			
6	151,3	578,7	0,003	1384,7			
5	126,1	704,8	0,004	1846,3			
4	100,9	805,6	0,005	2307,9			
3	75,6	881,3	0,006	2769,4			
2	50,4	931,7	0,007	3231,0			
1	25,2	956,9	0,008	3692,6			
Katlara göre GL seçimi							
Kat No	t _w (m)	Kat kesme kuvvetleri	ΦV _n (kN)	Kullanılan kapasite (%)			
8	0,002	250,9	923,1	27			
7	0,002	427,4	923,1	46			
6	0,002	578,7	923,1	63			
5	0,002	704,8	923,1	76			
4	0,002	805,6	923,1	87			
3	0,002	881,3	923,1	95			
2	0,002	931,7	923,1	101			
1	0,002	956,9	923,1	104			

AÇIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “8 katlı model ($\alpha=30^\circ$)” deprem ve GL ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır.
- Deprem hesabı DBYBHY’de [1] verilen EDYY’ye göre yapılmıştır.
- İlgili değerler girilerek GL ön tasarımı yapılmış olur. GL kalınlığı için $t_w = 0,002$ m (2 mm) değeri kullanılacaktır.

Çizelge A.44: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	a(derece)	A _c (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	a(radyan)
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	a(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0251	0,0251	0,0251	0,0251	0,0251	0,524
		t _{w5} (m)	t _{w6} (m)	t _{w7} (m)	t _{w8} (m)			A _{b5} (m ²)	A _{b6} (m ²)	A _{b7} (m ²)	A _{b8} (m ²)		0,524
		0,002	0,002	0,002	0,002			0,0251	0,0251	0,0251	0,0251		0,524
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,524
3	3	3	3	0,007161	0,007161	0,007161	0,007161	0,007161	3	6	9	12	0,524
h ₅ (m)	h ₆ (m)	h ₇ (m)	h ₈ (m)	Z _{ab5} (m ³)	Z _{ab6} (m ³)	Z _{ab7} (m ³)	Z _{ab8} (m ³)		H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	0,524
3	3	3	3	0,007161	0,007161	0,007161	0,007161		15	18	21	24	0,524
										yerden yükseklik			0,524
KAT NO	a(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{kri} (kN/m)	ω _{kri} (kN/m)								
1	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
2	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
3	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
4	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
5	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
6	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
7	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
8	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52								
KAT NO	k _b (kN/m)	P _{sl} (kN)	P _{sl} (kN)	P _{bt} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{prt} (kN-m)	M _{prl} (kN-m)	V _{bt} (kN)	V _{br} (kN)		
0	-	-176	-174	611	-611	1,08	1,08	1969	1969	1714	-401		
1	1757000	-353	-332	-332	-332	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
2	1757000	-353	-371	-371	-371	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
3	1757000	-353	-357	-357	-357	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
4	1757000	-353	-352	-352	-352	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
5	1757000	-353	-355	-355	-355	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
6	1757000	-353	-365	-365	-365	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
7	1757000	-353	-352	-352	-352	1,12	1,12	1969	1969	656	656		
8	1757000	-176	-163	-774	448	1,05	1,10	1969	1969	-401	1714		

ACIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “8 katlı model ($\alpha=30^\circ$)” DSE ve YSE ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır. Sistemin malzeme ve geometrik özellikleri girildikten sonra sırasıyla,
 - *Turuncu kısım:* Kiriş akma etkileri program tarafından hesaplanarak YSE (1) profili seçilir. (W30 x 132)
 - *Mor kısım:* W30 x 132 profiline ait (A_{bi}) ve (Z_{bi}) değerleri girilir.
 - *Koyu mavi kısım:* Bu kısımdaki değerler kullanılarak DSE elastik modeli mesnet tepkileri SAP2000 programı yardımıyla hesaplanır ve yeşil renkteki ilgili hücreye yazılır.
 - *Açık mavi kısım:* Turuncu kısımdaki değerlere ek olarak mavi kısımdaki değerler de YSE üzerine yüklenerek YSE (2) profili seçilir. (W30 x 173)
- Bu aşamada (α) başlangıç açısı hesaplanmayacaktır. Hesaplamalar $\alpha=30^\circ$ kabulü altında yapılacaktır. Bu yüzden tablodaki üst kısımlar boş bırakılmıştır.

Çizelge A.45: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)

KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A ₀ (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t ₀ (m)	α (derece)	A ₁ (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α (radyan)
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													

F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _w (m)	t ₀₂ (m)	t ₀₃ (m)	t ₀₄ (m)	L (m)	E (kN/m ²)	A ₀₁ (m ²)	A ₀₂ (m ²)	A ₀₃ (m ²)	A ₀₄ (m ²)	A ₀₅ (m ²)	A ₀₆ (m ²)	α (radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	21000000	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,524
		t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	t _{w5} (m)			A ₀₁₂ (m ²)	A ₀₁₃ (m ²)	A ₀₁₄ (m ²)	A ₀₁₅ (m ²)	A ₀₁₆ (m ²)	A ₀₁₇ (m ²)	0,524
		0,002	0,002	0,002	0,002			0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,524
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z ₀₁ (m ³)	Z ₀₂ (m ³)	Z ₀₃ (m ³)	Z ₀₄ (m ³)	Z ₀₅ (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	H ₅ (m)	0,524
3	3	3	3	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	3	6	9	12	15	0,524
h ₅ (m)	h ₆ (m)	h ₇ (m)	h ₈ (m)	Z ₀₆ (m ³)	Z ₀₇ (m ³)	Z ₀₈ (m ³)	Z ₀₉ (m ³)	Z ₁₀ (m ³)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	H ₉ (m)	H ₁₀ (m)	0,524
3	3	3	3	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	15	18	21	24	27	0,524

KAT NO	α (derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER	
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{kir} (kN/m)	ω _{kir} (kN/m)
1	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
2	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
3	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
4	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
5	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
6	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
7	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52
8	30,00	203,52	117,50	352,50	203,52

KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _d (kN)	P ₀ (kN)	P _{0l} (kN)	P _{0r} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{per} (kN-m)	M _{per} (kN-m)	V _{0l} (kN)	V _{0r} (kN)
0	-	-176	-169	611	-611	1,10	1,10	2726	2726	1966	-149
1	2296000	-353	-341	-341	-341	1,14	1,14	2726	2726	909	909
2	2296000	-353	-369	-369	-369	1,13	1,13	2726	2726	909	909
3	2296000	-353	-356	-356	-356	1,13	1,13	2726	2726	909	909
4	2296000	-353	-352	-352	-352	1,13	1,13	2726	2726	909	909
5	2296000	-353	-354	-354	-354	1,13	1,13	2726	2726	909	909
6	2296000	-353	-363	-363	-363	1,13	1,13	2726	2726	909	909
7	2296000	-353	-357	-357	-357	1,13	1,13	2726	2726	909	909
8	2296000	-176	-160	-771	451	1,08	1,12	2726	2726	-149	1966

F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)
25,2	50,4	75,6	100,9	126,1	151,3	176,5	250,9

KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	R _{d1} (kN)	R _{rr} (kN)	R _d (kN)	R _{rr} (kN)
1	78381	25,2	50,4	75,6	100,9	119	-13063	13063	-2426	-2088
2						238				
3						357				
4						476				
5						595				
6						714				
7						833				
8						1184				
		F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	4515	V ₁ (kN)			
		126,1	151,3	176,5	250,9					

AÇIKLAMALAR

- $\alpha=30^\circ$ altında YSE (2) profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 117,5x24 + 611 - 341 - 369 - 356 - 352 - 354 - 363 - 357 - 771 + \frac{4515}{2} = 2426 \text{ kN } (\mathbf{2426 \text{ kN}}) \checkmark$$

$$R_{yl} = 203,52x24 + 1966 + 909 + 909 + 909 + 909 + 909 + 909 + 909 - 149 = 13064 \text{ kN } (\mathbf{13064 \text{ kN}}) \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -117,5x24 + 611 + 341 + 369 + 356 + 352 + 354 + 363 + 357 - 451 + \frac{4515}{2} = 2090 \text{ kN } (\mathbf{2090 \text{ kN}}) \checkmark$$

$$R_{yr} = -203,52x24 - 1966 - 909 - 909 - 909 - 909 - 909 - 909 - 909 + 149 = -13064 \text{ kN } (\mathbf{-13064 \text{ kN}}) \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 1. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 1. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 593
YSE profili: W30 x 211
 $\alpha=44,35^\circ$

Çizelge A.46: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)														
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	L _c (m ⁴)	t _c (m)	α(derece)	A _c (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)	
1	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774	
2	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774	
3	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774	
4	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774	
5	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774	
6	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774	
7	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774	
8	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774	
F _{yd} (kN/m ²)-GL	F _{yd} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{u1} (m)	t _{u2} (m)	t _{u3} (m)	t _{u4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{u1} (m ²)	A _{u2} (m ²)	A _{u3} (m ²)	A _{u4} (m ²)	A _{u5} (m ²)	α(radyan)	
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,774	
		t _{u5} (m)	t _{u6} (m)	t _{u7} (m)	t _{u8} (m)			A _{u5} (m ²)	A _{u6} (m ²)	A _{u7} (m ²)	A _{u8} (m ²)		0,774	
		0,002	0,002	0,002	0,002			0,0401	0,0401	0,0401	0,0401		0,774	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{u1} (m ²)	Z _{u2} (m ²)	Z _{u3} (m ²)	Z _{u4} (m ²)	Z _{u5} (m ²)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,774	
3	3	3	3	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	3	6	9	12	0,774	
h ₅ (m)	h ₆ (m)	h ₇ (m)	h ₈ (m)	Z _{u6} (m ²)	Z _{u7} (m ²)	Z _{u8} (m ²)	Z _{u9} (m ²)		H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	0,774	
3	3	3	3	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123		15	18	21	24	0,774	
										yerden yükseldik				0,774
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER										
		ω _{u1} (kN/m)	ω _{u2} (kN/m)	ω _{u3} (kN/m)	ω _{u4} (kN/m)									
1	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94									
2	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94									
3	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94									
4	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94									
5	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94									
6	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94									
7	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94									
8	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94									
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{u1} (kN)	P _{u2} (kN)	P _{u3} (kN)	P _{u4} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{u1} (kN-m)	M _{u2} (kN-m)	V _{u1} (kN)	V _{u2} (kN)			
0	-	-345	-323	705	-705	1,10	1,10	3383	3383	1848	407			
1	2807000	-689	-677	-677	-677	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128			
2	2807000	-689	-719	-719	-719	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128			
3	2807000	-689	-693	-693	-693	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128			
4	2807000	-689	-688	-688	-688	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128			
5	2807000	-689	-691	-691	-691	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128			
6	2807000	-689	-709	-709	-709	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128			
7	2807000	-689	-705	-705	-705	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128			
8	2807000	-345	-308	-1013	397	1,07	1,14	3383	3383	407	1848			
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)							
25,2	50,4	75,6	100,9	126,1	151,3	176,5	250,9							
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	R _d (kN)	R _u (kN)	R _d (kN)	R _u (kN)				
1	94716	25,2	50,4	75,6	100,9	144	-15786	15786	-3051	-2405				
2						287								
3						431								
4						575								
5						719								
6						863								
7						1006								
8						1431								
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)	5456	V ₁ (kN)							
		126,1	151,3	176,5	250,9									

ACIKLAMALAR

- 1. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,35^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profili (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 229,67 \times 24 + 705 - 677 - 719 - 693 - 688 - 691 - 709 - 705 - 1013 + \frac{5456}{2} = 3050 \text{ kN (3050 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,94 \times 24 + 1848 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 407 = 15789 \text{ kN (15789 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -229,67 \times 24 + 705 + 677 + 719 + 693 + 688 + 691 + 709 + 705 - 397 + \frac{5456}{2} = 2406 \text{ kN (2406 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,94 \times 24 - 1848 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 407 = -15789 \text{ kN (-15789 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 2. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 2. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 655 YSE profili: W30 x 261 $\alpha=44,50^\circ$
--

Çizelge A.47: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=30^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _h (m ²)	A _v (m ²)	I _t (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _h (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777
2	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777
3	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777
4	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777
5	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777
6	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777
7	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777
8	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777
F _{yg} (kN/m ²)-GL	F _{yg} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{u1} (m)	t _{u2} (m)	t _{u3} (m)	t _{u4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{h1} (m ²)	A _{h2} (m ²)	A _{h3} (m ²)	A _{h4} (m ²)	A _{h5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,777
		t _{u5} (m)	t _{u6} (m)	t _{u7} (m)	t _{u8} (m)			A _{h6} (m ²)	A _{h7} (m ²)	A _{h8} (m ²)	A _{h9} (m ²)		0,777
		0,002	0,002	0,002	0,002			0,0495	0,0495	0,0495	0,0495		0,777
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{h1} (m ²)	Z _{h2} (m ²)	Z _{h3} (m ²)	Z _{h4} (m ²)	Z _{h5} (m ²)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,777
3	3	3	3	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	3	6	9	12	0,777
h ₅ (m)	h ₆ (m)	h ₇ (m)	h ₈ (m)	Z _{h5} (m ²)	Z _{h6} (m ²)	Z _{h7} (m ²)	Z _{h8} (m ²)		H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	0,777
3	3	3	3	0,0154	0,0154	0,0154		0,0154	15	18	21	24	0,777
												yerden yükseklik	0,777
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{u1} (kN/m)	ω _{u2} (kN/m)	ω _{u3} (kN/m)	ω _{u4} (kN/m)								
1	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96								
2	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96								
3	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96								
4	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96								
5	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96								
6	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96								
7	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96								
8	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96								
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{u1} (kN)	P _{u2} (kN)	P _{u3} (kN)	P _{u4} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{u1} (kN-m)	M _{u2} (kN-m)	V _{u1} (kN)	V _{u2} (kN)		
0	-	-346	-318	705	-705	1,12	1,12	4235	4235	2129	694		
1	3465000	-693	-692	-692	-692	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
2	3465000	-693	-719	-719	-719	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
3	3465000	-693	-696	-696	-696	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
4	3465000	-693	-691	-691	-691	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
5	3465000	-693	-694	-694	-694	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
6	3465000	-693	-710	-710	-710	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
7	3465000	-693	-715	-715	-715	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412		
8	3465000	-346	-306	-1011	399	1,09	1,15	4235	4235	694	2129		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)						
25,2	50,4	75,6	100,9	126,1	151,3	176,5	250,9						
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	R _{u1} (kN)	R _{u2} (kN)	R _{u3} (kN)	R _{u4} (kN)			
1	110065	25,2	50,4	75,6	100,9	167	-18344	18344	-3488	-2852			
2						334							
3						501							
4						669							
5						835							
6						1002							
7						1169							
8						1662							
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)	6340	V ₁ (kN)						
		126,1	151,3	176,5	250,9								

ACIKLAMALAR

- 2. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,50^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 230,90x24 + 705 - 692 - 719 - 696 - 691 - 694 - 710 - 715 - 1011 + \frac{6340}{2} = 3488 \text{ kN (3488 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,96x24 + 2129 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 694 = 18346 \text{ kN (18346 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -230,90x24 + 705 + 692 + 719 + 696 + 691 + 694 + 710 + 715 - 399 + \frac{6340}{2} = 2851 \text{ kN (2851 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,96x24 - 2129 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 694 = -18346 \text{ kN (-18346 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 3. aşamanın sonunda

DSE profili: W36 x 798
YSE profili: W30 x 326
 $\alpha=44,60^\circ$

Çizelge A.48: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=30^\circ$) ve kontroller

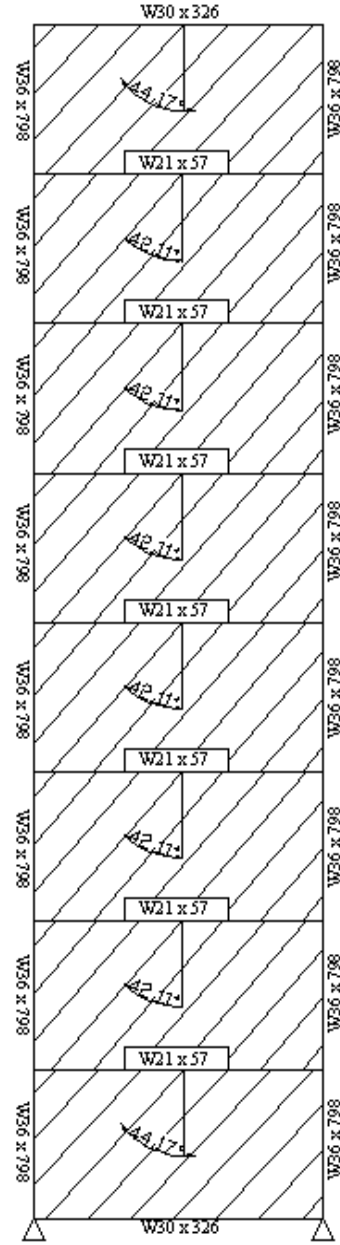
8 KATLI ŞERİTLİ MODEL							
KAT NO	(ÖY+AYY-1. BÖLÜM)		(ÖY+AYY-2. BÖLÜM)		ŞERİTLİ MODEL (SONUÇ PROFİLLER)		
	YSE	DSE	YSE	DSE	YSE	DSE	α
0	W30 x 326	W36 x 798	W30 x 326	W36 x 798	W30 x 326	W36 x 798	-
1	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	44,17
2	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
3	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
4	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
5	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
6	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
7	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
8	W30 x 326	W36 x 798	W30 x 326	W36 x 798	W30 x 326	W36 x 798	44,17

KAT NO	d_i (m)	Δ_i^* (m)	$\delta_i^\dagger$ (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}}$ (m)	h_i (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}} / h_i$	Ötelenme Kontrol	Dayanım Kontrol [‡]
1	0,0046	0,0046	0,0322	0,0469	3	0,016	< 0,02 ✓	✓
2	0,0106	0,0060	0,042					
3	0,0171	0,0065	0,0455					
4	0,0238	0,0067	0,0469					
5	0,0300	0,0062	0,0434					
6	0,0355	0,0055	0,0385					
7	0,0399	0,0044	0,0308					
8	0,0431	0,0032	0,0224					

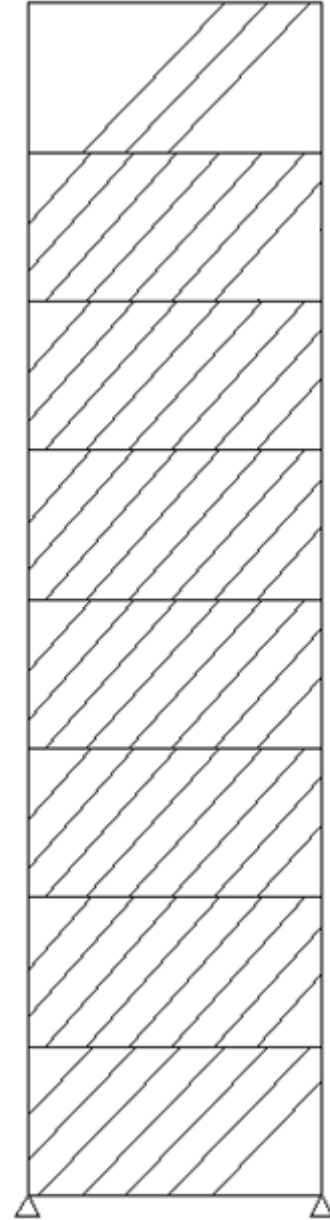
$$^* \Delta_i = d_i - d_{i-1}$$

$$^\dagger \delta_i = R_a \times \Delta_i (R_a = 7)$$

[‡] Dayanım kontrolü için deprem yükleri 0,76 ile çarpılmıştır.



(a)



(b)

Şekil A.7: 8 katlı şeritli model ($\alpha=30^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b)Akan şeritler

8 KATLI MODEL ($\alpha = 45^\circ$) ÇÖZÜMÜ

Çizelge A.49: 8 katlı modelin deprem hesabı ve GL ön tasarımı ($\alpha=45^\circ$)

DEPREM HESABI VE GL ÖN TASARIMI										
Sistem verileri		F _y (kN/m ²)	L (m)	h (m)						
		235000	6	3						
İlk başta seçilen değerler		α								
		45								
Deprem Hesabı										
Kat No	H _i (m)	W _i (kN)	W _i H _i	W _i H _i /Σ W _i H _i	ΔF _N (kN)	V _t - ΔF _N	F _i (kN)			
8	24	1725,3	41407,2	0,215	57,4	899,5	250,9			
7	21	1798,2	37762,2	0,196			176,5			
6	18	1798,2	32367,6	0,168			151,3			
5	15	1798,2	26973	0,140			126,1			
4	12	1798,2	21578,4	0,112			100,9			
3	9	1798,2	16183,8	0,084			75,6			
2	6	1798,2	10789,2	0,056			50,4			
1	3	1798,2	5394,6	0,028			25,2			
			192456				956,9			
Kat deprem ve kat kesme kuvvetleri (kN)			GL Tasarımı							
Kat No	Kat deprem kuvvetleri	Kat kesme kuvvetleri	Fe 37 Gövde Levhası							
8	250,9	250,9	t _w (m)	ΦV _n (kN)						
7	176,5	427,4	0,002	1066,0						
6	151,3	578,7	0,003	1598,9						
5	126,1	704,8	0,004	2131,9						
4	100,9	805,6	0,005	2664,9						
3	75,6	881,3	0,006	3197,9						
2	50,4	931,7	0,007	3730,9						
1	25,2	956,9	0,008	4263,8						
Katlara göre GL seçimi										
Kat No	t _w (m)	Kat kesme kuvvetleri	ΦV _n (kN)	Kullanılan kapasite (%)						
8	0,002	250,9	1066,0	24						
7	0,002	427,4	1066,0	40						
6	0,002	578,7	1066,0	54						
5	0,002	704,8	1066,0	66						
4	0,002	805,6	1066,0	76						
3	0,002	881,3	1066,0	83						
2	0,002	931,7	1066,0	87						
1	0,002	956,9	1066,0	90						

AÇIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “8 katlı model ($\alpha=45^\circ$)” deprem ve GL ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır.
- Deprem hesabı DBYBHY’de [1] verilen EDYY’ye göre yapılmıştır.
- İlgili değerler girilerek GL ön tasarımı yapılmış olur. GL kalınlığı için $t_w = 0,002$ m (2 mm) değeri kullanılacaktır.

Çizelge A.50: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-YSE ön tasarımı - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _g (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α (derece)	A _s (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α (radyan)
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
F _{yt} (kN/m ²)-GL	F _{yt} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α (radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0188	0,0188	0,0188	0,0188	0,0188	0,785
		t _{w5} (m)	t _{w6} (m)	t _{w7} (m)	t _{w8} (m)			A _{b6} (m ²)	A _{b7} (m ²)	A _{b8} (m ²)	A _{b9} (m ²)	A _{b10} (m ²)	0,785
		0,002	0,002	0,002	0,002			0,0188	0,0188	0,0188	0,0188	0,0188	0,785
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,785
3	3	3	3	0,005113	0,005113	0,005113	0,005113	0,005113	3	6	9	12	0,785
h ₅ (m)	h ₆ (m)	h ₇ (m)	h ₈ (m)	Z _{ab6} (m ³)	Z _{ab7} (m ³)	Z _{ab8} (m ³)	Z _{ab9} (m ³)	Z _{ab10} (m ³)	H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	0,785
3	3	3	3	0,005113	0,005113	0,005113	0,005113	0,005113	15	18	21	24	0,785
yerden yükseklik													0,785
KAT NO	α (derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω_{kol} (kN/m)	ω_{kol} (kN/m)	ω_{kris} (kN/m)	ω_{kris} (kN/m)								
1	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
2	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
3	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
4	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
5	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
6	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
7	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
8	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00								
KAT NO	k _g (kN/m)	P _{g1} (kN)	P _{g2} (kN)	P _{g3} (kN)	P _{g4} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{g11} (kN-m)	M _{g12} (kN-m)	V _{g1} (kN)	V _{g2} (kN)		
0	-	-353	-361	705	-705	1,02	1,02	1406	1406	1174	-236		
1	1316000	-705	-643	-643	-643	1,03	1,03	1406	1406	469	469		
2	1316000	-705	-744	-744	-744	1,01	1,01	1406	1406	469	469		
3	1316000	-705	-720	-720	-720	1,02	1,02	1406	1406	469	469		
4	1316000	-705	-706	-706	-706	1,02	1,02	1406	1406	469	469		
5	1316000	-705	-712	-712	-712	1,02	1,02	1406	1406	469	469		
6	1316000	-705	-731	-731	-731	1,01	1,01	1406	1406	469	469		
7	1316000	-705	-692	-692	-692	1,02	1,02	1406	1406	469	469		
8	1316000	-353	-332	-1037	373	0,94	1,09	1326	1406	-250	1160		

AÇIKLAMALAR

- Yukarıdaki tablo “8 katlı model ($\alpha=45^\circ$)” DSE ve YSE ön tasarımına ait Excel tablosudur.
- Yeşil renkteki hücrelerin içindeki değerler kullanıcı tarafından girilmelidir. Beyaz renkteki hücrelerin içindeki değerler ise program tarafından hesaplanacaktır. Sistemin malzeme ve geometrik özellikleri girildikten sonra sırasıyla,
 - *Turuncu kısım:* Kiriş akma etkileri program tarafından hesaplanarak YSE (1) profili seçilir. (W30 x 99)
 - *Mor kısım:* W30 x 99 profiline ait (A_{bi}) ve (Z_{bi}) değerleri girilir.
 - *Koyu mavi kısım:* Bu kısımdaki değerler kullanılarak DSE elastik modeli mesnet tepkileri SAP2000 programı yardımıyla hesaplanır ve yeşil renkteki ilgili hücreye yazılır.
 - *Açık mavi kısım:* Turuncu kısımdaki değerlere ek olarak mavi kısımdaki değerler de YSE üzerine yüklenerek YSE (2) profili seçilir. (W30 x 124)
- Bu aşamada (α) başlangıç açısı hesaplanmayacaktır. Hesaplamalar $\alpha=45^\circ$ kabulü altında yapılacaktır. Bu yüzden tablodaki üst kısımlar boş bırakılmıştır.

Çizelge A.51: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-1. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)														
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _t (m ²)	I _t (m ⁴)	t _e (m)	α (derece)	A _g (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α (radyan)	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{u1} (m)	t _{u2} (m)	t _{u3} (m)	t _{u4} (m)	L (m)	E (kN/m ²)	A _{g1} (m ²)	A _{g2} (m ²)	A _{g3} (m ²)	A _{g4} (m ²)	A _{g5} (m ²)	α (radyan)	
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0235	0,0235	0,0235	0,0235	0,0235	0,785	
		t _{u5} (m)	t _{u6} (m)	t _{u7} (m)	t _{u8} (m)				A _{g6} (m ²)	A _{g7} (m ²)	A _{g8} (m ²)	A _{g9} (m ²)	0,785	
		0,002	0,002	0,002	0,002				0,0235	0,0235	0,0235	0,0235	0,785	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{3b1} (m ³)	Z _{3b2} (m ³)	Z _{3b3} (m ³)	Z _{3b4} (m ³)	Z _{3b5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,785	
3	3	3	3	0,006686	0,006686	0,006686	0,006686	0,006686	3	6	9	12	0,785	
h ₅ (m)	h ₆ (m)	h ₇ (m)	h ₈ (m)	Z _{3b7} (m ³)	Z _{3b8} (m ³)	Z _{3b9} (m ³)	Z _{3b10} (m ³)		H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	0,785	
3	3	3	3	0,006686	0,006686	0,006686	0,006686		15	18	21	24	0,785	
yerden yükseklik													0,785	
KAT NO	α (derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER										
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{kir} (kN/m)	ω _{kir} (kN/m)									
1	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
2	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
3	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
4	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
5	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
6	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
7	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
8	45,00	235,00	235,00	235,00	235,00									
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P ₀₁ (kN)	P ₀₂ (kN)	P ₀₃ (kN)	P ₀₄ (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{per} (kN-m)	M _{per} (kN-m)	V ₀₁ (kN)	V ₀₂ (kN)			
0	-	-353	-350	705	-705	1,05	1,05	1839	1839	1318	-92			
1	1645000	-705	-659	-659	-659	1,06	1,06	1839	1839	613	613			
2	1645000	-705	-742	-742	-742	1,04	1,04	1839	1839	613	613			
3	1645000	-705	-716	-716	-716	1,05	1,05	1839	1839	613	613			
4	1645000	-705	-705	-705	-705	1,05	1,05	1839	1839	613	613			
5	1645000	-705	-710	-710	-710	1,05	1,05	1839	1839	613	613			
6	1645000	-705	-730	-730	-730	1,05	1,05	1839	1839	613	613			
7	1645000	-705	-701	-701	-701	1,05	1,05	1839	1839	613	613			
8	1645000	-353	-327	-1032	378	0,99	1,11	1823	1839	-95	1315			
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)							
25,2	50,4	75,6	100,9	126,1	151,3	176,5	250,9							
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R ₁ (kN)	R ₂ (kN)	R ₃ (kN)	R ₄ (kN)				
1	66920	25,2	50,4	75,6	100,9	102	-11153	11153	-2277	-1577				
2						203								
3						305								
4						406								
5						508								
6						609								
7						711								
8						1011								
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)	3855	V ₁ (kN)							
		126,1	151,3	176,5	250,9									

AÇIKLAMALAR

- $\alpha=45^\circ$ altında YSE (2) profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 235x24 + 705 - 659 - 742 - 716 - 705 - 710 - 730 - 701 - 1032 + \frac{3855}{2} = 2278 \text{ kN (2278 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 235x24 + 1318 + 613 + 613 + 613 + 613 + 613 + 613 + 613 - 95 = 11154 \text{ kN (11154 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -235x24 + 705 + 659 + 742 + 716 + 705 + 710 + 730 + 701 - 378 + \frac{3855}{2} = 1578 \text{ kN (1578 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -235x24 - 1315 - 613 - 613 - 613 - 613 - 613 - 613 - 613 + 92 = -11154 \text{ kN (-11154 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 1. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 1. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 480
YSE profili: W30 x 173
 $\alpha=44,23^\circ$

Çizelge A.52: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-2. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)

KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _g (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _c (m)	α(derece)	A _g (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0328	0,0903	0,0164	0,002	44,23	0,00128	1,066	1,188	0,898	0,772
2	3	6	2,000	0,0328	0,0903	0,0164	0,002	44,23	0,00128	1,066	1,188	0,898	0,772
3	3	6	2,000	0,0328	0,0903	0,0164	0,002	44,23	0,00128	1,066	1,188	0,898	0,772
4	3	6	2,000	0,0328	0,0903	0,0164	0,002	44,23	0,00128	1,066	1,188	0,898	0,772
5	3	6	2,000	0,0328	0,0903	0,0164	0,002	44,23	0,00128	1,066	1,188	0,898	0,772
6	3	6	2,000	0,0328	0,0903	0,0164	0,002	44,23	0,00128	1,066	1,188	0,898	0,772
7	3	6	2,000	0,0328	0,0903	0,0164	0,002	44,23	0,00128	1,066	1,188	0,898	0,772
8	3	6	2,000	0,0328	0,0903	0,0164	0,002	44,23	0,00128	1,066	1,188	0,898	0,772

F _{yt} (kN/m ²)-GL	F _{yt} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{u1} (m)	t _{u2} (m)	t _{u3} (m)	t _{u4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{u1} (m ²)	A _{u2} (m ²)	A _{u3} (m ²)	A _{u4} (m ²)	A _{u5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	0,772
		t _{u5} (m)	t _{u6} (m)	t _{u7} (m)	t _{u8} (m)			A _{u6} (m ²)	A _{u7} (m ²)	A _{u8} (m ²)	A _{u9} (m ²)		
		0,002	0,002	0,002	0,002			0,0328	0,0328	0,0328	0,0328		
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{u1} (m ³)	Z _{u2} (m ³)	Z _{u3} (m ³)	Z _{u4} (m ³)	Z _{u5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	
3	3	3	3	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914	3	6	9	12	0,772
h ₅ (m)	h ₆ (m)	h ₇ (m)	h ₈ (m)	Z _{u6} (m ³)	Z _{u7} (m ³)	Z _{u8} (m ³)	Z _{u9} (m ³)		H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	0,772
3	3	3	3	0,009914	0,009914	0,009914	0,009914		15	18	21	24	0,772

yerden yükseklik

0,772

KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER	
		ω _{u1} (kN/m)	ω _{u2} (kN/m)	ω _{u3} (kN/m)	ω _{u4} (kN/m)
1	44,23	234,92	228,68	241,32	234,92
2	44,23	234,92	228,68	241,32	234,92
3	44,23	234,92	228,68	241,32	234,92
4	44,23	234,92	228,68	241,32	234,92
5	44,23	234,92	228,68	241,32	234,92
6	44,23	234,92	228,68	241,32	234,92
7	44,23	234,92	228,68	241,32	234,92
8	44,23	234,92	228,68	241,32	234,92

KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{u1} (kN)	P _{u2} (kN)	P _{u3} (kN)	P _{u4} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{u1} (kN-m)	M _{u2} (kN-m)	V _{u1} (kN)	V _{u2} (kN)
0	-	-343	-328	705	-705	1,09	1,09	2726	2726	1633	185
1	2296000	-686	-663	-663	-663	1,09	1,09	2726	2726	909	909
2	2296000	-686	-719	-719	-719	1,09	1,09	2726	2726	909	909
3	2296000	-686	-692	-692	-692	1,09	1,09	2726	2726	909	909
4	2296000	-686	-685	-685	-685	1,09	1,09	2726	2726	909	909
5	2296000	-686	-689	-689	-689	1,09	1,09	2726	2726	909	909
6	2296000	-686	-707	-707	-707	1,09	1,09	2726	2726	909	909
7	2296000	-686	-695	-695	-695	1,09	1,09	2726	2726	909	909
8	2296000	-343	-311	-1016	394	1,05	1,13	2726	2726	185	1633

F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)
25,2	50,4	75,6	100,9	126,1	151,3	176,5	250,9

KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	R ₁ (kN)	R ₂ (kN)	R ₃ (kN)	R ₄ (kN)			
1	82902	25,2	50,4	75,6	100,9	126	-13817	13817	-2716	-2060			
2						252							
3						377							
4						504							
5						629							
6						755							
7						881							
8						1252							
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)	4775	V ₁ (kN)						
		126,1	151,3	176,5	250,9								

ACIKLAMALAR

- 1. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,23^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profili (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 228,68x24 + 705 - 663 - 719 - 692 - 685 - 689 - 707 - 695 - 1016 + \frac{4775}{2} = 2715 \text{ kN (2715 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,92x24 + 1633 + 909 + 909 + 909 + 909 + 909 + 909 + 909 + 185 = 13819 \text{ kN (13819 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -228,68x24 + 705 + 663 + 719 + 692 + 685 + 689 + 707 + 695 - 394 + \frac{4775}{2} = 2060 \text{ kN (2061 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,92x24 - 1633 - 909 - 909 - 909 - 909 - 909 - 909 - 909 - 185 = -13819 \text{ kN (-13819 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 2. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 2. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 593 YSE profili: W30 x 211 $\alpha=44,35^\circ$
--

Çizelge A.53: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-3. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _g (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _c (m)	α(derece)	A _c (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774
2	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774
3	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774
4	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774
5	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774
6	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774
7	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774
8	3	6	2,000	0,0401	0,1123	0,021	0,002	44,35	0,00128	1,053	1,153	0,913	0,774
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{cc} (m)	t _{cs} (m)	t _{cd} (m)	t _{cd} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{gt} (m ²)	A _{gt} (m ²)	A _{gt} (m ²)	A _{gt} (m ²)	A _{gt} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,0401	0,774
		t _{cc} (m)	t _{cs} (m)	t _{cd} (m)	t _{cd} (m)			A _{gt} (m ²)	A _{gt} (m ²)	A _{gt} (m ²)	A _{gt} (m ²)		
		0,002	0,002	0,002	0,002			0,0401	0,0401	0,0401	0,0401		
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ³)	Z _{ab2} (m ³)	Z _{ab3} (m ³)	Z _{ab4} (m ³)	Z _{ab5} (m ³)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	
3	3	3	3	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123	3	6	9	12	0,774
h ₅ (m)	h ₆ (m)	h ₇ (m)	h ₈ (m)	Z _{ab6} (m ³)	Z _{ab7} (m ³)	Z _{ab8} (m ³)	Z _{ab9} (m ³)		H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	
3	3	3	3	0,0123	0,0123	0,0123	0,0123		15	18	21	24	0,774
yerden yükseklik													0,774
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{col} (kN/m)	ω _{col} (kN/m)	ω _{ab} (kN/m)	ω _{ab} (kN/m)								
1	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94								
2	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94								
3	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94								
4	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94								
5	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94								
6	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94								
7	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94								
8	44,35	234,94	229,67	240,33	234,94								
KAT NO	k _s (kN/m)	P _d (kN)	P _u (kN)	P _{ld} (kN)	P _{lr} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{per} (kN-m)	M _{per} (kN-m)	V _{ld} (kN)	V _{lr} (kN)		
0	-	-345	-322	705	-705	1,10	1,10	3383	3383	1848	407		
1	2807000	-689	-677	-677	-677	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128		
2	2807000	-689	-719	-719	-719	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
3	2807000	-689	-693	-693	-693	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128		
4	2807000	-689	-688	-688	-688	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128		
5	2807000	-689	-691	-691	-691	1,11	1,11	3383	3383	1128	1128		
6	2807000	-689	-709	-709	-709	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
7	2807000	-689	-705	-705	-705	1,10	1,10	3383	3383	1128	1128		
8	2807000	-345	-308	-1013	397	1,07	1,14	3383	3383	407	1848		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)						
25,2	50,4	75,6	100,9	126,1	151,3	176,5	250,9						
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{u1} (kN)	R _u (kN)	R _u (kN)	R _u (kN)			
1	94716	25,2	50,4	75,6	100,9	144	-15786	15786	-3050	-2406			
2						287							
3						431							
4						575							
5						719							
6						863							
7						1006							
8						1431							
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)	5456	V ₁ (kN)						
		126,1	151,3	176,5	250,9								

ACIKLAMALAR

- 2. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,35^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 229,67 \times 24 + 705 - 677 - 719 - 693 - 688 - 691 - 709 - 705 - 1013 + \frac{5456}{2} = 3050 \text{ kN (3050 kN)} \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,94 \times 24 + 1848 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 1128 + 407 = 15789 \text{ kN (15789 kN)} \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -229,67 \times 24 + 705 + 677 + 719 + 693 + 688 + 691 + 709 + 705 - 397 + \frac{5456}{2} = 2406 \text{ kN (2406 kN)} \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,94 \times 24 - 1848 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 1128 - 407 = -15789 \text{ kN (-15789 kN)} \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 3. aşamanın sonunda

DSE profili: W40 x 655 YSE profili: W30 x 261 $\alpha=44,50^\circ$
--

Çizelge A.54: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-4. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)														
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _b (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _c (m)	α(derece)	A _c (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)	
1	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777	
2	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777	
3	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777	
4	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777	
5	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777	
6	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777	
7	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777	
8	3	6	2,000	0,0495	0,1239	0,0235	0,002	44,50	0,00128	1,048	1,124	0,932	0,777	
F _{yp} (kN/m ²)-GL	F _{yp} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{ca} (m)	t _{cb} (m)	t _{ca} (m)	t _{cb} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)	
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,0495	0,777	
		t _{ca} (m)	t _{cb} (m)	t _{ca} (m)	t _{cb} (m)			A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)		0,777	
		0,002	0,002	0,002	0,002			0,0495	0,0495	0,0495	0,0495		0,777	
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ²)	Z _{ab2} (m ²)	Z _{ab3} (m ²)	Z _{ab4} (m ²)	Z _{ab5} (m ²)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,777	
3	3	3	3	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154	3	6	9	12	0,777	
h ₅ (m)	h ₆ (m)	h ₇ (m)	h ₈ (m)	Z _{ab6} (m ²)	Z _{ab7} (m ²)	Z _{ab8} (m ²)	Z _{ab9} (m ²)		H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	0,777	
3	3	3	3	0,0154	0,0154	0,0154	0,0154		15	18	21	24	0,777	
										yerden yükseklik				0,777
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER										
		ω _{col} (kN/m)	ω _{col} (kN/m)	ω _{rib} (kN/m)	ω _{rib} (kN/m)									
1	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96									
2	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96									
3	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96									
4	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96									
5	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96									
6	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96									
7	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96									
8	44,50	234,96	230,90	239,10	234,96									
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{d1} (kN)	P _{d1} (kN)	P _{d1} (kN)	P _{br} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{rel} (kN-m)	M _{br} (kN-m)	V _{d1} (kN)	V _{br} (kN)			
0	-	-346	-319	705	-705	1,12	1,12	4235	4235	2129	694			
1	3465000	-693	-692	-692	-692	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412			
2	3465000	-693	-719	-719	-719	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412			
3	3465000	-693	-696	-696	-696	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412			
4	3465000	-693	-691	-691	-691	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412			
5	3465000	-693	-694	-694	-694	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412			
6	3465000	-693	-710	-710	-710	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412			
7	3465000	-693	-715	-715	-715	1,12	1,12	4235	4235	1412	1412			
8	3465000	-346	-306	-1011	399	1,09	1,15	4235	4235	694	2129			
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)							
25,2	50,4	75,6	100,9	126,1	151,3	176,5	250,9							
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₁ (kN)	R _{d1} (kN)	R _{br} (kN)	R _{d3} (kN)	R _{br} (kN)				
1	110065	25,2	50,4	75,6	100,9	167	-18344	18344	-3489	-2851				
2						334								
3						501								
4						669								
5						835								
6						1002								
7						1169								
8						1662								
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)	6340	V ₁ (kN)							
		126,1	151,3	176,5	250,9									

ACIKLAMALAR

- 3. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,50^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 230,90 \times 24 + 705 - 692 - 719 - 696 - 691 - 694 - 710 - 715 - 1011 + \frac{6340}{2} = 3489 \text{ kN (3488 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,96 \times 24 + 2129 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 1412 + 694 = 18346 \text{ kN (18346 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -230,90 \times 24 + 705 + 692 + 719 + 696 + 691 + 694 + 710 + 715 - 399 + \frac{6340}{2} = 2851 \text{ kN (2851 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,96 \times 24 - 2129 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 1412 - 694 = -18346 \text{ kN (-18346 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 4. aşamanın sonunda

DSE profili: W36 x 798 YSE profili: W30 x 326 $\alpha=44,60^\circ$
--

Çizelge A.55: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 1. bölüm-5. aşama - $\alpha=45^\circ$)

ÖNERİLEN YÖNTEME DAYANAN ARDIŞIK YAKLAŞIM YÖNTEMİ (ÖY+AYY)													
KAT NO	h (m)	L (m)	L/h	A _k (m ²)	A _c (m ²)	I _c (m ⁴)	t _w (m)	α(derece)	A _c (m ²)	ÜST	ALT	ÜST/ALT	α(radyan)
1	3	6	2,000	0,0618	0,151	0,0261	0,002	44,60	0,00128	1,040	1,100	0,945	0,778
2	3	6	2,000	0,0618	0,151	0,0261	0,002	44,60	0,00128	1,040	1,100	0,945	0,778
3	3	6	2,000	0,0618	0,151	0,0261	0,002	44,60	0,00128	1,040	1,100	0,945	0,778
4	3	6	2,000	0,0618	0,151	0,0261	0,002	44,60	0,00128	1,040	1,100	0,945	0,778
5	3	6	2,000	0,0618	0,151	0,0261	0,002	44,60	0,00128	1,040	1,100	0,945	0,778
6	3	6	2,000	0,0618	0,151	0,0261	0,002	44,60	0,00128	1,040	1,100	0,945	0,778
7	3	6	2,000	0,0618	0,151	0,0261	0,002	44,60	0,00128	1,040	1,100	0,945	0,778
8	3	6	2,000	0,0618	0,151	0,0261	0,002	44,60	0,00128	1,040	1,100	0,945	0,778
F _{ygl} (kN/m ²)-GL	F _{ygl} (kN/m ²)-YSE-DSE	t _{w1} (m)	t _{w2} (m)	t _{w3} (m)	t _{w4} (m)	L(m)	E(kN/m ²)	A _{b1} (m ²)	A _{b2} (m ²)	A _{b3} (m ²)	A _{b4} (m ²)	A _{b5} (m ²)	α(radyan)
235000	275000	0,002	0,002	0,002	0,002	6	210000000	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,0618	0,778
		t _{w5} (m)	t _{w6} (m)	t _{w7} (m)	t _{w8} (m)			A _{b9} (m ²)	A _{b8} (m ²)	A _{b7} (m ²)	A _{b6} (m ²)		0,778
		0,002	0,002	0,002	0,002			0,0618	0,0618	0,0618	0,0618		0,778
h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	h ₄ (m)	Z _{ab1} (m ²)	Z _{ab2} (m ²)	Z _{ab3} (m ²)	Z _{ab4} (m ²)	Z _{ab5} (m ²)	H ₁ (m)	H ₂ (m)	H ₃ (m)	H ₄ (m)	0,778
3	3	3	3	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195	3	6	9	12	0,778
h ₅ (m)	h ₆ (m)	h ₇ (m)	h ₈ (m)	Z _{ab5} (m ²)	Z _{ab6} (m ²)	Z _{ab7} (m ²)	Z _{ab8} (m ²)		H ₅ (m)	H ₆ (m)	H ₇ (m)	H ₈ (m)	0,778
3	3	3	3	0,0195	0,0195	0,0195	0,0195		15	18	21	24	0,778
yerden yükseklik												0,778	
KAT NO	α(derece)	KOLONLAR		KİRİŞLER									
		ω _{kol} (kN/m)	ω _{kol} (kN/m)	ω _{k1b} (kN/m)	ω _{k2b} (kN/m)								
1	44,60	234,98	231,72	238,28	234,98								
2	44,60	234,98	231,72	238,28	234,98								
3	44,60	234,98	231,72	238,28	234,98								
4	44,60	234,98	231,72	238,28	234,98								
5	44,60	234,98	231,72	238,28	234,98								
6	44,60	234,98	231,72	238,28	234,98								
7	44,60	234,98	231,72	238,28	234,98								
8	44,60	234,98	231,72	238,28	234,98								
KAT NO	k ₀ (kN/m)	P _{d1} (kN)	P _{d2} (kN)	P _{d3} (kN)	P _{d4} (kN)	KOŞUL	KOŞUL	M _{d1} (kN-m)	M _{d2} (kN-m)	V _{d1} (kN)	V _{d2} (kN)		
0	-	-348	-314	705	-705	1,13	1,13	5363	5363	2502	1073		
1	4326000	-695	-705	-705	-705	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788		
2	4326000	-695	-718	-718	-718	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788		
3	4326000	-695	-697	-697	-697	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788		
4	4326000	-695	-694	-694	-694	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788		
5	4326000	-695	-695	-695	-695	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788		
6	4326000	-695	-710	-710	-710	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788		
7	4326000	-695	-724	-724	-724	1,13	1,13	5363	5363	1788	1788		
8	4326000	-348	-304	-1009	401	1,11	1,15	5363	5363	1073	2502		
F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)						
25,2	50,4	75,6	100,9	126,1	151,3	176,5	250,9						
KAT NO	F ₁ H ₁ (kN-m)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F ₄ (kN)	F ₅ (kN)	R _{d1} (kN)	R _{d2} (kN)	R _{d3} (kN)	R _{d4} (kN)			
1	130362	25,2	50,4	75,6	100,9	198	-21727	21727	-4069	-3441			
2						396							
3						593							
4						792							
5						990							
6						1187							
7						1385							
8						1969							
		F ₅ (kN)	F ₆ (kN)	F ₇ (kN)	F ₈ (kN)	7509	V _i (kN)						
		126,1	151,3	176,5	250,9								

ACIKLAMALAR

- 4. aşama sonucunda bulunan profillerin özellikleri girilerek $\alpha=44,60^\circ$ bulunur (sarı kısım) ve yeşil renkteki hücreye yazılır. YSE profil (A_{bi}) ve (Z_{bi}) özellikleri girilir (mor kısım). DSE elastik modeli mesnet tepkileri ve sistemin gerçek kat deprem kuvvetleri Excel programında yeşille gösterilen ilgili hücrelere girilerek sistemin tüm iç ve dış kuvvet değerlerine ulaşılır (açık mavi kısım). İç ve dış kuvvet değerleri ile akma etkileri (turuncu kısım) SAP2000 programında girilir ve mesnet tepkileri kontrol edilir. Mesnet tepkileri doğruysa hesaplamalara devam edilir.

Sol DSE için kontrol

$$R_{xl} = 231,72 \times 24 + 705 - 705 - 718 - 697 - 694 - 695 - 710 - 724 - 1009 + \frac{7509}{2} = 4069 \text{ kN (4069 kN) } \checkmark$$

$$R_{yl} = 234,98 \times 24 + 2502 + 1788 + 1788 + 1788 + 1788 + 1788 + 1788 + 1788 + 1073 = 21730 \text{ kN (21730 kN) } \checkmark$$

Sağ DSE için kontrol

$$R_{xr} = -231,72 \times 24 + 705 + 705 + 718 + 697 + 694 + 695 + 710 + 724 - 401 + \frac{7509}{2} = 3440 \text{ kN (3441 kN) } \checkmark$$

$$R_{yr} = -234,98 \times 24 - 2502 - 1788 - 1788 - 1788 - 1788 - 1788 - 1788 - 1788 - 1073 = -21730 \text{ kN (-21730 kN) } \checkmark$$

Parantez içindeki değerler SAP2000 değerleridir. Mesnet tepkilerinin doğruluğu görüldükten sonra hesaplamalara devam edilerek 3. aşama için sonuç profillerine ulaşılır.

- 5. aşamanın sonunda

DSE profili: hesaplanmadı
YSE profili: hesaplanmadı
 α =hesaplanmadı

Çizelge A.56: 8 katlı model için (ÖY+AYY - 2. bölüm-şeritli model - $\alpha=45^\circ$) ve kontroller

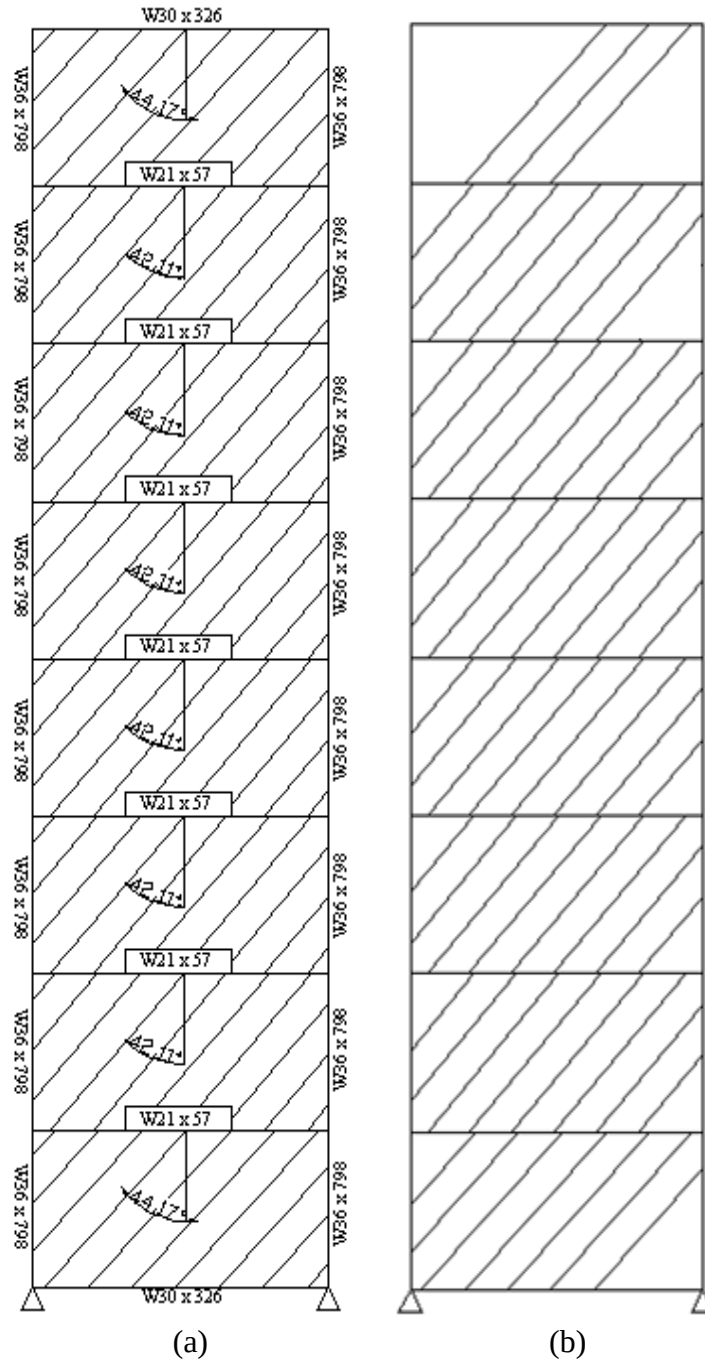
8 KATLI ŞERİTLİ MODEL							
KAT NO	(ÖY+AYY-1. BÖLÜM)		(ÖY+AYY-2. BÖLÜM)		ŞERİTLİ MODEL (SONUÇ PROFİLLER)		
	YSE	DSE	YSE	DSE	YSE	DSE	α
0	W30 x 326	W36 x 798	W30 x 326	W36 x 798	W30 x 326	W36 x 798	-
1	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	44,17
2	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
3	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
4	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
5	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
6	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
7	W30 x 326	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	W21 x 57	W36 x 798	42,11
8	W30 x 326	W36 x 798	W30 x 326	W36 x 798	W30 x 326	W36 x 798	44,17

KAT NO	d_i (m)	Δ_i^* (m)	$\delta_i^\dagger$ (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}}$ (m)	h_i (m)	$(\delta_i)_{\text{mak}} / h_i$	Ötelenme Kontrol	Dayanım Kontrol [‡]
1	0,0046	0,0046	0,0322	0,0469	3	0,016	< 0,02 ✓	✓
2	0,0106	0,0060	0,042					
3	0,0171	0,0065	0,0455					
4	0,0238	0,0067	0,0469					
5	0,0300	0,0062	0,0434					
6	0,0355	0,0055	0,0385					
7	0,0399	0,0044	0,0308					
8	0,0431	0,0032	0,0224					

$$^* \Delta_i = d_i - d_{i-1}$$

$$^\dagger \delta_i = R_a \times \Delta_i (R_a = 7)$$

[‡] Dayanım kontrolü için deprem yükleri 0,76 ile çarpılmıştır.



Şekil A.8: 8 katlı şeritli model ($\alpha=45^\circ$ ile başlangıç): (a) Şeritli model son hali, (b) Akan şeritler

Ek B

KİRİŞLERİN (YSE) PROFİL ÖZELLİKLERİ (kN ve m cinsinden)

I/Wide Flange Section

Section Name W30x99

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

Properties

Property Modifiers

Material + Fe44

Dimensions

Outside height (t3) 0,7531

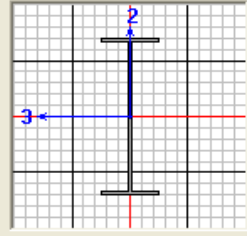
Top flange width (t2) 0,2654

Top flange thickness (tf) 0,017

Web thickness (tw) 0,0132

Bottom flange width (t2b) 0,2654

Bottom flange thickness (tfb) 0,017



Display Color

(a)

Property Data

Section Name W30x99

Properties

Cross-section (axial) area	0,0188	Section modulus about 3 axis	4,410E-03
Torsional constant	1,569E-06	Section modulus about 2 axis	4,014E-04
Moment of Inertia about 3 axis	1,661E-03	Plastic modulus about 3 axis	5,113E-03
Moment of Inertia about 2 axis	5,328E-05	Plastic modulus about 2 axis	6,325E-04
Shear area in 2 direction	9,947E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,2974
Shear area in 3 direction	7,528E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0,0533

(b)

Şekil B.1: W30 x 99 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name W30x124

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

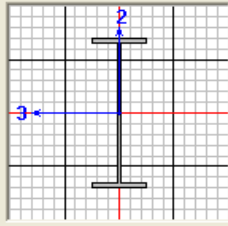
Properties

Property Modifiers

Material + Fe44

Dimensions

Outside height (t3)	0,7663
Top flange width (t2)	0,2671
Top flange thickness (tf)	0,0236
Web thickness (tw)	0,0149
Bottom flange width (t2b)	0,2671
Bottom flange thickness (tfb)	0,0236



Display Color

(a)

Property Data

Section Name W30x124

Properties

Cross-section (axial) area	0,0235	Section modulus about 3 axis	5,823E-03
Torsional constant	3,326E-06	Section modulus about 2 axis	5,642E-04
Moment of Inertia about 3 axis	2,231E-03	Plastic modulus about 3 axis	6,686E-03
Moment of Inertia about 2 axis	7,534E-05	Plastic modulus about 2 axis	8,849E-04
Shear area in 2 direction	0,0114	Radius of Gyration about 3 axis	0,3078
Shear area in 3 direction	0,0105	Radius of Gyration about 2 axis	0,0566

(b)

Şekil B.2: W30 x 124 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name W30X132

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

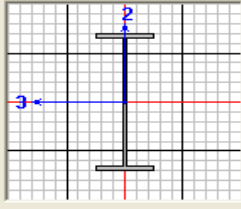
Properties

Property Modifiers

Material + Fe44

Dimensions

Outside height (t3)	0,7699
Top flange width (t2)	0,2678
Top flange thickness (tf)	0,0254
Web thickness (tw)	0,0156
Bottom flange width (t2b)	0,2678
Bottom flange thickness (tfb)	0,0254



Display Color 

(a)

Property Data

Section Name W30X132

Properties

Cross-section (axial) area	0,0251	Section modulus about 3 axis	6,239E-03
Torsional constant	4,046E-06	Section modulus about 2 axis	6,092E-04
Moment of Inertia about 3 axis	2,402E-03	Plastic modulus about 3 axis	7,161E-03
Moment of Inertia about 2 axis	8,158E-05	Plastic modulus about 2 axis	9,570E-04
Shear area in 2 direction	0,012	Radius of Gyration about 3 axis	0,3093
Shear area in 3 direction	0,0113	Radius of Gyration about 2 axis	0,057

(b)

Şekil B.3: W30 x 132 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name

Section Notes

Extract Data from Section Property File

Properties

Property Modifiers

Material

Dimensions

Outside height (t3)

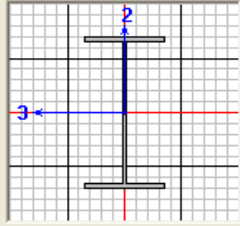
Top flange width (t2)

Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)



Display Color

(a)

Property Data

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	0,0328	Section modulus about 3 axis	8,829E-03
Torsional constant	6,368E-06	Section modulus about 2 axis	1,308E-03
Moment of Inertia about 3 axis	3,413E-03	Plastic modulus about 3 axis	9,914E-03
Moment of Inertia about 2 axis	2,489E-04	Plastic modulus about 2 axis	2,016E-03
Shear area in 2 direction	0,0129	Radius of Gyration about 3 axis	0,3227
Shear area in 3 direction	0,0172	Radius of Gyration about 2 axis	0,0871

(b)

Şekil B.4: W30 x 173 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name

Section Notes

Extract Data from Section Property File

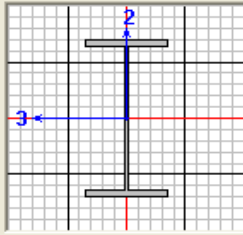
Properties

Property Modifiers

Material

Dimensions

Outside height (t3)	0,7849
Top flange width (t2)	0,3835
Top flange thickness (tf)	0,0335
Web thickness (tw)	0,0197
Bottom flange width (t2b)	0,3835
Bottom flange thickness (tfb)	0,0335



Display Color

(a)

Property Data

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	0,0401	Section modulus about 3 axis	0,0109
Torsional constant	1,182E-05	Section modulus about 2 axis	1,643E-03
Moment of Inertia about 3 axis	4,287E-03	Plastic modulus about 3 axis	0,0123
Moment of Inertia about 2 axis	3,151E-04	Plastic modulus about 2 axis	2,540E-03
Shear area in 2 direction	0,0154	Radius of Gyration about 3 axis	0,3269
Shear area in 3 direction	0,0214	Radius of Gyration about 2 axis	0,0886

(b)

Şekil B.5: W30 x 211 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name W30x261

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

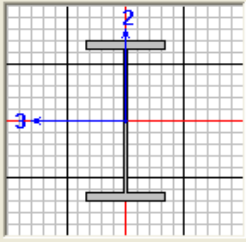
Properties

Property Modifiers

Material + Fe44

Dimensions

Outside height (t3)	0,8029
Top flange width (t2)	0,3849
Top flange thickness (tf)	0,0419
Web thickness (tw)	0,0236
Bottom flange width (t2b)	0,3849
Bottom flange thickness (tfb)	0,0419



Display Color

(a)

Property Data

Section Name W30x261

Properties

Cross-section (axial) area	0,0495	Section modulus about 3 axis	0,0136
Torsional constant	2,239E-05	Section modulus about 2 axis	2,074E-03
Moment of Inertia about 3 axis	5,453E-03	Plastic modulus about 3 axis	0,0154
Moment of Inertia about 2 axis	3,992E-04	Plastic modulus about 2 axis	3,212E-03
Shear area in 2 direction	0,019	Radius of Gyration about 3 axis	0,3319
Shear area in 3 direction	0,0269	Radius of Gyration about 2 axis	0,0898

(b)

Şekil B.6: W30 x 261 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name W30x326

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

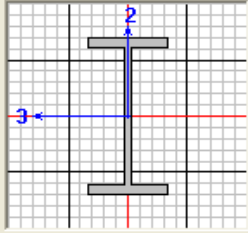
Properties

Property Modifiers

Material + Fe44

Dimensions

Outside height (t3)	0,823
Top flange width (t2)	0,3912
Top flange thickness (tf)	0,0521
Web thickness (tw)	0,029
Bottom flange width (t2b)	0,3912
Bottom flange thickness (tfb)	0,0521



Display Color 

(a)

Property Data

Section Name W30x326

Properties

Cross-section (axial) area	0,0618	Section modulus about 3 axis	0,017
Torsional constant	4,287E-05	Section modulus about 2 axis	2,639E-03
Moment of Inertia about 3 axis	6,993E-03	Plastic modulus about 3 axis	0,0195
Moment of Inertia about 2 axis	5,161E-04	Plastic modulus about 2 axis	4,130E-03
Shear area in 2 direction	0,0238	Radius of Gyration about 3 axis	0,3364
Shear area in 3 direction	0,0339	Radius of Gyration about 2 axis	0,0914

(b)

Şekil B.7: W30 x 326 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name

Section Notes

Extract Data from Section Property File

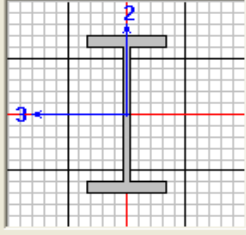
Properties

Property Modifiers

Material

Dimensions

Outside height (t3)	0,843
Top flange width (t2)	0,396
Top flange thickness (tf)	0,062
Web thickness (tw)	0,0345
Bottom flange width (t2b)	0,396
Bottom flange thickness (tfb)	0,062



Display Color

(a)

Property Data

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	0,0735	Section modulus about 3 axis	0,0204
Torsional constant	7,242E-05	Section modulus about 2 axis	3,258E-03
Moment of Inertia about 3 axis	8,616E-03	Plastic modulus about 3 axis	0,0234
Moment of Inertia about 2 axis	6,452E-04	Plastic modulus about 2 axis	5,080E-03
Shear area in 2 direction	0,0291	Radius of Gyration about 3 axis	0,3423
Shear area in 3 direction	0,0409	Radius of Gyration about 2 axis	0,0937

(b)

Şekil B.8: W30 x 391 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name

Section Notes

Extract Data from Section Property File

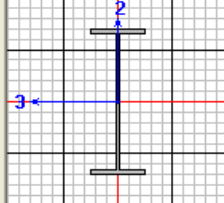
Properties

Property Modifiers

Material

Dimensions

Outside height (t3)	0,3533
Top flange width (t2)	0,1276
Top flange thickness (tf)	0,0107
Web thickness (tw)	6,477E-03
Bottom flange width (t2b)	0,1276
Bottom flange thickness (tfb)	0,0107



Display Color

(a)

Property Data

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	4,961E-03	Section modulus about 3 axis	5,773E-04
Torsional constant	1,498E-07	Section modulus about 2 axis	5,811E-05
Moment of Inertia about 3 axis	1,020E-04	Plastic modulus about 3 axis	6,588E-04
Moment of Inertia about 2 axis	3,709E-06	Plastic modulus about 2 axis	9,078E-05
Shear area in 2 direction	2,288E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,1434
Shear area in 3 direction	2,269E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0,0273

(b)

Şekil B.9: W14 x 26 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name

Section Notes

Extract Data from Section Property File

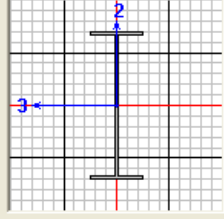
Properties

Property Modifiers

Material

Dimensions

Outside height (t3)	0,4034
Top flange width (t2)	0,1403
Top flange thickness (tf)	0,0112
Web thickness (tw)	6,985E-03
Bottom flange width (t2b)	0,1403
Bottom flange thickness (tfb)	0,0112



Display Color

(a)

Property Data

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	5,884E-03	Section modulus about 3 axis	7,739E-04
Torsional constant	1,915E-07	Section modulus about 2 axis	7,356E-05
Moment of Inertia about 3 axis	1,561E-04	Plastic modulus about 3 axis	8,849E-04
Moment of Inertia about 2 axis	5,161E-06	Plastic modulus about 2 axis	1,152E-04
Shear area in 2 direction	2,817E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,1629
Shear area in 3 direction	2,614E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0,0296

(b)

Şekil B.10: W16 x 31 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name W18X35

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

Properties

Property Modifiers

Material Fe44

Dimensions

Outside height (t3)

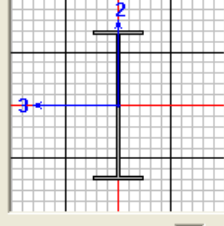
Top flange width (t2)

Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)



Display Color

(a)

Property Data

Section Name W18X35

Properties

Cross-section (axial) area	6,645E-03	Section modulus about 3 axis	9,443E-04
Torsional constant	2,123E-07	Section modulus about 2 axis	8,357E-05
Moment of Inertia about 3 axis	2,123E-04	Plastic modulus about 3 axis	1,090E-03
Moment of Inertia about 2 axis	6,368E-06	Plastic modulus about 2 axis	1,321E-04
Shear area in 2 direction	3,426E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,1787
Shear area in 3 direction	2,742E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0,031

(b)

Şekil B.11: W18 x 35 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name W21X57

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

Properties

Property Modifiers

Material + Fe44

Dimensions

Outside height (t3) 0,5349

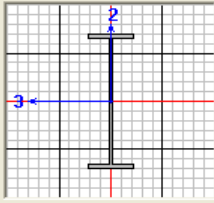
Top flange width (t2) 0,1665

Top flange thickness (tf) 0,0165

Web thickness (tw) 0,0103

Bottom flange width (t2b) 0,1665

Bottom flange thickness (tfb) 0,0165



Display Color 

(a)

Property Data

Section Name W21X57

Properties

Cross-section (axial) area	0,0108	Section modulus about 3 axis	1,821E-03
Torsional constant	7,367E-07	Section modulus about 2 axis	1,530E-04
Moment of Inertia about 3 axis	4,870E-04	Plastic modulus about 3 axis	2,114E-03
Moment of Inertia about 2 axis	1,274E-05	Plastic modulus about 2 axis	2,425E-04
Shear area in 2 direction	5,503E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,2126
Shear area in 3 direction	4,581E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0,0344

(b)

Şekil B.12: W21 x 57 profil özellikleri

KOLONLARIN (DSE) PROFİL ÖZELLİKLERİ (kN ve m cinsinden)

I/Wide Flange Section

Section Name W40x268

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

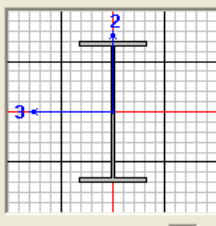
Properties

Property Modifiers

Material + Fe44

Dimensions

Outside height (t3)	1.
Top flange width (t2)	0.4509
Top flange thickness (tf)	0.0359
Web thickness (tw)	0.0191
Bottom flange width (t2b)	0.4509
Bottom flange thickness (tfb)	0.0359



Display Color 

(a)

Property Data

Section Name W40x268

Properties

Cross-section (axial) area	0.0508	Section modulus about 3 axis	0.0179
Torsional constant	1.711E-05	Section modulus about 2 axis	2.437E-03
Moment of Inertia about 3 axis	8.949E-03	Plastic modulus about 3 axis	0.02
Moment of Inertia about 2 axis	5.494E-04	Plastic modulus about 2 axis	3.753E-03
Shear area in 2 direction	0.0191	Radius of Gyration about 3 axis	0.4196
Shear area in 3 direction	0.027	Radius of Gyration about 2 axis	0.104

(b)

Şekil B.13: W40 x 268 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name W40x324

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

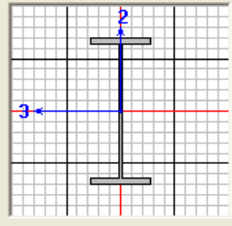
Properties

Property Modifiers

Material + Fe44

Dimensions

Outside height (t3)	1,0201
Top flange width (t2)	0,404
Top flange thickness (tf)	0,046
Web thickness (tw)	0,0254
Bottom flange width (t2b)	0,404
Bottom flange thickness (tfb)	0,046



Display Color

(a)

Property Data

Section Name W40x324

Properties

Cross-section (axial) area	0,0615	Section modulus about 3 axis	0,0209
Torsional constant	3,305E-05	Section modulus about 2 axis	2,514E-03
Moment of Inertia about 3 axis	0,0107	Plastic modulus about 3 axis	0,0239
Moment of Inertia about 2 axis	5,078E-04	Plastic modulus about 2 axis	3,917E-03
Shear area in 2 direction	0,0259	Radius of Gyration about 3 axis	0,4163
Shear area in 3 direction	0,031	Radius of Gyration about 2 axis	0,0909

(b)

Şekil B.14: W40 x 324 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name

Section Notes

Extract Data from Section Property File

Properties

Property Modifiers

Material

Dimensions

Outside height (t3)

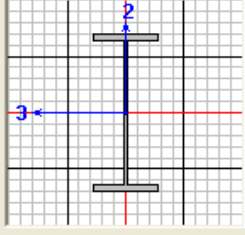
Top flange width (t2)

Top flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Bottom flange width (t2b)

Bottom flange thickness (tfb)



Display Color

(a)

Property Data

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	0,0684	Section modulus about 3 axis	0,0234
Torsional constant	4,537E-05	Section modulus about 2 axis	2,823E-03
Moment of Inertia about 3 axis	0,012	Plastic modulus about 3 axis	0,0267
Moment of Inertia about 2 axis	5,744E-04	Plastic modulus about 2 axis	4,425E-03
Shear area in 2 direction	0,0293	Radius of Gyration about 3 axis	0,4194
Shear area in 3 direction	0,0346	Radius of Gyration about 2 axis	0,0916

(b)

Şekil B.15: W40 x 362 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name

Section Notes

Extract Data from Section Property File

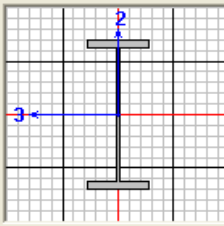
Properties

Property Modifiers

Material

Dimensions

Outside height (t3)	1,0414
Top flange width (t2)	0,4089
Top flange thickness (tf)	0,0559
Web thickness (tw)	0,031
Bottom flange width (t2b)	0,4089
Bottom flange thickness (tfb)	0,0559



Display Color

(a)

Property Data

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	0,0755	Section modulus about 3 axis	0,0256
Torsional constant	5,910E-05	Section modulus about 2 axis	3,135E-03
Moment of Inertia about 3 axis	0,0133	Plastic modulus about 3 axis	0,0295
Moment of Inertia about 2 axis	6,410E-04	Plastic modulus about 2 axis	4,916E-03
Shear area in 2 direction	0,0323	Radius of Gyration about 3 axis	0,4201
Shear area in 3 direction	0,0381	Radius of Gyration about 2 axis	0,0922

(b)

Şekil B.16: W40 x 397 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name

Section Notes

Extract Data from Section Property File

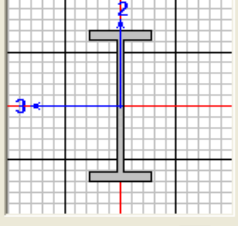
Properties

Property Modifiers

Material

Dimensions

Outside height (t3)	1,062
Top flange width (t2)	0,4155
Top flange thickness (tf)	0,0671
Web thickness (tw)	0,0371
Bottom flange width (t2b)	0,4155
Bottom flange thickness (tfb)	0,0671



Display Color

(a)

Property Data

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	0,0903	Section modulus about 3 axis	0,031
Torsional constant	1,020E-04	Section modulus about 2 axis	3,886E-03
Moment of Inertia about 3 axis	0,0164	Plastic modulus about 3 axis	0,0357
Moment of Inertia about 2 axis	8,075E-04	Plastic modulus about 2 axis	6,129E-03
Shear area in 2 direction	0,0394	Radius of Gyration about 3 axis	0,4266
Shear area in 3 direction	0,0464	Radius of Gyration about 2 axis	0,0946

(b)

Şekil B.17: W40 x 480 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name W40X531

Section Notes

Extract Data from Section Property File

c:\program files\computers and

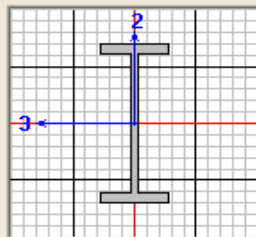
Properties

Property Modifiers

Material + Fe44

Dimensions

Outside height (t3)	1,0754
Top flange width (t2)	0,4194
Top flange thickness (tf)	0,0739
Web thickness (tw)	0,0409
Bottom flange width (t2b)	0,4194
Bottom flange thickness (tfb)	0,0739



Display Color

(a)

Property Data

Section Name W40X531

Properties

Cross-section (axial) area	0,1006	Section modulus about 3 axis	0,0343
Torsional constant	1,369E-04	Section modulus about 2 axis	4,367E-03
Moment of Inertia about 3 axis	0,0184	Plastic modulus about 3 axis	0,0401
Moment of Inertia about 2 axis	9,157E-04	Plastic modulus about 2 axis	6,915E-03
Shear area in 2 direction	0,044	Radius of Gyration about 3 axis	0,428
Shear area in 3 direction	0,0517	Radius of Gyration about 2 axis	0,0954

(b)

Şekil B.18: W40 x 531 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name

Section Notes

Extract Data from Section Property File

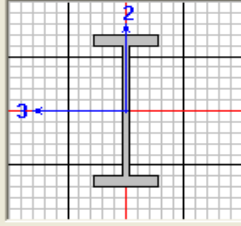
Properties

Property Modifiers

Material

Dimensions

Outside height (t3)	1,0919
Top flange width (t2)	0,4239
Top flange thickness (tf)	0,082
Web thickness (tw)	0,0455
Bottom flange width (t2b)	0,4239
Bottom flange thickness (tfb)	0,082



Display Color

(a)

Property Data

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	0,1123	Section modulus about 3 axis	0,0384
Torsional constant	1,877E-04	Section modulus about 2 axis	4,949E-03
Moment of Inertia about 3 axis	0,021	Plastic modulus about 3 axis	0,0451
Moment of Inertia about 2 axis	1,049E-03	Plastic modulus about 2 axis	7,882E-03
Shear area in 2 direction	0,0496	Radius of Gyration about 3 axis	0,4323
Shear area in 3 direction	0,058	Radius of Gyration about 2 axis	0,0967

(b)

Şekil B.19: W40 x 593 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name

Section Notes

Extract Data from Section Property File

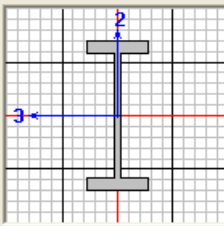
Properties

Property Modifiers

Material

Dimensions

Outside height (t3)	1,1079
Top flange width (t2)	0,4285
Top flange thickness (tf)	0,0899
Web thickness (tw)	0,05
Bottom flange width (t2b)	0,4285
Bottom flange thickness (tfb)	0,0899



Display Color

(a)

Property Data

Section Name

Properties

Cross-section (axial) area	0,1239	Section modulus about 3 axis	0,0425
Torsional constant	2,481E-04	Section modulus about 2 axis	5,556E-03
Moment of Inertia about 3 axis	0,0235	Plastic modulus about 3 axis	0,0501
Moment of Inertia about 2 axis	1,190E-03	Plastic modulus about 2 axis	8,865E-03
Shear area in 2 direction	0,0554	Radius of Gyration about 3 axis	0,4357
Shear area in 3 direction	0,0642	Radius of Gyration about 2 axis	0,098

(b)

Şekil B.20: W40 x 655 profil özellikleri

I/Wide Flange Section

Section Name W36x798

Section Notes [Modify/Show Notes...](#)

Extract Data from Section Property File

[Open File...](#) c:\program files\computers and [Import...](#)

Properties [Section Properties...](#)

Property Modifiers [Set Modifiers...](#)

Material + Fe44

Dimensions

Outside height (t3) 1,066

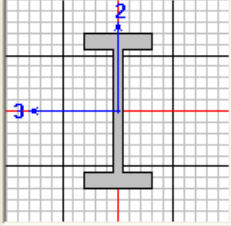
Top flange width (t2) 0,4569

Top flange thickness (tf) 0,109

Web thickness (tw) 0,0605

Bottom flange width (t2b) 0,4569

Bottom flange thickness (tfb) 0,109



Display Color 

[OK](#) [Cancel](#)

(a)

Property Data

Section Name W36x798

Properties

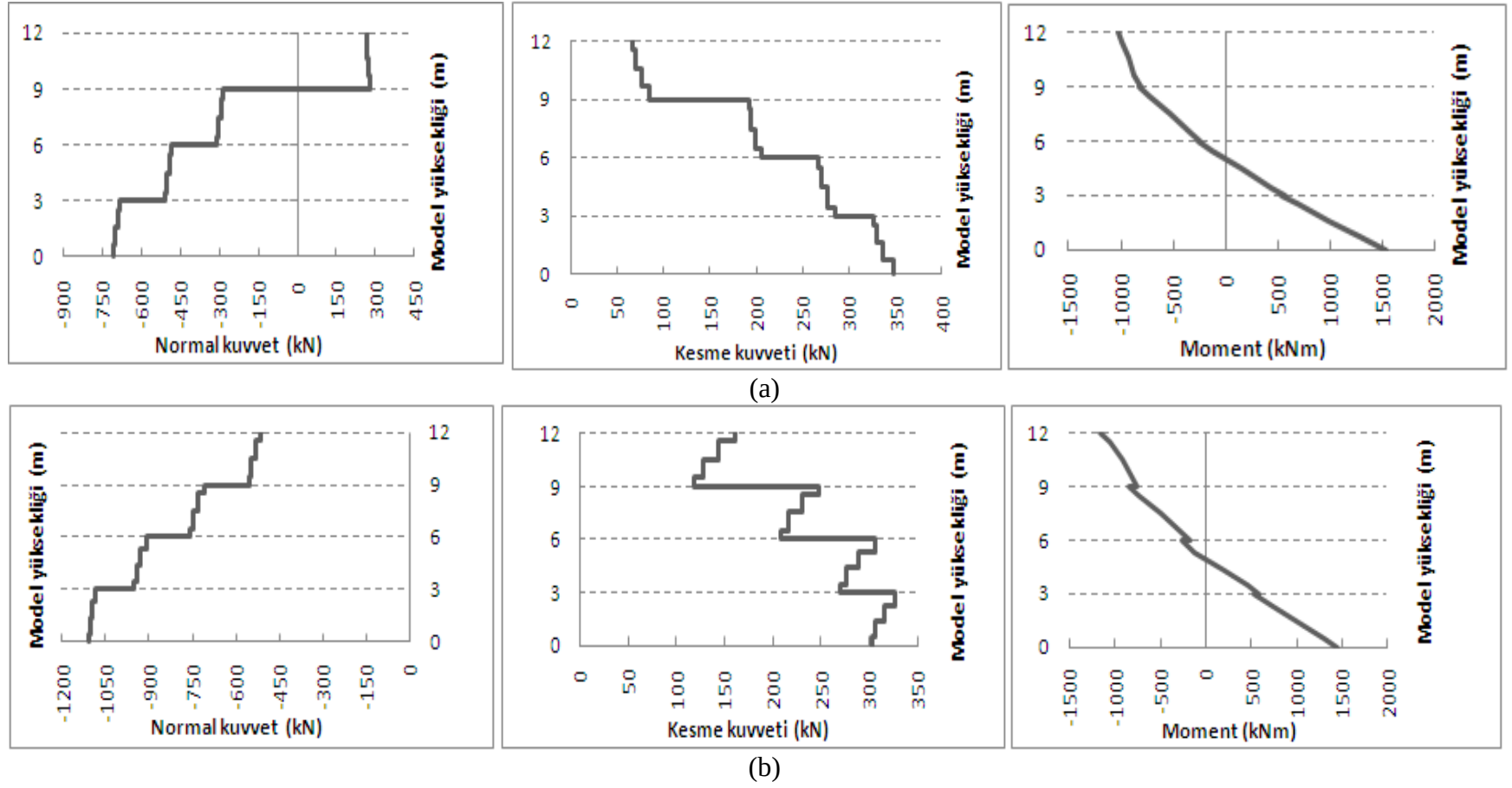
Cross-section (axial) area	0,151	Section modulus about 3 axis	0,0489
Torsional constant	4,466E-04	Section modulus about 2 axis	7,652E-03
Moment of Inertia about 3 axis	0,0261	Plastic modulus about 3 axis	0,0585
Moment of Inertia about 2 axis	1,748E-03	Plastic modulus about 2 axis	0,0122
Shear area in 2 direction	0,0644	Radius of Gyration about 3 axis	0,4154
Shear area in 3 direction	0,083	Radius of Gyration about 2 axis	0,1076

[OK](#)

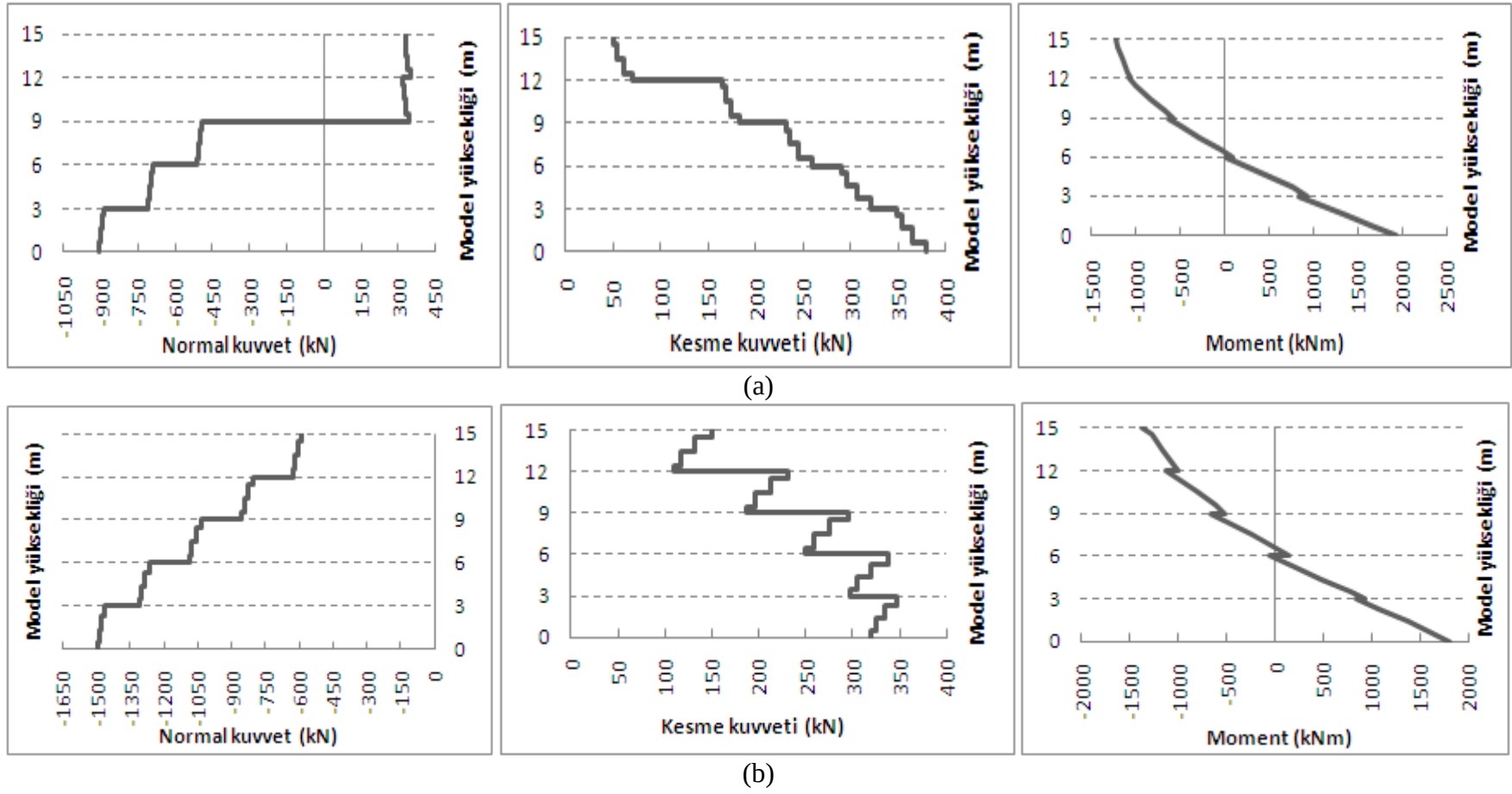
(b)

Şekil B.21: W36 x 798 profil özellikleri

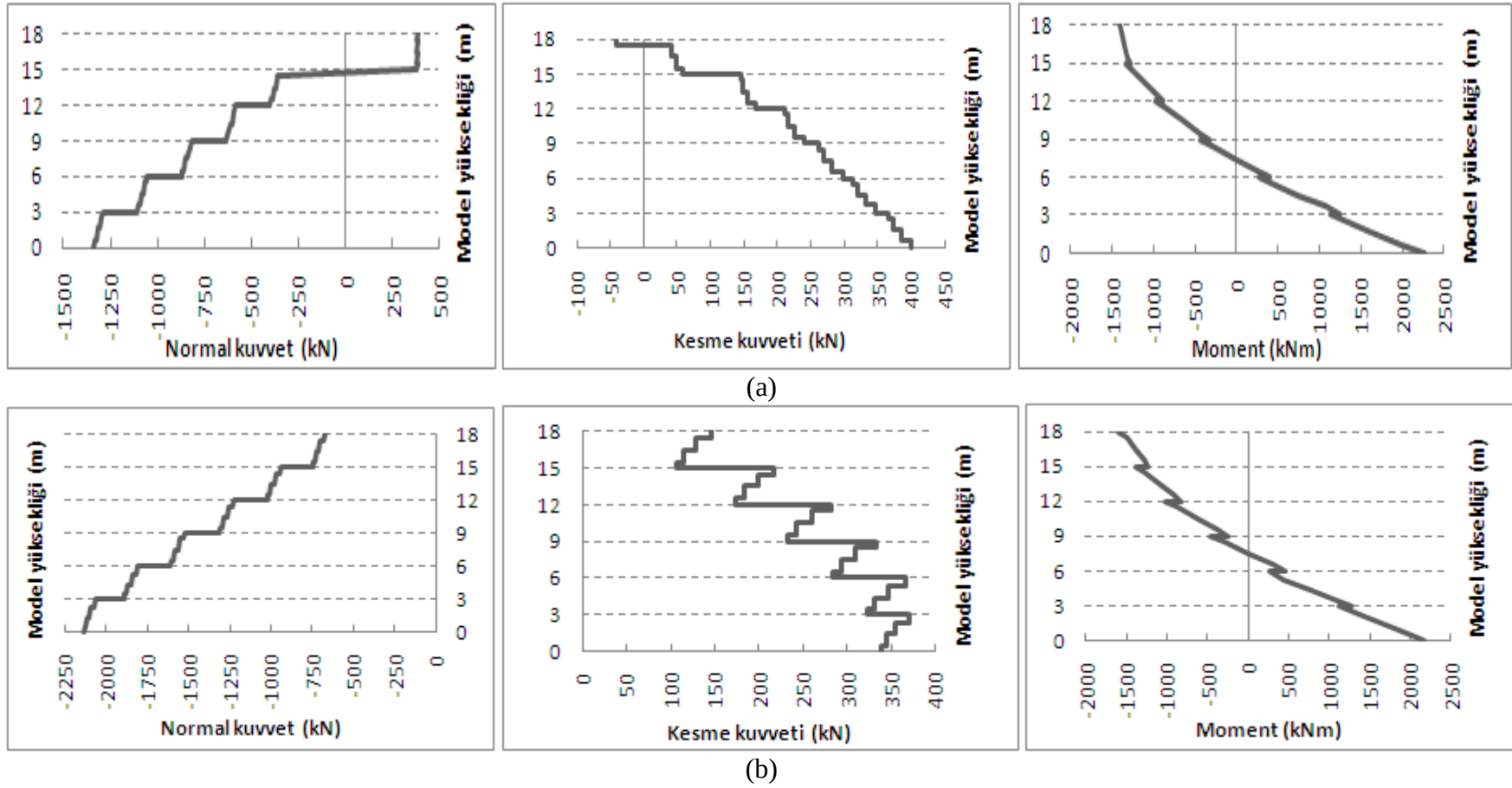
Ek C



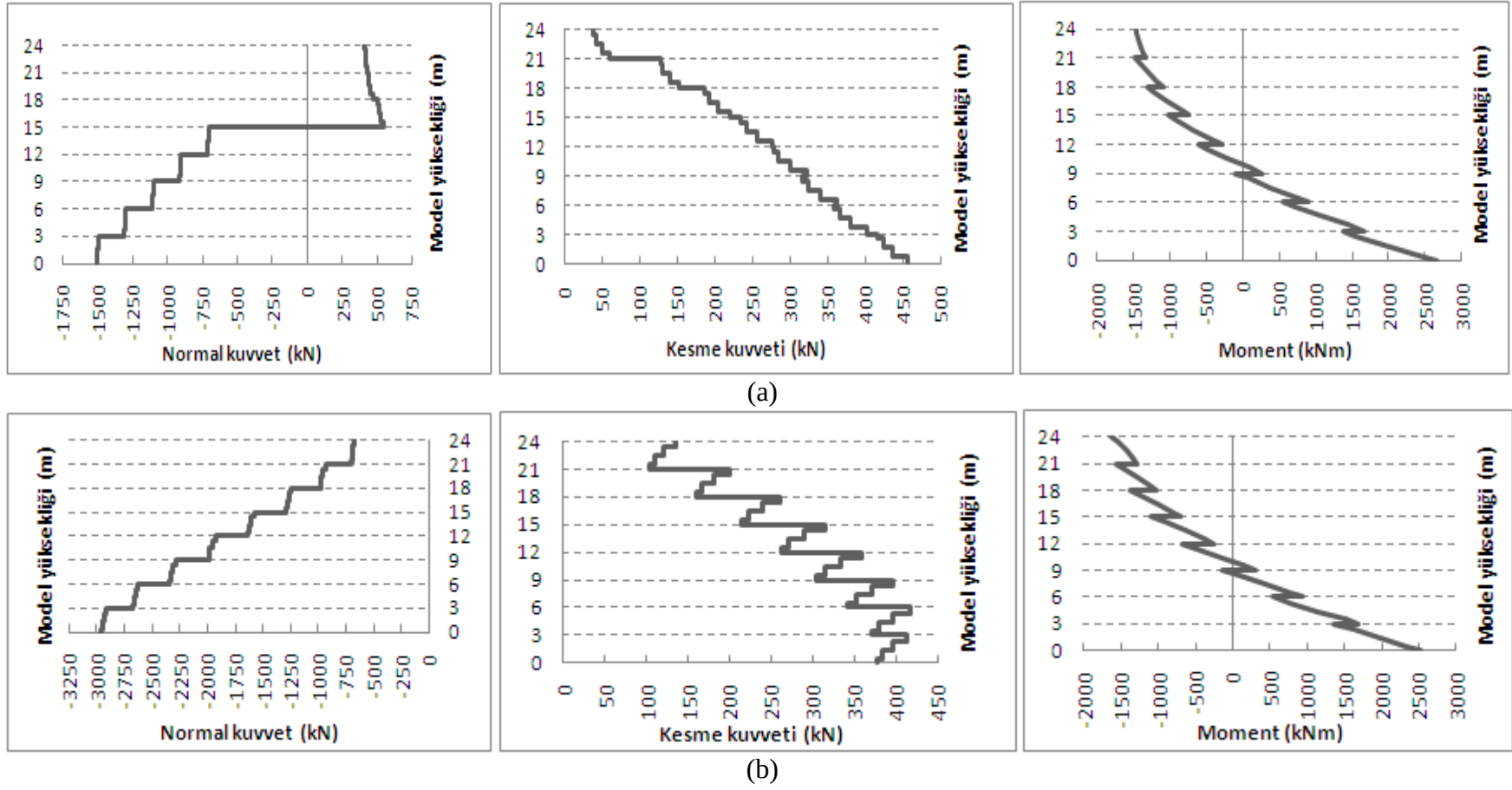
Şekil C.1: 4 katlı şeritli modelin yük kombinasyonlarının zarfından elde edilen iç kuvvet diyagramları: (a) sol DSE, (b) sağ DSE



Şekil C.2: 5 katlı şeritli modelin yük kombinasyonlarının zarfından elde edilen iç kuvvet diyagramları: (a) sol DSE, (b) sağ DSE

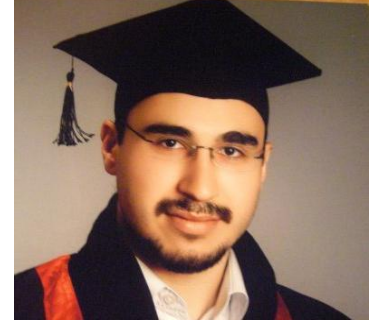


Şekil C.3: 6 katlı şeritli modelin yük kombinasyonlarının zarfından elde edilen iç kuvvet diyagramları: (a) sol DSE, (b) sağ DSE



Şekil C.4: 8 katlı şeritli modelin yük kombinasyonlarının zarfindan elde edilen iç kuvvet diyagramları: (a) sol DSE, (b) sağ DSE

ÖZ GEÇMİŞ



İsmail Gürkan Arıcı, 1985 yılında Konya’da doğdu. Orta öğretimini Meram(Konya) Anadolu Lisesi’nde 2004 yılında tamamladı. 2004 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümüne girdi. 2005 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliğine yatay geçiş yaparak 2008 yılında lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’na bağlı Yapı Mühendisliği bölümü’nde yüksek lisans eğitimine başladı.