

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TARİHİ YIĞMA YAPILARIN DEPREM ANALİZİ VE
UYGUN GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ**

RAMON YOUSEFY CHAMAKY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MEKANİK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ.DR. ZAFER KÜTÜĞ**

İSTANBUL, 2014

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARİHİ YIĞMA YAPILARIN DEPREM ANALİZİ VE
UYGUN GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ

Ramon YOUSEFY CHAMAKY tarafından hazırlanan tez çalışması 16.04.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği – Mekanik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Zafer KÜTÜĞ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Zafer KÜTÜĞ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Turgut KOCATÜRK

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Tülay Aksu ÖZKÜL

İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Haziran 2009 tarihinde savunduğum lisans bitirme çalışma konusu Tarihi Yapıların Güçlendirme Teknikleri olduğu için, yüksek lisans tez çalışması da Tarihi Yapıların Güçlendirme Teknikleri ile ilgili seçmeye karar verdim. Depremler ve dayanıksız binalar yüzünden yıllarca binalar hasarlar görmekte olup binlerce ölüm gerçekleşti. Bazen depreme karşı güçlendirmeler için en uygun analizler yapılıyor ama uygun güçlendirme tekniği seçilmeden binalara daha kötü zararlar verilmektedir. Binanın cinsi, yaşını, çatlakları, gördüğü hasarları, malzeme özellikler de göz önüne alarak bu analizler ve değerlendirmeler yapılmalıdır. Bu nedenle sadece analiz uygun bir güçlendirme sonuç vermez. Bu çalışma tezinde analiz dahil güçlendirme teknikleri hakkında da açıklamalar yapılacaktır. Yüksek lisans tezimi yazmadan önce lisans bitirme tezin danışmanı Doç.Dr.Bilge DORAN, Yüksek lisans tez danışmanı Doç.Dr.Zafer KÜTÜĞ, Değerli arkadaşım Dr.Hafez KEYPOUR ve bu senelerdeki üniversite hocalarıma teşekkür etmek istiyorum. Herkes bana çok yardımcı olduğu için, bir yabancı öğrenci olarak Türkiye’de yaşadığım yıllarda kendimi hiç yabancı hissetmedim.

Son olarak Tanrının isteği, Ailemin desteği ve değerli Sr.Bernarda’nın yardımları olmadan bu aşamaya gelemezdim. Bu çalışma tezimi bunların adıyla yazıyorum.

Aralık, 2013

Ramon YOUSEFY CHAMAKY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	x
KISALTMA LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiv
ÇİZELGE LİSTESİ	xxi
ÖZET	xxiii
ABSTRACT.....	xxv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1. Giriş.....	3
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	2
1.3 Hipotezi.....	2
BÖLÜM 2	
DEPREM VE GÜÇLENİRME.....	3
2. Deprem.....	3
2.1 Deprem Ve Çeşitleri	3
2.1.1 Deprem Nedir?	3
2.1.2 Deprem Çeşitleri	4
2.1.3 Yapıya Etkiyen Yükler.....	4
2.1.4 Yığma Yapının Tanımı	5
2.1.5 Yığma Yapılarda kullanılan malzemeler.....	6
2.1.5.1 Tuğla	6
2.1.5.2 Doğal Taş Malzeme.....	6
2.1.5.3 Kerpiç.....	7
2.1.5.4 Harç.....	7
2.1.6 Yığma yapı elemanları	8
2.1.6.1 Duvar (Yığma Kargır).....	8
2.1.6.2 Döşeme	10
2.1.6.3 Kemer	11
2.1.6.4 Kubbe.....	12

2.2	Güçlendirme	13
2.2.1	Oturma Çatlakları Ve Hasarı.....	13
2.2.2	Deprem Hasarı	15
2.2.3	Yığma Yapılarda Deprem Hasarı Düzeyleri	17
2.3	Açıklama	17
2.3.1	Mevcut Durum İncelemesi	18
2.3.1.1	Araştırma	18
2.3.1.2	Röleve	18
2.3.1.3	Restitüsyon	19
2.3.1.4	Restorasyon Projesi	19
2.3.2	Modelleme	19
2.3.2.1	Aşamalar	19
2.3.2.2	Yığma Duvarların Homojenizasyonu (Modelleme Teknikleri).....	22
2.3.2.3	Mikro Modelleme Yöntemi	23
2.3.2.4	Makro Modelleme Yöntemi	24
2.3.2.5	Yığma Duvarların Homojenizasyonu.....	24
2.3.3	Analiz	44
2.3.3.1	Model Yapının Sonlu Elemanlar Analizi	45
2.3.3.2	Elle Yapılan Normal Yığma Yapının Analiz Adımları.....	46
2.3.3.3	Program ile Yapılan Analiz Adımları.....	47
2.3.4	Kesit Tahkiki	47
2.3.4.1	Yığma duvarların tahkikleri ve Güçlendirmeleri	47
2.3.4.2	Kolon ve Ana Kirişlerin kapasite Tahkikleri.....	47
2.3.4.3	İzgara Kirişlerin Yük Tahkiki	47
2.3.4.4	Genel.....	47
2.3.5	Güçlendirme İle İlgili Bazı Hususlar	48
2.3.5.1	Proje Güçlendirme Teknikleri	48
2.3.5.2	Temel sistemi	48
2.3.5.3	Duvar güçlendirilmesi	56
2.3.5.4	Sistem diafram oluşturulması ve döşeme güçlendirilmesi	67
2.3.5.5	Kapiler sular	67
2.3.5.6	Kemerlerin Onarılması	68
2.3.5.7	Tonozların Güçlendirilmesi	68
2.3.5.8	Kubbelerin Onarılması	69
2.3.5.9	Minarelerin Güçlendirilmesi	70
2.3.5.10	Yığma Yapılarda Güçlendirme Teknikleri ve sakıncaları	71
2.3.5.11	Gerekli Olan Yeni Güçlendirme Tekniği	74
2.3.5.12	Benzer Ürünler, Uygulamalar Ve Bunlardaki Dezavantajlar.....	78
2.4	Bant özellikleri ve deneyler	80
2.4.1	Bant özellikler	80
2.4.1.1	Bazı avantajlar.....	80
2.4.1.2	Bazı dezavantajları	81
2.4.2	Deneyler.....	86
2.4.2.1	Deney 1: Duvar Deneyleri Sonuçları (Boğaziçi Üni. Lab.).....	86
2.4.2.2	Deney 2: İstanbul Üniversitesi Rektörlük Binası(BÜ Lab.)	92
2.4.2.3	Deney 3: İstanbul Üniversitesi Rektörlük Binası (Basınç-BÜ Lab.) 95	

2.4.2.4 Deney 4: Bakırköydaki Taş Mektep Binasını(Basınç Dayanım-BÜ)96	96
2.4.2.5 Deney 5: Bandın Dayanımı (Yeri/Tarihi : KOSGEP/28/12/2005)... 98	98
2.4.2.6 Deney 6: Lamalı Ve Lamasız Duvar Testi (Boğaziçi Üni. Lab.)..... 98	98
2.4.2.7 Deney 7: Duvar Bilgisayar Analitik Çözümü Deneyi(Boğaziçi Ün.) 99	99

BÖLÜM 3

ÇİNİLİ KARAKOLO BİNASI.....	104
3. Yapının Güçlendirme Aşamaları.....	104
3.1 Yapının Genel Tanımı.....	104
3.2 Genel Analiz Tanımı Ve Spekturumu.....	105
3.2.1 Matematiksel Modelleme Çalışmaları.....	105
3.2.2 Analizlerde Kullanılan Yükler.....	106
3.2.2.1 Zati (Ölü) Yükler.....	106
3.2.2.2 Hareketli Yükler.....	106
3.2.2.3 Deprem Yükleri.....	106
3.2.3 Taşıyıcı Elemanları Ve Kullanılan Malzemeler.....	106
3.2.4 Matematiksel Model Ve Taşıyıcı Sistem Analizi.....	107
3.2.5 Mimari Çizimler.....	108
3.2.6 Deprem Spektrumu.....	109
3.3 Sonlu Eleman Modeli.....	111
3.3.1 Üç Boyutlu Model İsoometrik Cephe Görünüşleri.....	111
3.3.2 Statik Model İçin Yüklemeler.....	112
3.4 Deformasyon.....	112
3.4.1 Genel.....	112
3.4.2 Kat Deformasyon Değerleri.....	113
3.4.3 Modal Analiz.....	113
3.4.4 Modal Analiz Değerleri.....	115
3.5 Eleman içKuvvetleri.....	124
3.5.1 Genel.....	124
3.5.2 Yığma Duvar İç Kuvvetleri.....	125
3.6 Eleman Tasarımı Ve Tahkikleri.....	125
3.6.1 Genel.....	125
3.6.2 İzgara Kirişlerin Yük Tahkiki.....	126
3.6.3 Kolon ve Ana Kirişlerin kapasite Tahkikleri.....	127
3.6.4 Yığma duvarların tahkikleri ve Güçlendirmeleri.....	127

BÖLÜM 4

FATİH İLKÖĞRETİM OKULU BİNASI.....	135
4. Yapının Güçlendirme Aşamaları.....	135
4.1 Yapının Tanımı.....	135
4.1.1 Genel.....	135
4.2 Genel Analiz Tanımı Ve Spektru.....	137
4.2.1 Matematiksel Modelleme Çalışmaları.....	137
4.2.2 Analizlerde Kullanılan Yükler.....	137
4.2.2.1 Zati (Ölü) Yükler.....	137
4.2.2.2 Hareketli Yükler.....	138
4.2.2.3 Deprem Yükleri.....	138

4.2.3 Taşıyıcı Elemanları Ve Kullanılan Malzemeler	138
4.2.4 Matematiksel Model Ve Taşıyıcı Sistem Analizi	138
4.2.5 Mimari Çizimler	139
4.2.6 Deprem Spektrum	142
4.3 Sonlu Eleman Modeli	144
4.3.1 Üç boyutlu Model İzometrik Görünüşleri.....	144
4.3.2 Statik Model İçin Yüklemeler.....	145
4.4 Deformasyon.....	147
4.4.1 Genel Deformasyon Şekilleri	147
4.4.2 Kat Deformasyon Değerleri	148
4.4.3 Mod Şekilleri.....	149
4.4.4 Modal Analiz Değerleri	151
4.5 Eleman İç Kuvvetleri.....	156
4.5.1 Dolgu (Solid) Elemanların İç Kuvvetleri	156
4.6 Güçlendirme Hesapları.....	159
4.6.1 Ana Duvarların Güçlendirilmesi.....	159
4.6.2 Kolonların Ana Duvarlarına Bağlanma Güçlendirilmesi	165

BÖLÜM 5

SİRKECİ KREDİ HAN BİNASI	166
5. Yapının Güçlendirme Aşamaları.....	166
5.1 Yapının Tanımı	166
5.1.1 Genel.....	166
5.2 Genel Analiz Tanımı Ve Yüklemelr	166
5.2.1 Matematiksel Modelleme Çalışmaları	166
5.2.2 Analizlerde Kullanılan Yükler	167
5.2.2.1 Zati (Ölü) Yükler.....	167
5.2.2.2 Hareketli Yükler.....	167
5.2.2.3 Deprem Yükleri	167
5.2.3 Taşıyıcı Elemanları Ve Kullanılan Malzemeler	168
5.2.4 Matematiksel Model Ve Taşıyıcı Sistem Analizi	168
5.2.5 Deprem Spektrumu	168
5.2.6 Eşdeğer Deprem Analizi	171
5.2.7 Modal Analiz	172
5.2.8 Yükleme Durumları ve Kombinasyonlar	176
5.3 Sonlu Eleman Modeli	177
5.3.1 Üç Boyutlu Model Mevcut durumu.....	177
5.3.2 Statik Model İçin Yüklemeler.....	180
5.4 Güçlendirilmiş Model	180
5.5 Düşey Yükler Altında Analiz	185
5.6 Eşdeğer Deprem Yüğü Analizi	194
5.7 Modal Analiz.....	203
5.7.1 Modal Analiz Mod Şekilleri.....	203
5.7.2 Modal Analiz Değerleri	204
5.8 Eleman İç Kuvvetleri.....	205
5.9 Deformasyon Değerleri	217

5.10 Temel Hesapları.....	226
5.11 Ara Kat Analizi Ve Tasarımı	234
5.12 Güçlendirme.....	250
BÖLÜM 6	
KARŞILAŞTIRMA	270
5. Karşılaştırmalar.....	270
6.1 Genel.....	270
6.2 Kredi Han binası	270
6.3 Fatih İlk öğretim okulu binası	272
6.4 Çinili karakolu binası	272
6.5 Özet.....	272
BÖLÜM 7	
SONUÇ VE ÖNERİLER	273
KAYNAKLAR.....	275
EK-A	
TS500 (Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları).....	277
EK-B	
TS498 (Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri).278	
EK-C	
Deprem Yönetmeliği (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar)....	279
EK-D	
Olumsuz Görüş Bildirme Jüri Üyesinin Raporu.....	281
ÖZGEÇMİŞ	283

SİMGE LİSTESİ

M	Deprem büyüklük derecesi
F	Etkiyen yük
X	X eksen
Y	Y eksen
Z	Z eksen
H	Yükseklik
L	Uzunluk
σ	Normal gerilme
ε	Birim deformasyon
E	Elastisite modülü
τ	Kesme gerilme
γ	Birin hacim ağırlığı
G	Kesme modülü
P	Eksenel kuvvet
V	Kesme kuvvet
δ	Şekil değiştirme
Δ	Şekil değiştirme
B	Tuğla
m	Harç
h	Harcın yatay çatlakları
v	Harcın dikey çatlakları
w	Yığma duvar
p	Homojen malzeme
E_p^y	Y eksenindeki Ortotropik homojen elemanın Elastisite modülü
G_p^{xy}	X-Y eksenindeki Ortotropik homojen malzemenin kesme modülü
V_p^{xy}	Ortotropik homojen malzemenin Pusan katsayıları
V_p^{yx}	Ortotropik homojen malzemenin Pusan katsayıları
Q	Yayıllı Yükler
p	Yayıllı Yükler
L	Uzunluk
t	Malzemenin et kalınlığı

b	Genişlik
E_m	Harcın elastisite modülü
E_b	Tuğlanın elastisite modülü
ρ	Özgül Ağırlık
ρ_b	Tuğlanın özgül ağırlık
ρ_m	Harcın özgül ağırlık
ϕ_m	Sürtünme açısı
C_m	Harç için kohezyon değeri
D	Çap
q	Hareketli Yükler
R	Çekme yükler
M	Moment
a	Moment Kolu
Ö	Ölçü
T	Periyod
F	Frekans
A	Alan
n	Hareketli yük azaltma katsayısı
V_T	Taban kesme kuvveti
A_0	Deprem Katsayısı
T_A	Zemin hakim titreşim periyodu
T_B	Zemin hakim titreşim periyodu
Z	Zemin sınıfı
SPX	Deprem spectrum analizi X yönünde
SPY	Deprem spectrum analizi Y yönünde
W	
EY	Deprem eşdeğer statik analizi X yönünde
EX	Deprem eşdeğer statik analizi Y yönünde
DL	Dead load, Zati
LL	Live Load, hareketli
I	Yapı önem katsayısı
S11	Global X eksenini doğrultusundaki gerilme
S22	Global Y eksenini doğrultusundaki gerilme
S33	Global Z eksenini doğrultusundaki gerilme
S13	Global X ve Z düzlemindeki kayma gerilmesi
S23	Global Y ve Z düzlemindeki kayma gerilmesi
S_{MAX}	Max asal gerilme (genel çekme)
S_{MIN}	Min asal gerilme (genel çekme)
UX	X yönünde deformasyon değeri

UY Y yönünde deformasyon değeri
UZ Z yönünde deformasyon değeri
R Spektral katsayı

KISALTMA LİSTESİ

I	I profil
Mpa	Mega paskal
mm	Milimetre
Cm	Santimetre
TS	Türk Standart
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
YDGA	Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı
D.B.Y.B.H.Y.	Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmenlik
TS647	Ahşap Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları (Yönetmenliği)
TS500	Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları (Yönetmenliği)
TS498	Yapı Elmanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri (Yönetmenliği)

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	Yer kabuğu hareketinin şematik anlatımı.....3
Şekil 2. 2	Yığma yapı..... 5
Şekil 2. 3	Taş tuğla karışımı taşıyıcı kargır duvar 8
Şekil 2. 4	Tuğla duvar örgüleri 9
Şekil 2. 5	Taş duvar örgüleri 9
Şekil 2. 6	Demir kenet, zıvanalı yanaşık derzli kesme taş duvar örgüsü 10
Şekil 2. 7	Volta döşeme 10
Şekil 2. 8	Volta döşeme duvar birleşim detayı 11
Şekil 2. 9	Kemerin muhtelif kısımlarının isimleri 11
Şekil 2. 10	Kemerlerde yük akışının gösterilmesi 11
Şekil 2. 11	Kubbelerde yük taşıma mekanizması 12
Şekil 2. 12	Tonozlar 12
Şekil 2. 13	Statik ve zati yüklerden dolayı oluşan çatlak 13
Şekil 2. 14	Depremden dolayı oluşan çatlak.....13
Şekil 2. 15	Yığma Yapılarda Çeşitli Oturma Çatlakları.....14
Şekil 2. 16	Farklı Oturma Biçimlerine Göre Çatlaklarda Olan Açılmanın Biçimleri.....14
Şekil 2. 17	Çukursaray binası.....15
Şekil 2. 18	Duvarlarda eğik çekme çatlakları oluşturan kuvvetler ve çatlaklar ilk aşama..15
Şekil 2. 19	Duvarlarda eğik çekme çatlakları oluşturan kuvvetler ve çatlaklar ikinci aşama..16
Şekil 2. 20	H/L oranı 1'e yakın ise kenarlardaki dolu duvar parçaları yerine bütün çephe ...16
Şekil 2. 21	Uzun ve dolu bir duvarda birden fazla eğik çekme çatlakları olabilir. 16
Şekil 2. 22	Yeteri kadar bileşeni olmayan yığma yapıda meydana gelen hasar (YDGA-2005)..17
Şekil 2. 23	Çubuk Eleman.....21
Şekil 2. 24	Kabuk Eleman Tipi..... 21
Şekil 2. 25	Dolgu Eleman Tipi (Solid) 22
Şekil 2. 26	Dolgu Eleman Tipi (Solid) 22
Şekil 2. 27	Yığma duvarlarındaki modelleme teknikleri 23
Şekil 2. 28	Mikro yöntemdeki elemanlar 24
Şekil 2. 29	Makro Yöntemdeki homojen eleman 25
Şekil 2. 30	Homojenizasyon..... 25
Şekil 2. 31	X Doğrultusuna göre Homojenizasyon 26
Şekil 2. 32	Y Doğrultusuna göre Homojenizasyon..... 27
Şekil 2. 33	Kesme şekil değiştirme toplamı 27
Şekil 2. 34	Homojenizasyon aşamaları 28
Şekil 2. 35	Homojenizasyon aşamaları 28

Şekil 2. 36	Yatay deformasyon	31
Şekil 2. 37	Dikey deformasyon	32
Şekil 2. 38	Normal gerilme	33
Şekil 2. 39	Kayma gerilme	34
Şekil 2. 40	E_m/E_b' e göre duvarın rijitliğin homojenizasyonundaki hata yüzdesi.....	36
Şekil 2. 41	Boyutlar' e göre duvarın rijitliğin homojenizasyonundaki hata yüzdesi.....	36
Şekil 2. 42	Örnek alınan üç boyutlu yığma duvarı	37
Şekil 2. 43	Örnek alınan üç boyutlu yığma duvarı homojenizasyonu	37
Şekil 2. 44	Üç Örnek alınan üç boyutlu yığma duvarı homojenizasyonu	38
Şekil 2. 45	İzotrop Malzeme	38
Şekil 2. 46	Ortatrop Malzeme	39
Şekil 2. 47	Mikro ve Makro yöntemlerdeki yanal deformasyon dağıtım karşılaştırma.	40
Şekil 2. 48	Mikro ve Makro Kuvvet-Gerilme grafiğın karşılaştırması	41
Şekil 2. 49	Mikro ve Makro Diyagonal Basınç deneyin karşılaştırması	42
Şekil 2. 50	Mikro ve Makro Diyagonal Basınç Deformasyon Grafiğın Karşılaştırması ..	43
Şekil 2. 51	Mikro ve Makro Diyagonal Basınç Deformasyon Grafiğın Karşılaştırması ...	44
Şekil 2. 52	Yığma yapı üç boyutlu sonlu eleman modeli	46
Şekil 2. 53	Zeminin Havalandırılmasına Uygun Yöntem.....	49
Şekil 2. 54	Galeri.....	49
Şekil 2. 55	Elastomer mesnet (P.Gülkan-ODTÜ)	50
Şekil 2. 56	Kayar mesnet (P.Gülkan-ODTÜ).....	50
Şekil 2. 57	Yanal rijitliğı düşük elemanlar (P.Gülkan-ODTÜ)	50
Şekil 2. 58	Temel İzolasyonu bulunmayan Bina (P.Gülkan-ODTÜ).....	51
Şekil 2. 59	Temel İzolasyonu Bulunan Bina (P.Gülkan-ODTÜ)	51
Şekil 2. 60	Temel Zemininin Güçlendirilmesi	52
Şekil 2. 61	Paslanmaz çelik çember bağları	52
Şekil 2. 62	Kenet demiri.....	53
Şekil 2. 63	Kenarlı kenet demiri.....	54
Şekil 2. 64	kenet demiri.....	54
Şekil 2. 65	kenet demiri.....	55
Şekil 2. 66	Zıvana Demiri	56
Şekil 2. 67	Eski Binalardaki koyulmuş ahşap hatıl	57
Şekil 2. 68	Eski Binalardaki bozulan ahşap hatıl (sadece deliğı kalan hatıl)	57
Şekil 2. 69	Eski binalardaki koyulmuş ahşap hatıl	57
Şekil 2. 70	Eski binalardaki koyulmuş kısa ahşap hatıl	57
Şekil 2. 71	Hatıl ile güçlendirme	57
Şekil 2. 72	Bant ile güçlendirme	57
Şekil 2. 73	Eski binalardaki koyulmuş ahşap hatıl	58
Şekil 2. 74	Eski binalardaki koyulmuş ahşap hatıl	58
Şekil 2. 75	İç ucuların bağlama metodu	59
Şekil 2. 76	Bandın kaplama yüzeyi	59
Şekil 2. 77	Çekme elemanı hesabı	60
Şekil 2. 78	L: Çekmesi fazla olan ve bant kullanılması gereken bölge.....	61
Şekil 2. 79	Duvara etkileyen F çekme kuvveti	62
Şekil 2. 80	Ortadaki oluşan çatlak ve Çekme etkisi	63
Şekil 2. 81	Bandın yanlış kullanımı	63

Şekil 2. 82	Bandın doğru kullanımı	63
Şekil 2. 83	İki duvar arasındaki kullanılan hatıl.....	63
Şekil 2. 84	Pencereler için Ankrajlı kısa bant (Mimari güzelliği söz konusu olmayınca) 64	
Şekil 2. 85	Pencereler için Ankrajsız kısa bant (Mimari güzelliği söz konusu olunca) ...	64
Şekil 2. 86	I çelik profil ile güçlendirme yöntemi	65
Şekil 2. 87	I çelik profil ile güçlendirme yöntemi (Bölüm 5'teki projesi).....	65
Şekil 2. 88	dıyafram	67
Şekil 2. 89	Güçlendirme patenti uygulaması ile yapılan kubbe takviyesi	70
Şekil 2. 90	Tip karbon yerleşim detayı.....	71
Şekil 2. 91	Derz bölgeleri	72
Şekil 2. 92	Karbon Bantları İle Güçlendirilmiş Sağ Yan Görünüş Ö:1/50.....	75
Şekil 2. 93	6.Bölge İçin Karbon Yerleştirme Plan Ve Detayı Ö:1/50	75
Şekil 2. 94	6.Bölge İçin Karbon Yerleştirme Plan Ve Detayı Ö:1/50	76
Şekil 2. 95	Karbon Yerleştirme (Kırmızı olan kısım).....	76
Şekil 2. 96	Sıfır derz taş duvar cephesine derzde çekme elemanlarının yerleştirilme ..	77
Şekil 2. 97	Tuğla duvar derz bölgelerine çekme elemanlarının yerleştirilmesi.....	78
Şekil 2. 98	Kullanılan bantlar	81
Şekil 2. 99	Bandın kesiti.....	82
Şekil 2. 100	Deney Düzeneği	86
Şekil 2. 101	Deney Düzeneği	87
Şekil 2. 102	Numuneler	87
Şekil 2. 103	Birinci kontrol numune	88
Şekil 2. 104	Birinci kontrol numune tamir edildi ve FRP şeritlerle güçlendirildi.....	89
Şekil 2. 105	İkinci Numune sadece FRP şeritlerle güçlendirildi (birinci yöntem)	90
Şekil 2. 106	Üçüncü numune sadece FRP şeritlerle güçlendirildi (ikinci yöntem)	91
Şekil 2. 107	Deneyin Şeması Ve Sonuç Tablosu	93
Şekil 2. 108	Deneyin Hazırlayan Onayı	94
Şekil 2. 109	Deneyin Şekil Ve Kayma Deformasyon Grafiği	95
Şekil 2. 110	Kompozit Duvar Testi	96
Şekil 2. 111	Deney Aşamaları	97
Şekil 2. 112	Lamasız Duvar	98
Şekil 2. 113	Lamalı Duvar	98
Şekil 2. 114	Duvarın Sağ En Üst Noktası İçin Yatay Yük Yer Değiştirme Grafiği	99
Şekil 2. 115	Üç Boyutlu Mikro Sonlu Elaman Ağı İçin Şekil Değiştirmiş Durum	99
Şekil 2. 116	DeneySEL, 2 Boyutlu Mikro Model İçin Yatay Yük-Yer Değiştirme Grafiği. 100	
Şekil 2. 117	Mikro Modelde 2 Boyutlu Sonlu Elaman Ağı İçin Şekil Değiştirmiş Durum100	
Şekil 2. 118	İki Boyutlu Makro Model Ve DeneySEL Yatay Yük-Yer Değiştirme Grafiği . 101	
Şekil 2. 119	İki Boyutlu Makro Modelde Şekil Değiştirmiş Durum.....	101
Şekil 2. 120	Üç Boyutlu Makro Model Ve DeneySEL Yatay Yük-Yer Değiştirme Grafiği. 102	
Şekil 2. 121	Üç Boyutlu Makro Modelde Şekil Değiştirmiş Durum	102
Şekil 2. 122	Makro-Mikro,3-2 Boyutlu, DeneySEL Yatay Yer Değiştirme Karşılaştırma.103	
Şekil 3. 1	Sol:1880 – Sağ: 2013	104
Şekil 3. 2	Mimari çizimleri.....	109
Şekil 3. 3	Spektrum grafiği.....	111
Şekil 3. 4	Üç boyutlu model isometrik cephe görünüşleri	112
Şekil 3. 5	1.Modda cephenin görünümü	113

Şekil 3. 6	1.Modda plandan görünüş.....	113
Şekil 3. 7	2.Modda cephenin görünümü	114
Şekil 3. 8	2.Modda plandan görünüş.....	114
Şekil 3. 9	5.Modda cepheden görünüş.....	114
Şekil 3. 10	5.Modda plandan görünüş.....	115
Şekil 3. 11	S23 Spektrum-Min	119
Şekil 3. 12	S13 Deprem-Max	119
Şekil 3. 13	S33 Deprem-Min	120
Şekil 3. 14	S33 Deprem-Max.....	120
Şekil 3. 15	S33 Spectrum-Min.....	121
Şekil 3. 16	S22 Y Doğrultusunda-Max.	121
Şekil 3. 17	S11 X Doğrultusunda-Max	122
Şekil 3. 18	Deformasyon.....	122
Şekil 3. 19	Deformasyon.....	123
Şekil 3. 20	Deformasyon.....	123
Şekil 3. 20	Deformasyon Noktaları	124
Şekil 3. 22	Spektrum grafiği.....	125
Şekil 3. 23	Plan.....	127
Şekil 3. 24	Zemin kat planı.....	128
Şekil 3. 25	1.kat planı.....	129
Şekil 3. 26	Zemin kat güçlendirmesi	130
Şekil 3. 27	Zemin kat güçlendirmesi	131
Şekil 3. 28	bant detayları.....	132
Şekil 3. 29	Ahşap payanda.....	133
Şekil 3. 30	Çelik lama detayları.....	134
Şekil 4. 1	1. Kat planı	139
Şekil 4. 2	Cepheler.....	140
Şekil 4. 3	Kesitler	141
Şekil 4. 4	Spektrum grafiği.....	143
Şekil 4. 5	Üç boyutlu model izometrik görünüşleri	144
Şekil 4. 6	Kaplama yükü.....	146
Şekil 4. 7	Hareketli yükü	146
Şekil 4. 8	Deformasyon.....	147
Şekil 4. 9	Deformasyon.....	149
Şekil 4. 10	Deformasyon.....	150
Şekil 4. 11	Dolgu (Solid) eleman	156
Şekil 4. 12	Zemin kat güçlendirmesi.....	159
Şekil 4. 13	1.kat güçlendirmesi.....	160
Şekil 4. 14	Güçlendirme.....	161
Şekil 4. 15	Zemin kat güçlendirmesi.....	162
Şekil 4. 16	1.kat güçlendirmesi.....	163
Şekil 4. 17	Güçlendirme.....	164
Şekil 5. 1	Lineer spektrum eğrisi.....	169
Şekil 5. 2	Non lineer spektrum eğrisi.....	169
Şekil 5. 3	Mevcut durum üç boyutlu modeli	178
Şekil 5. 4	Mevcut durum üç boyutlu modeli	178

Şekil 5. 5	Mevcut durum üç boyutlu modeli	178
Şekil 5. 6	Mevcut durum üç boyutlu modeli	179
Şekil 5. 7	Mevcut durum üç boyutlu modeli	179
Şekil 5. 8	Mevcut durum üç boyutlu modeli	179
Şekil 5. 9	Mevcut durum üç boyutlu modeli	180
Şekil 5. 10	Güçlendirilmiş yapının üç boyutlu modeli	181
Şekil 5. 11	Güçlendirilmiş yapının taşıyıcı duvarları	181
Şekil 5. 12	Güçlendirilmiş yapının üç boyutlu modeli	181
Şekil 5. 13	Güçlendirilmiş yapının üç boyutlu modeli	182
Şekil 5. 14	Yapının giriş kısmındaki kolonlarında yatay kapasiteyi artırma yöntemi ..	182
Şekil 5. 15	Yapının köşe noktalarındaki güçlendirme elemanları.....	183
Şekil 5. 16	SAP2000 modeli	184
Şekil 5. 17	SAP2000 modeli	184
Şekil 5. 18	SAP2000 modeli	185
Şekil 5. 19	Düşey yükler altında yapıdaki deplasmanlar	186
Şekil 5. 20	Düşey yükler altında yapıdaki S33 gerilmeleri (kN/m ²)	186
Şekil 5. 21	Düşey yükler altında orta kolonlardaki S33 gerilmeleri (kN/m ²)	187
Şekil 5. 22	Düşey yükler altında orta kolonlardaki S33 gerilmeleri (kg/cm ²)	187
Şekil 5. 23	Düşey yükler altında orta duvarda S33 gerilmeleri (kN/m ²).....	188
Şekil 5. 24	Düşey yükler altında kenar duvarda S33 gerilmeleri (kN/m ²)	189
Şekil 5. 25	Yeni analiz ve kenar duvarların gerilmeleri.....	190
Şekil 5. 26	En son model ve yeni analiz	191
Şekil 5. 27	En son model ve yeni analiz	192
Şekil 5. 28	S33 orta duvar	192
Şekil 5. 29	S33 kat 1 kenar duvar	193
Şekil 5. 30	S33 ve kat 1 orta duvar	193
Şekil 5. 31	S22 arka duvar	194
Şekil 5. 32	X yönü deprem etkisi ile orta duvarda S11 gerilmeleri (kN/m ²)	195
Şekil 5. 33	X yönü deprem etkisi ile orta duvarda S33 gerilmeleri (kN/m ²)	196
Şekil 5. 34	X yönü deprem etkisi ile kenar duvarda S33 gerilmeleri (kN/m ²)	197
Şekil 5. 35	X –Y (ZARF) yönü deprem etkisi ile kenar duvarda S22 gerilmeleri.....	198
Şekil 5. 36	X –Y (ZARF) yönü deprem etkisi ile kenar duvarda S11 gerilmeleri.....	199
Şekil 5. 37	Orta duvarda belirlenen noktalar	200
Şekil 5. 38	Orta duvarda belirlenen noktalar	200
Şekil 5. 39	Orta kolonda belirlenen noktalar.....	201
Şekil 5. 40	Orta kolonda belirlenen noktalar.....	201
Şekil 5. 41	Birinci modda üç boyutlu görünüş	203
Şekil 5. 42	İkinci modda üç boyutlu görünüş.....	203
Şekil 5. 43	Üçüncü modda üç boyutlu görünüş.....	204
Şekil 5. 44	Dördüncü modda üç boyutlu görünüş.....	204
Şekil 5. 45	Mevcut yapının zemin kat görünüşü.....	206
Şekil 5. 46	Mevcut yapının EX yüklemesi sonucu iç kuvvetleri	206
Şekil 5. 47	Mevcut yapının EX yüklemesi sonucu iç kuvvetleri	206
Şekil 5. 48	Payanda ile güçlendirilmiş yapının zemin kat görünüşü.....	207
Şekil 5. 49	Payanda ile güçlendirilmiş yapının EX yüklemesi sonucu iç kuvvetleri	207
Şekil 5. 50	Payanda ile güçlendirilmiş yapının EX yüklemesi sonucu iç kuvvetleri	208

Şekil 5. 51	Payanda ile güçlendirilmiş yapının EX yüklemesi sonucu iç kuvvetleri	208
Şekil 5. 52	Payandanın düşey yük altındaki iç kuvvetleri	209
Şekil 5. 53	Payandanın EX yüklemesi ile oluşan iç kuvvetleri.....	210
Şekil 5. 54	Payandanın EY yüklemesi ile oluşan iç kuvvetleri.....	211
Şekil 5. 55	Payandanın Deformasyonları.....	213
Şekil 5. 56	Çekme Hesabı İçin Alınan Kesit	214
Şekil 5. 57	1.Kat deformasyon noktaları.....	216
Şekil 5. 58	1.Kat deformasyon noktaları.....	217
Şekil 5. 59	3. Kat deformasyon noktaları.....	218
Şekil 5. 60	3. Kat deformasyon noktaları.....	219
Şekil 5. 61	5. Kat deformasyon noktaları.....	220
Şekil 5. 62	5. Kat deformasyon noktaları.....	221
Şekil 5. 63	Model.....	227
Şekil 5. 64	Kolon altındaki reaksiyonları	227
Şekil 5. 65	Stabilite kontrolü.....	228
Şekil 5. 66	Stabilite kontrolü.....	229
Şekil 5. 67	Temel.....	230
Şekil 5. 68	Temel.....	231
Şekil 5. 69	Stabilite kontrolü.....	232
Şekil 5. 70	Temel.....	232
Şekil 5. 71	Temel.....	233
Şekil 5. 72	Temeldeki kolon.....	234
Şekil 5. 73	Temeldeki kolon.....	235
Şekil 5. 74	Moment	236
Şekil 5. 75	Moment	237
Şekil 5. 76	Yükleme miktarları (kaplama ve hareketli).....	238
Şekil 5. 77	Modelin 3D ve tepeden görünüşü	239
Şekil 5. 78	Yapının eleman kalınlıklarını gösteren 3D görünüşü	240
Şekil 5. 79	Zati yükü altındaki deformasyon (Altta 1. Modal şekli).....	241
Şekil 5. 80	Modal deformasyon (Mod 2 ve 3)	242
Şekil 5. 81	Modal analiz parametrik değerleri.....	243
Şekil 5. 82	Deformasyon ve mesnet reaksiyon değerleri.....	244
Şekil 5. 83	Eleman iç kuvvetleri, Kiriş eğilme momenti.....	245
Şekil 5. 84	Kolonların aksenal iç kuvvetleri	249
Şekil 5. 85	Bina güçlendirmesi.....	250
Şekil 5. 86	Bina güçlendirmesi.....	251
Şekil 5. 87	Bina güçlendirmesi.....	251
Şekil 5. 88	Bina güçlendirmesi.....	252
Şekil 5. 89	Bina güçlendirmesi.....	252
Şekil 5. 90	Bina güçlendirmesi.....	253
Şekil 5. 91	Bina güçlendirmesi.....	254
Şekil 5. 92	Bina güçlendirmesi.....	254
Şekil 5. 93	Bina güçlendirmesi.....	255
Şekil 5. 94	1., 2., 3. Deformasyonlar.....	256
Şekil 5. 95	4., 5., 6. Deformasyonlar.....	257
Şekil 5. 96	Zemin kat payanda yerleştirmesi.....	258

Şekil 5. 97 Zemin kat takviye lama yerleştirmesi	259
Şekil 5. 98 1. kat payanda yerleştirmesi	260
Şekil 5. 99 1. kat takviye lama yerleştirmesi	261
Şekil 5. 100 1. kat bant yerleştirmesi	262
Şekil 5. 101 Güçlendirme planı	263
Şekil 5. 102 Güçlendirme kesit planı	264
Şekil 5. 103 Güçlendirme kesit planı	265
Şekil 5. 103 Güçlendirme kesit planı	266
Şekil 5. 104 Duvarda çekme bandı uygulaması	267
Şekil 5. 105 Özgün duvar ve yeni duvarın birleşim detayı	268
Şekil 5. 106 Kolon birleşim detayı	269
Şekil 6. 1 Kredi Han binanın güçlendirmesi	271

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1	Tuğlaların ortalama fiziksel özellikleri.....6
Çizelge 2. 2	Duvar taşlarının dayanım gruplarına göre en küçük basınç dayanımları.. 7
Çizelge 2. 3	Ortopedik homojen malzemenin elastisite modülü değerleri..... 29
Çizelge 2. 4	Mikro ve Makro yöntemin karşılaştırması 35
Çizelge 2. 5	Farklı boyutlar için Mikro ve Makro yöntemin karşılaştırması 35
Çizelge 2. 6	Ortotropik homojenize edilmiş malzemenin özellikleri 39
Çizelge 2. 7	Üç boyutlu homojenize edilmiş yığma duvarı rijitliğindeki hata yüzdesi 40
Çizelge 2. 8	Farklı harçların lineer olmayan özellikleri 42
Çizelge 2. 9	Mikro ve Makro rijitlik karşılaştırması (Üç boyutlu duvarlar) 43
Çizelge 2. 10	Mikro ve Makro sistemindeki kritik yük (Harç özelliklerine göre) 44
Çizelge 2. 11	Karbon fiberin özellikleri 82
Çizelge 2. 12	Kullanılması uygun olan karbon bandı malzemesi ve özellikleri..... 83
Çizelge 2. 13	Kullanılması uygun olan karbon bandı malzemesi ve özellikleri..... 83
Çizelge 2. 14	Şantiyede karbon elyafının derzlere yerleştirilmesi durumunda..... 84
Çizelge 2. 15	Karbon elyafının fiyat örneği..... 85
Çizelge 2. 16	Numunelerin Çekme Dayanımı 92
Çizelge 2. 17	Kompozit Duvar Numune Basınç Dayanımı Ve Elastisite Modülü 96
Çizelge 2. 18	Deney Sonuçları..... 98
Çizelge 3. 1	Elastisite modülü değerleri 107
Çizelge 3. 2	Malzemenin mekanik özellikleri..... 107
Çizelge 3. 3	Modellemede kullanılan parametreler 108
Çizelge 3. 4	Spektrum değerleri..... 110
Çizelge 3. 5	Modal Analiz Değerleri.....116
Çizelge 3. 6	Modal Analiz Değerleri 117
Çizelge 3. 7	Modal Analiz Değerleri 118
Çizelge 3. 8	Gerilme Değerleri 127
Çizelge 4. 1	Spektrumu ile ilgili parametreler 141
Çizelge 4. 2	Statik model için yüklemeler 145
Çizelge 4. 3	Deformasyon değerleri..... 148
Çizelge 4. 4	Kat deformasyon değerleri..... 151
Çizelge 4. 5	Modal analiz değerleri..... 152
Çizelge 4. 6	Modal analiz değerleri..... 153
Çizelge 4. 7	Modal analiz değerleri..... 154

Çizelge 4. 8	Modal analiz değerleri.....	155
Çizelge 4. 9	Modal analiz değerleri.....	157
Çizelge 4. 10	Çekme miktarı	158
Çizelge 4. 12	Analiz değerleri.....	165
Çizelge 5. 1	Elemanların dayanım özellikleri	168
Çizelge 5. 2	Elemanların dayanım özellikleri	168
Çizelge 5. 3	Spektrum değerleri.....	170
Çizelge 5. 4	Kat deprem kuvvetleri.....	172
Çizelge 5. 5	Spektrum Modal değerleri	173
Çizelge 5. 6	Modal değerleri	175
Çizelge 5. 7	Modal kütle iştirak oranı	176
Çizelge 5. 8	Yükleme tanımları	176
Çizelge 5. 9	Yükleme kombinasyonları	177
Çizelge 5. 10	Düşey yükler altında orta kolonlardaki kuvvetler ve moment.....	188
Çizelge 5. 11	Belirlenen Noktalardaki Kuvvetler ve Moment Değerleri.....	202
Çizelge 5. 12	Modal analiz değerleri.....	205
Çizelge 5. 13	Payanda ile ilgili Deplasman.....	211
Çizelge 5. 14	Kredi Han Değeri	213
Çizelge 5. 15	Çekme Ve Bant Hesabı	215
Çizelge 5. 16	5.Kat deformasyon değerleri.....	221
Çizelge 5. 17	Modal Değerleri.....	243
Çizelge 5. 18	Kombinasyon Değerleri	244
Çizelge 5. 19	Modal kapasitesi	250

TARİHİ YIĞMA YAPILARIN DEPREM ANALİZİ VE UYGUN GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ

Ramon YOUSEFY CHAMAKY

İnşaat Mühendisliği- Mekanik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Zafer KÜTÜĞ

Bu tez çalışmasında tarihi yığma yapıların sismik güçlendirmesi yapılırken uyulması gereken hesap ve yapım kurallarını detaylı bir şekilde sunmayı hedeflemektedir. Günümüzde , tarihi yapıların analiz ve güçlendirmesi sonlu elemanlar kullanılarak yapılıyor. Tarihte birçok değişik tipte taşıyıcı yığma duvar tipi kullanılmıştır. Yığma yapıların düşey yükleri taşımakta sorunu yoktur. Eksiklikleri, depremlerde açığa çıkan yatay yükler sonucu oluşan çekme gerilmelerini alacak çekme elemanlarına sahip olmamaları ve bu sebeple depremlerde çoğu zaman ağır yapısal hasara uğramalarıdır. Farklı unsurların (temeller , yük taşıyan duvarlar, kemerler , kubbeler) ve sismik takviye için uygun yöntemleri tartışmak için sismik hasar özellikleri sağlanır.

Ayrıca Tarihi yapıların sismik güçlendirmesi yapılırken tarihi dokunun ve yapıya has mimari özelliklerin korunması zorunludur. Burada, değişik tiplerdeki tarihi yığma yapıların her biri için kendisine uygun güçlendirme prensipleri ele alınmıştır. Esasen, tarihi yığma yapılarda en temel sismik güçlendirme prensibi, yapının tarihi dokusuna minimum zarar verecek, deprem anında oluşan çekme gerilmelerini alabilecek, yapının maddesel özellikleriyle uyum sorunu olmayan, uzun ömürlü ileri teknoloji ürünü çekme elemanlarını yapının bünyesine entegre etmektir. Bu tez çalışmasında , tarihi yığma yapıların sismik güçlendirilmesi için tasarım, analiz ve güçlendirme esasları ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

İlk olarak deprem ve güçlendirmeyle ilgili açıklama yapıldı ve bazı güçlendirme teknikleri değerlendirildikten sonra 3 tane örnek göz önüne alındı. Son kısımlarda da karşılaştırmalar mevcuttur.

Anahtar Kelimeler: Yatay Yükler, Düşey Yükler, Yığma Yapı, Temel, Kemer, Hasar, kubbe, Güçlendirme, Çekme Elemanı, Deprem, Karbon Fiber, Bant, Analiz.

**SEISMIC ANALYSIS OF MASONRY STRUCTURES AND
SUITABLE STRENGTHENING TECHNIQUES**

Ramon YOUSEFY CHAMAKY

Department of Civil Engineering - Mechanics

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Zafer KÜTÜĞ

This Thesis attempt to describe in detail the design and construction principles for seismic strengthening of historic un-reinforced masonry structures. The Thesis explains design and computation principles for foundations, load bearing walls, arches, domes, and minarets. Historic un-reinforced masonry structures typically with stand all vertical loads, but fail under even small tensil stresses due to their inability to carry lateral loads that prevail during earthquakes. Nowadays, with the development of computational methods, analyses of historical structures are mostly performed using Finite Element Analyses. Generating a finite element model of the structure require a good engineering experience to make a reasonable geometrical simplification of the complex geometry and a good assumption of unknown inner-core materials. In this study, the design and construction principles for seismic strengthening of historical masonry structures are described in details. The seismic damage characteristics for different elements (foundations, load-bearing walls, arches, domes) are discussed and appropriate seismic strengthening methods are proposed.

Seismic strengthening of un-reinforced historic structures requires careful preservation of precious and sometimes priceless architectural details that area

associated with these structures. Specifically, the governing seismic strengthening principle for an historic un-reinforced masonry structure is to incorporate special high technology tension absorbing materials at locations where tensile stresses occur during earthquakes. Admittedly, it is imperative that only materials compatible with the original components of the historic structures be used for seismic strengthening.

Analysing and strengthening historical structures are challenging task due to the geometrical complexity and lack of knowledge about the inner core material and due to the fact that the masonry material is not able to carry tensile stresses. A better understanding of both gravity load transfer mechanism and lateral resisting system of such structures is the key issue for a comprehensive structural analysis, interpretation of the analysis results and a proper intervention. The importance of minimal disturbance to the system and the crucial to devise a strengthening method that would preserve all historical and architectural attributes of the structure are emphasized.

The first statement was made about the earthquake and strengthening of un-reinforced historic structures. after evaluating some of the techniques, three samples were taken into consideration. In the last part, the comparisons are available.

Keywords: Horizontal Loads, Vertical Loads, Masonry Sturcture, Foundation, Strengthening, Tensile Member, Earthquake, Carbon Fiber, Damage, Friction, Mixed formulation, Analysis, Tensile Member, Earthquake.

1. Giriş

1.1 Literatür Özeti

Bilindiği üzere yığma yapılar genel anlamda depreme klasik betonarme ya da çelik yapılara oranla daha az dayanıklıdır. Az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde, kırsal kesimde ve şehirlerin gecekondü bölgelerinde konutlar, kullanıcıları tarafından, taş, kerpiç, briket veya pişmiş toprak tuğlalardan yığma yapı şeklinde inşa edilmektedir. Bu yapılar deprem gibi yatay yükler altında zayıf dayanım göstermektedir. Son depremlerde İran ve Türkiye’de kırsal kesimde hayat kaybı büyük olmuştur. Özellikle az gelişmiş ülkelerde kırsal kesimde çatı toprak olarak yapılmakta ve her mevsim bu çatılar üzerine yeni toprak tabakası serilerek sıkıştırılmakta ve çatı iyice ağırlaşmaktadır. Bu ağır çatının deprem esnasında kullanıcıların üzerine göçmesi büyük felaketlere neden olmaktadır. Yığma yapıyı oluşturan taş, tuğla, kerpiç harç ve beton gibi malzemelerin basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşüktür. Bu maddeler gevrek malzemeler olduğu için basınç ve çekme etkisine maruz kaldıkları zaman çok az bir deformasyona uğrarlar. Deprem kuvvetlerinden veya zeminde meydana gelen değişikliklerden dolayı doğan çekme gerilmelerini karşılayamazlar. Çekme gerilmelerini karşılayamayan taşıyıcı elemanlarda çekme çatlakları meydana gelir. Deprem hareketiyle birlikte bu çatlakların yönleri veya çatlak şekilleri yapının işçiliği, kullanılan malzemelere ve duvarlardaki boşluk alanlarına göre değişiklik gösterir. Bu çatlaklar genellikle pencere ve kapı boşlukları çevresindeki bölümlerde meydana gelir. Yığma yapılarda deprem hareketleriyle meydana gelen bu çatlakların veya diğer

hasarların giderilmesi için bir çok güçlendirme yolu kullanılarak bu yapıların yaşanmaya elverişli şakile getirilmesi mümkün olmuştur. Güçlendirme olarak çeşitli yöntemler kullanılmıştır..

1.2 Tezin Amacı

Yapı analizi, özellikle güçlendirme konusunda farklı yüksek sayıda yöntemler kullanılır. Bu tez çalışmasında bizim amacımız en uygun yöntemleri göstermektir. Tabii ki bu yöntemler bazıhocalar ve uzmanlara göre en uygun gorulebilir veya hata uygun sayılmayabilir. Çünkü herkesin beğendiği yöntem duruma göre değişebilir ama biz oldukça analiz ve sayılarla uygun olduğunu göstermeye çalışırız. Güçlendirme yapmadan önce üniversitelerde deneyler yapıldı ve gereken analizler göz önüne alındı. Biz kullandığımız yöntemleri bu tez çalışmasında açıklamaya çalışırız ve son değerlendirmeyi okuyanlara ve değerli hocalarımıza bırakırız. Bu çalışmada bazıyöntemlerin sakıncalarını da göz önüne alarak tavsiye ettiğimiz yöntemleri açıklarız.

1.3 Hipotez

Yaşadığımız ülke, deprem bölgesinde olduğu için yapıların güçlendirme konusunda başka ülkelerden daha tecrübeli sayılırız. Almanya gibi ülkeler deprem sorunu olmadığı için yapı yapılırken deprem katsayıları ve yöntemleri çok fazla göz önüne alınmıyor. Japonya gibi ülkeler yüksek sınır olarak deprem bölgesinde olduğu için bu konuda baya gelişmiş ülkelerden birisi sayılır. Biz de deprem orani yüksek bir ülkeyiz ve göz önüne alacağımız güçlendirme yöntemlerinde de uzman olan ülkelerden biriyiz.

BÖLÜM 2

DEPREM VE GÜÇLENDİRME

2. Deprem

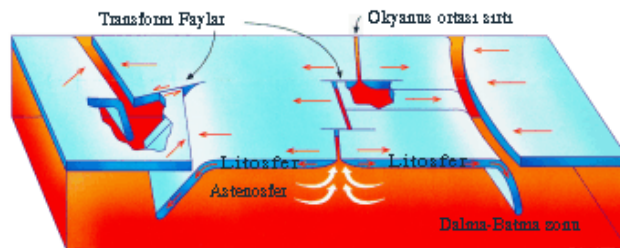
2.1 Deprem Ve Çeşitleri

2.1.1 Deprem Nedir?

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yeryüzeyini sarsma olayına "DEPREM" denir.

Deprem, insanın hareketsiz kabul ettiği ve güvenle ayağını bastığı toprağın da oynayacağını ve üzerinde bulunan tüm yapılarında hasar görüp, can kaybına uğrayacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayıdır [1].

Depremi nasıl oluştuğunu, deprem dalgalarının yeryuvarı içinde ne şekilde yayıldıklarını, ölçü aletleri ve yöntemlerini, kayıtların değerlendirilmesini ve deprem ile ilgili diğer konuları inceleyen bilim dalına "SİSMOLOJİ" denir [2].



Şekil 2. 1 Yer kabuğu hareketinin şematik anlatımı

2.1.2 Deprem Çeşitleri

Depremler oluş nedenlerine göre değişik türlerde olabilir. Dünyada olan depremlerin büyük bir bölümü levhaların hareketleri sonucunda oluşmakta, az miktarda da olsa başka doğal nedenlerle de olan deprem türleri bulunmaktadır. Depremleri 4 grupta toplayabiliriz [3]:

1-Oluşumlarına göre depremler (Tektonik depremler, Çöküntü Depremler, Volkanik Depremler, Yapay Depremler)

2-Derinliklerine göre Depremler (Sığ Depremler, Orta Derinlikteki depremler, Derin depremler)

3- Uzaklıklarına göre depremler (Yerel Depremler, Bölgesel depremler, Uzak Depremler)

4-Büyükliklerine Göre Depremler (Depremler büyüklüklerine göre 6 sınıfa ayrılır: Çok büyük depremler: $M \geq 8.0$, Büyük depremler: $7.0 \leq M < 8.0$, Orta büyüklükteki depremler: $5.0 \leq M < 7.0$, Küçük depremler: $3.0 \leq M < 5.0$, Mikro depremler: $1.0 \leq M < 3.0$, Ultra-mikro depremler: $M < 1.0$)

2.1.3 Yapıya Etkiyen Yükler

Düşey yükleri sabit ve hareketli olarak ayırmaktayız. Sabit yükler yapının kendi ağırlığından oluşan düşey kuvvetlerdir. Hareketli yükler kar yükü, insan ağırlığı, binadaki yapı harici malzemelerin ağırlıklarının oluşturduğu düşey yüklerdir. Rüzgâr yükleri de yapılar için önemli değerlere ulaşabilmektedir. Rüzgâr yükleri yapı temel üstünden itibaren yatay olarak etkimekte ve tekrarlı tesirler üretmektedir. Deprem yükleri yapıları boyutlandırabilmek için hesaplarda yatay etkidiği kabul edilmiştir. Aslında deprem kuvvetleri zemin hareketi esnasında, zemine ankastre bağlı yapılarda oluşan hareket enerjisinin zemin hareketinin durması ile yapının bu enerjii söndürmesidir. Depremde yer yapıyı taşıyarak hareket etmektedir. Yapı yerin bu hareketi ile ivme kazanmakta, hareket enerjisine sahip olmaktadır. Hareket durunca veya yön değiştirince yapıyı da durdurmak gerekiyor. Yapıları durdurmak için gerekli

kuvvetler deprem yükü olarak oluşuyor. Yerin hareketi periyodik olması deprem yüklerinin de periyodik olmasına sebep olmaktadır. Yer hareketi aynı zamanda yön de değiştirmektedir. Bu hareketler yapılarda darbeli kuvvet etkisi oluşturmaktadır. Deprem darbeleri tesirini en iyi anlatmanın yolu ahşap yapıların yapımında kullanılan payandalardır. Deprem bölgelerinde ahşap yapıların payandaları eğri lifli ahşap malzemeden yapılmaktadır. Ayrıca ahşap yapıların yüklerini zemine aktaran temelleri, dönebilen tek taşlardan yapılmaktadır. Bu tip yapı ustalıkları depreme dayanıklı yapı yapma tekniği olarak düşünülmektedir.

2.1.4 Yiğma Yapının Tanımı

Taşları veya tuğlaları, taşıyıcı olacak şekilde, üst üste koyup, harçla bağlanarak ve yapı döşemesinde bu duvarlara tahta veya kütüklerle bindirme yoluyla çivi kullanmadan monte edilmiş sistemlere yiğma yapı denir. Şekil 2.2’de Yiğma yapılarda duvarların hem mimari hemde taşıyıcı işlevi vardır. Duvarlar hem hacimleri oluşturur, yapıyı dış etkenlerden korudukları gibi yapının işlevi gereği oluşturulan iç bölmelerini de ayırırlar. Duvarların bu birden çok işlevi kullanım ve yapım açısından yiğma yapıların önemli üstünlüğüdür [13].



Şekil 2. 2 Yiğma yapı

Yiğma yapılarda hemen tüm duvarlar taşıyıcı olduğu için duvarlardaki her türlü hasar

doğrudan taşıyıcı sistemi etkiler ve bu açıdan betonarme yapılardaki gibi taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan bölüm hasarı gibi bir ayırım yapılamaz. Yiğma yapıların duvarları oturmalarına karşı çok duyarlıdır. En küçük temel oturması duvarlarda hemen gözlenir. Bunun nedeni yiğma duvarın gevrek malzemedan meydana gelmesi ve bu malzemenin çatlamadan dayanabileceği elastik gerilim ya da yüklerin çok düşük olmasıdır. dayanımı zayıf bir malzeme olduğu için kolayca hasar görür.

2.1.5 Yiğma yapılarda kullanılan malzemeler

2.1.5.1 Tuğla

Tuğla; kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip, gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu, kül ve benzerleri ile karıştırılarak makinelerle şekillendirilip ve kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilmesiyle elde edilen ve duvar yapımında kullanılan malzemedir. Seramik malzeme olarak da tanımlanan tuğlalar, fiziki olarak sert, gevrek ve ısıya dayanıklıdır.

Çizelge 2. 1 Tuğlaların ortalama fiziksel özellikleri [17]

Basınç Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Kayma Dayanımı (MPa)
10-30	2,7-5.0	10-20

2.1.5.2 Doğal Taş Malzeme

Doğada bulunan ya da taş ocaklarından çıkarılan, homojen yapılı, atmosfer etkilerine dayanıklı olan doğal taş, akıcı kıvamdaki magma tabakasının zamanla soğuması ve sertleşmesi sonucunda oluşan bir malzemedir.

Çizelge 2. 2 Doğal duvar taşlarının dayanım gruplarına göre en küçük basınç dayanımları [17]

Dayanım Gurubu	Taş Cinsi	En Küçük Basınç Dayanma Kgf/Cm2
I	Kireç, Traverten (Kalker), Kireçtaşı, Bağlayıcı Kumtaş	350
II	Yoğun Kireçtaşı, Dolomit, Bazalt	500
III	Silis Bağlayıcı Kumtaş Grovak Vb.	800
IV	Granit, Siyenit, Diorit, Melafir, Diabaz Vb.	1200

2.1.5.3 Kerpiç

Yapı malzemesi olarak kerpicing kullanılması, ilk insanlara dayanır. Kerpicing ana malzemesi killi toprak olmakla birlikte içine saz ve kamışın da katıldığı güneşte kurutulmuş kerpicingten duvarlar oluşturulmuştur.

2.1.5.4 Harç

Harç, kargir duvarlar ile iç ve dış sıvaların yapımında kullanılan ve mineral esaslı bir bağlayıcı, harç kumu, su ve gerektiğinde ilave edilen katkı maddelerinin uygun oranlardaki karışımları ile oluşturulan bir yapı malzemesidir.

1-Kireç Harcı

Bağlayıcı olarak kireç dolgu olarak agrega kullanılarak su ile yapılan hamurlara kireç harcı denmektedir. Kireç harcı hazırlanmasında harcın özelliklerini iyileştirmek için, kullanılacak yapı kısımlarına uygun, organik veya inorganik katkı malzemeleri katılabilmektedir [4].

2-Horasan Harcı

Horasan, pişirildikten sonra öğütülmüş kildir. Horasan harcı, horasan ve kireçle yapılan harca denir. Su ile hidrata olan kireç ($Ca(OH)_2$) zamanla suyunu atar, kristalleşir ve

katılaşır. Kirecin bu katılaşması kristalize olayından ileri geldiği için, su ile temasında tekrar yumuşar. Kirecin suda erimeyen katı cisme dönüşmesi karbondioksitle kimyasal reaksiyona girerek kalsiyum karbonata dönüşmesi ile mümkündür. Kirecin (CO_2) ile reaksiyona girebilmesi için havaya yani havadaki (CO_2) ye gerek vardır. Havadaki (CO_2) gazının duvar katmanlarına girmesi yıllar almaktadır. Hidrata (CO_2) kirecin ile reaksiyona girmesi için önce kurumması gerekmektedir. Harç mutlaka duvar örüldükten sonra kuru ortamda muhafaza edilmelidir. Kireç kalsiyum karbonata dönüştükten sonra sertleşme süreci devam eder. Pişmiş kil tozu kimyasal etkinlik kazanmış silistir (SiO_2) . Silis zayıf bir asittir. Kuvvetli baz olan kireç, pişmiş kil tozları ile asit–baz reaksiyona girince kalsiyum silikat oluşur. Bu oluşum için rutubetli ortam yeterlidir. Kalsiyum karbonat ve kalsiyum silikat dış tesirlere dayanıklı malzemelerdir [4].

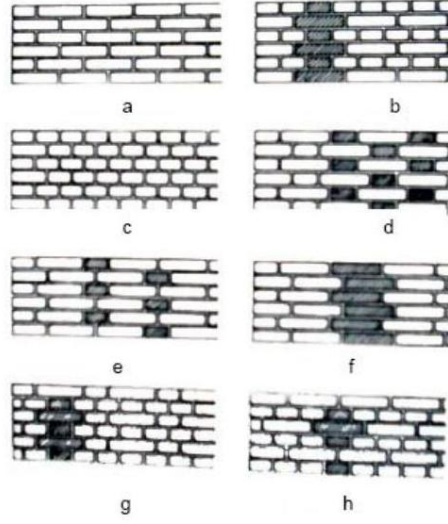
2.1.6 Yığma yapı elemanları

2.1.6.1 Duvar (Yığma Kargır)

Taşıyıcı duvarlar çatıdan temele yük aktarımını sağlamakla beraber mimari fonksiyonu belirlemeye ve mekan tanımına yardımcı vazgeçilmez yapı elemanlarıdır. Çoğunlukla duvarların düzlemsel, normal ve kesme kuvvetine karşı yeterli bir dayanıklılığa sahip olması açısından yontma taş, moloz taş, tuğla veya kerpiçten imal edilmişlerdir. Bağlayıcı olarak çeşitli harçlar ve demir elemanlar kullanılmıştır [17].

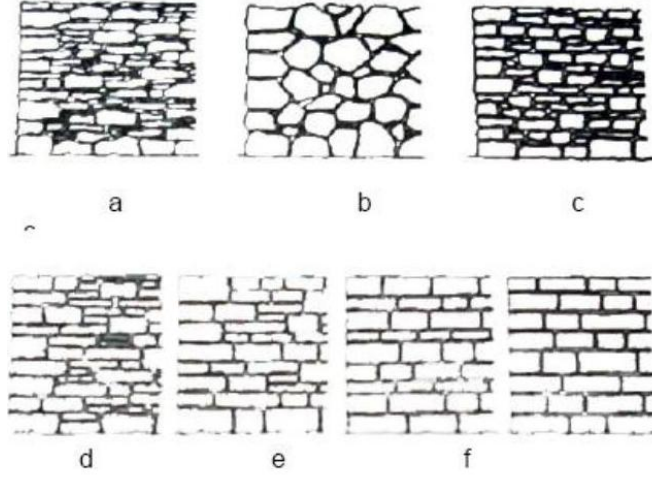


Şekil 2. 3 Taş tuğla karışımı taşıyıcı kargır duvar [4]



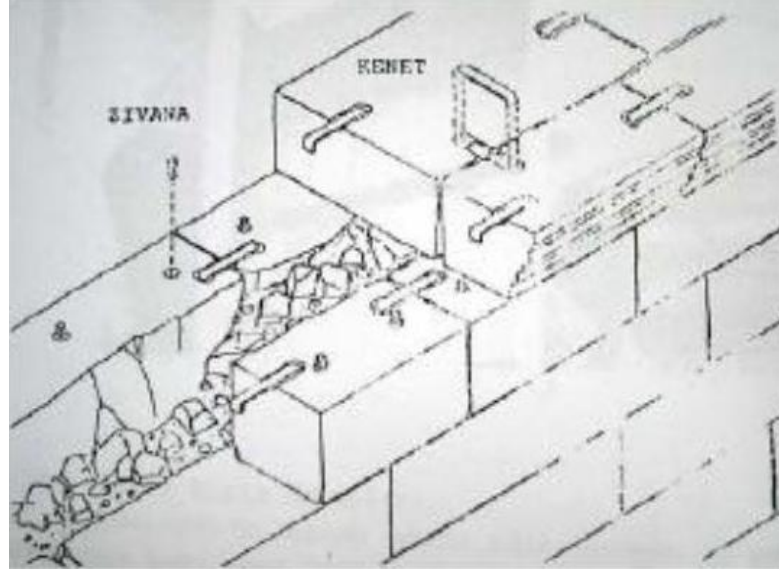
Şekil 2. 4 Tuğla duvar örgüleri [17]

a) Normal yarım tuğla örgüsü, b) İngiliz örgüsü (blok örgü), c) Normal bir tuğla örgüsü, d) Gotik ya da Polonya örgüsü, e) Atlamalı örgü, f) Dörtte bir kaydırmalı yarım tuğla örgüsü, g) Hollanda ya da Flaman örgüsü, h) Haç biçimi örgü (Hasol, 1998)



Şekil 2. 5 Taş duvar örgüleri [17]

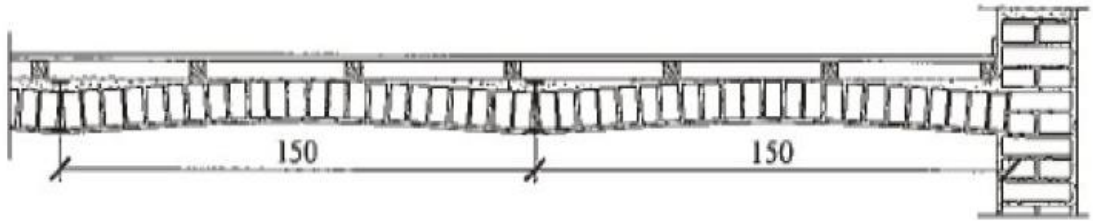
a)Kuruduvar, b) Kiklop örgüsü (mozaik örgü), c) Moloz taş duvar, d) Kaba yonu, e) Düzensiz ince yonu, f) Düzgün ince yonu, g) Kesme taş



Şekil 2. 6 Demir kenet ve zivanalarla desteklenmiş yanaşık derzli kesme taş duvar örgüsü [17]

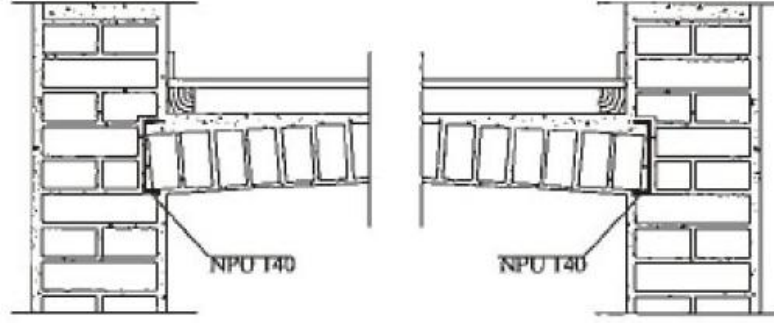
2.1.6.2 Döşeme

Döşemeler, binanın iki katını, yapının oturduğu zeminle kapalı hacmi ya da en üst kat ile dış mekanı, ayırma görevi üstlenen yatay taşıyıcı yapı elemanıdır.



Şekil 2. 7 Volta döşeme [17]

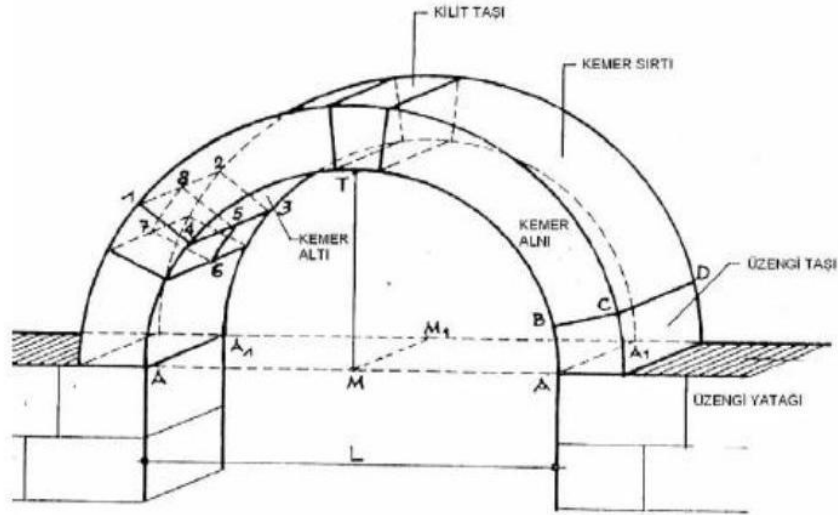
Dolgu malzemesi olarak curuf betonu kullanıldığında putrellerin üstünü örtecek kalınlıkta yapılması uygundur.



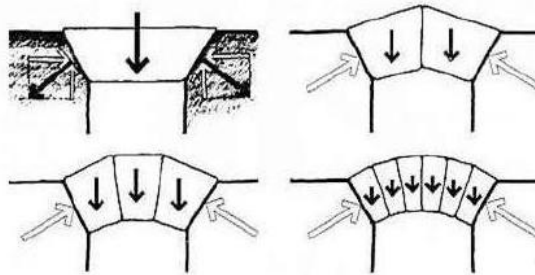
Şekil 2. 8 Volta döşeme duvar birleşim detayı [17]

2.1.6.3 Kemer

Kemerler, iki sütun veya ayak arasındaki açıklığı geçmek için yapılan eğri eksenli kirişlerdir. Kemerler, taş yada tuğla ile inşa edilir. Taş kemerler, moloz, kaba yonu, ince yonu veya kesme taştan yapılır.



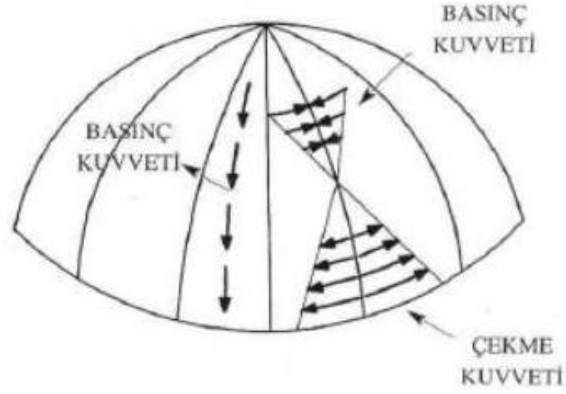
Şekil 2. 9 Kemerin muhtelif kısımlarının isimleri [17]



Şekil 2. 10 Kemerlerde yük akışının gösterilmesi [17]

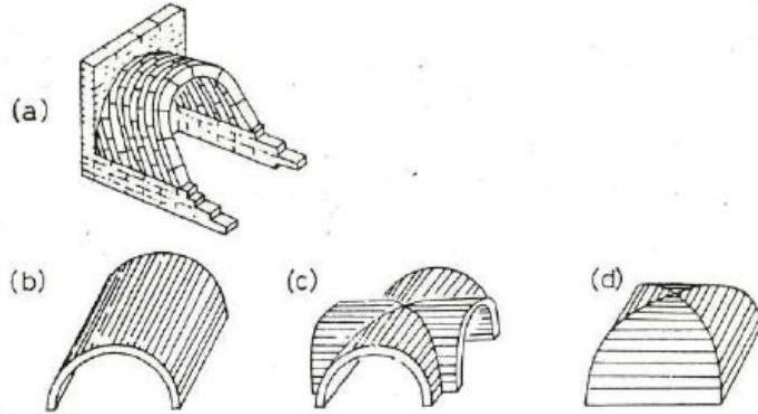
2.1.6.4 Kubbe

Kubbe, bir kemerin simetri eksenini etrafında dönmesiyle elde edilir. Kuvvetleri pozitif çift eğrilikli yüzeylerde taşıyan kabuklardır. Tromp (tonoz mesnet), pandantif (küresel mesnet) ve Türk üçgeni, kubbeli mekan örtüsünde geçit elemanı olarak kullanılan en sık karşılaşılan formların başında gelmektedir.



Şekil 2. 11 Kubbelerde yük taşıma mekanizması [17]

Tonoz; bir kemerin kendi düzleminde, dik doğrultuda ötelenmesi sonucu meydana gelen bir mekan örtü sistemidir.



Şekil 2. 12 a)İlkel tonoz, b)Beşik tonoz, c)Çapraz veya haçvari tonoz, d)Manastır tonozu [17]

2.2 Güçlendirme

Tarihi binalar iki sebepten dolayı hasar görebilir. İlk olarak zaman geçince binanın statik ve zati yüklerin altında hasar görebilme durumudur ve duvarlarda çekme elemanın hasar görmesidir. Ayrıca bu çatlaklar dik olarak görünmektedir. Güçlendirmede fazla yük için bant kullanılmaktadır. Örnek olarak eğer bir duvar $F_{11}=8$ ton altında 5 ton için dayanma gücüne sahip ise fazla kalan 3 ton için bant kullanılır ve güçlendirir.

Taşıma kapasite 1 kg/Cm^2 ise $100\text{Cm} \times 50\text{Cm}$ bir kesit 5 ton taşıyabilir ve kalan 3 ton için bant kullanılır.



Şekil 2. 13 Statik ve zati yüklerden dolayı oluşan çatlak

İkinci olarak depremden dolayı bina hasar görebilir ve duvarlardaki çatlaklar 45 derece açıyla çapraz gibi görünmektedir.

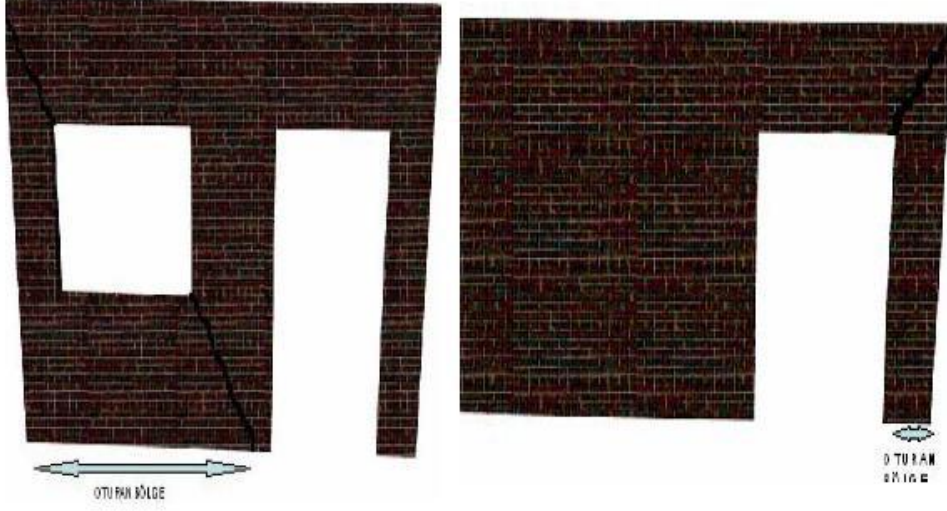


Şekil 2. 14 Depremden dolayı oluşan çatlak

2.2.1 Oturma Çatlakları Ve Hasarı

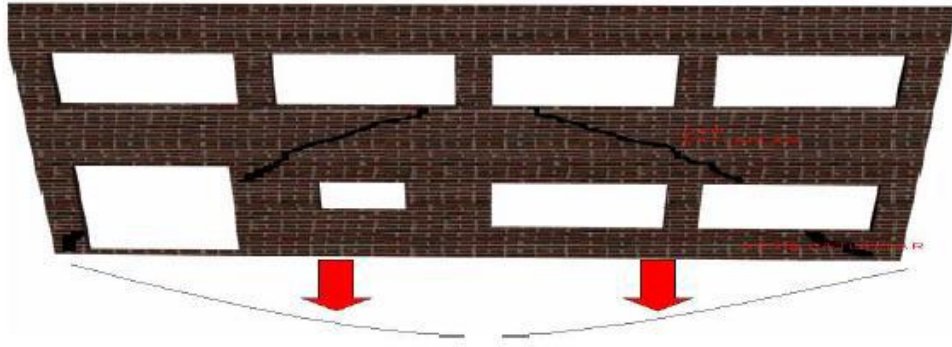
Oturma çatlakları yapının temelini daha çok oturduğu bölümler ile diğer bölümler

arasındaki sınırları belirler [13]. Şekil 2. 15'te yığma yapılarda çeşitli oturma çatlakları görülmektedir.

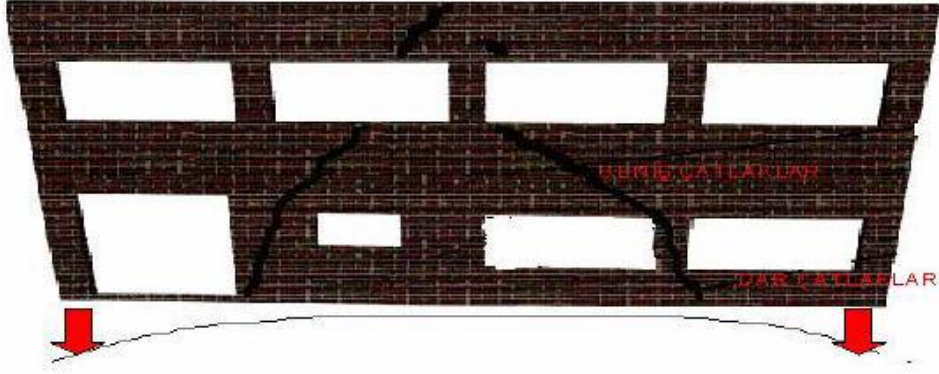


Şekil 2. 15 Yığma Yapılarda Çeşitli Oturma Çatlakları

Bir cephenin ortasındaki oturma köşelerden fazla ise oturma çatlakları temele yakın bölümlerde daha geniştir [13]. Şekil 2.16'da Eğer köşeler, otaya göre daha çok oturuyorsa , eğik oturma çatlakları yukarıya doğru daha geniştir. Şekil 2.17'de Bir köşede oturma farklı ise üst taraftaki çatlak daha geniştir.



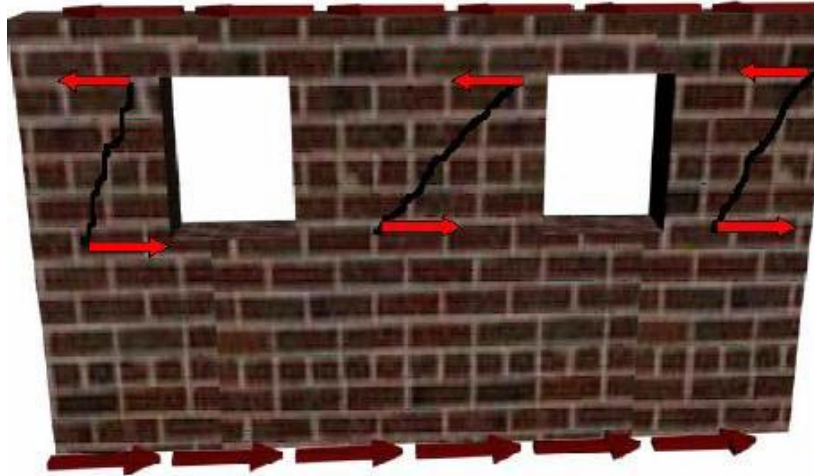
Şekil 2. 16 Farklı Oturma Biçimlerine Göre Çatlaklarda Olan Açılmanın Biçimleri



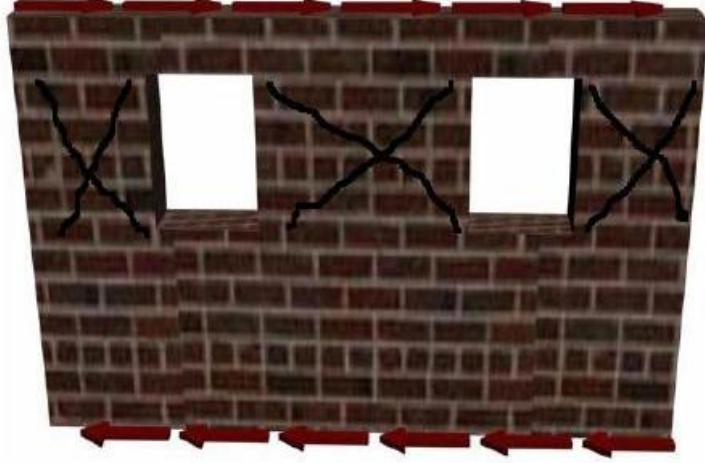
Şekil 2. 17 Farklı Oturma Biçimlerine Göre Çatlaklarda Olan Açılmanın Biçimleri

2.2.2 Deprem Hasarı

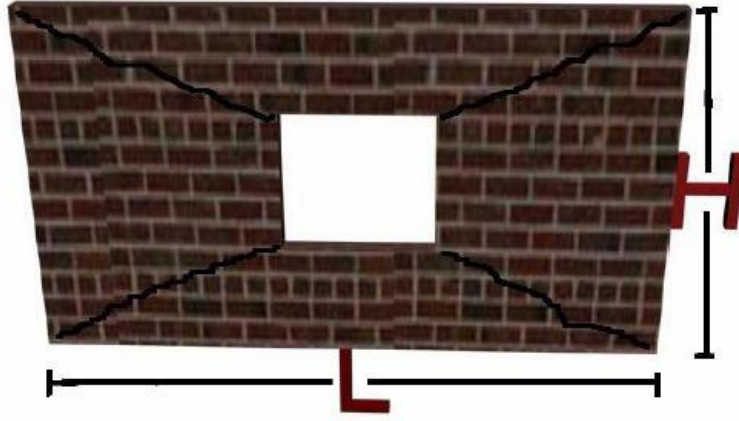
Şekil 2.18 ve Şekil 2.19'de görülen kuvvetler boşluklar arasındaki duvarlarda 45 derecelik eğik çekme çatlakları oluşturmaktadır. Deprem yükünün tersinir bir yük olması sonucu ilk oluşan çatlaklara dik olması sonucu x-şeklinde eğik çekme çatlakları görülür. Düşey gerilme az ise çatlaklar arasında 90 derece açı olan 45 derece eğimli kesme çatlakları şeklindedir. Eğer duvar düzlemi içinde önemli düşey gerilim varsa, duvar boşlukları büyük olan yapı cephelerindeki dolu duvar parçalarında düşey gerilme yüksektir, kesme çatlaklarının açısı 45 dereceden daha büyük olur [13]. Çatlakların yeri ve açısı duvardaki boşluk miktarına ve yerine göre değişir. (Şekil 2.20'de, Şekil 2.21'te)



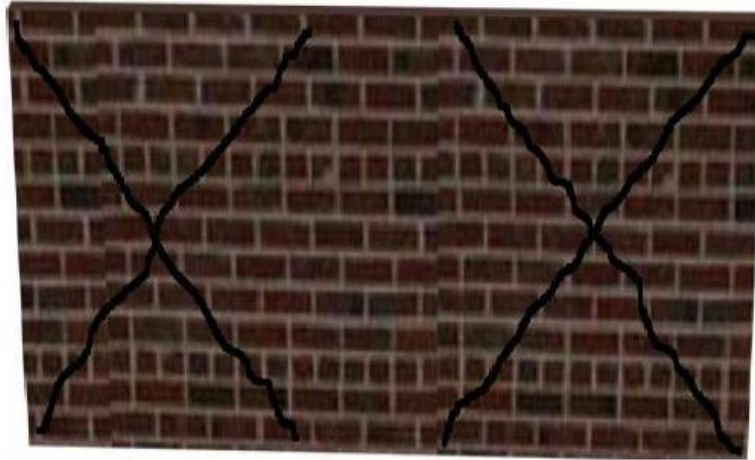
Şekil 2. 18 Duvarda eğik çekme çatlakları oluşturan kuvvetler ve çatlaklar ilk aşama



Şekil 2. 19 Duvarlarda eğik çekme çatlakları oluşturan kuvvetler ve çatlaklar ikinci aşama (deprem hareketinin yönü değişince).



Şekil 2. 20 H/L oranı 1'e yakın ise kenarlardaki dolu duvar parçaları yerine bütün çephe birlikte davranır



Şekil 2. 21 Uzun ve dolu bir duvarda birden fazla eğik çekme çatlakları olabilir.



Şekil 2. 22 Yeteri kadar bileşeni olmayan yığma yapıda meydana gelen hasar.(YDGA-2005)

2.2.3 Yığma yapılarda Deprem Hasarı Düzeyleri

- 1- Hasarsız ya da Az Hasarlı Yapı: çatlakların genişliği 1.0 mm'den daha ince.
- 2- Az Hasarlı Yapılar: çatlakların genişliği 1.0 - 10.0 mm.
- 3- Orta Hasarlı Yığma Yapılar: çatlakların genişliği 10-25 mm gibi.
- 4- Ağır Hasarlı Yığma Yapılar: çatlakların genişliği 25 mm'yi aşmasıdır.
- 5- Yıkılmış Yığma Yapılar: Taşıyıcı duvarlarının önemli bölümü yıkılmış [13].

2.3 Açıklama

Mevcut binanın güçlendirmesi genel bir aşamaları seyir etmektedir. Bu aşamalar aşağıdaki gibi söylenebilir [7].

- 1- Mevcut durum incelemesi
- 2- Modelleme
- 3- Analiz
 - Yükler: Statik Ve Zati
 - Modal: 10-12 mod
 - Dinamik: spektrum

- Time history: Deprem kontrolü

4- Kesit tahkiki

5- Güçlendirme

2.3.1 Mevcut Durum İncelemesi

2.3.1.1 Araştırma

Restorasyon çalışmalarına başlamadan önce kültür varlığı, fotoğraf, video vb. tekniklerle ayrıntılı olarak belgelenir, ölçekli çizimleri yapılır, ayrıca; Tarihsel Estetik özellikleri ve değeri Teknik özellikleri, (yapım teknikleri, malzeme ve taşıyıcı sistemi) Yasal statüsü, incelenir.

Çoğu kez rölöve ile birlikte yürütülen araştırmalar kültür varlığının iyice tanınmasına olanak verir. Mimar çeşitli kaynaklardan derlediği bilgiler ışığında yapılacak restorasyonu yönlendirecek temel veriler elde eder. Sorunları çözmek için mevcut olasılıkları gözden geçirir; olumlu ve olumsuz yönlerini tartışarak, en az müdahaleyle en iyi korumayı sağlayacak yöntemi seçmeye çalışır. Yeterli ön araştırma yapılmadan uygulamaya geçilemez. ve kararları inceleyerek geçmişteki işlem ve kararlar hakkında bilgi edinmelidir.

2.3.1.2 Rölöve

Rölöve, bir yapının, kent dokusunun veya arkeolojik kalıntının yakından incelenmesi, belgelenmesi, mimarlık tarihi açısından değerlendirilmesi ve restorasyon projeleri hazırlanabilmesi için binanın iç ve dış mimarisine, özgün dekorasyonuna ve taşıyıcı sistemi ile yapı malzemelerine ait mevcut durumunun ölçekli çizimlerle anlatımıdır. Rölöveler yapıyı ve konstrüksiyonu tam olarak anlatacak şekilde plan, kesit ve görünüşleri kapsmalıdır. Yapıya ait iç ve dış fotoğraflar, çekildikleri yer ve yönleri plan üzerine işaretlenir. Rölövelerde malzeme türleri ve mimari bileşenlerin korunma durumları açıklamalarla belirtilir. Bezemelerle ilgili fotoğraf ve ayrıntılı çizimler dosyada yer alır.

2.3.1.3 Restitüsyon

Sonradan değişikliğe uğramış, kısmen yıkılmış ya da yok olmuş öğelerin, yapıların veya yerleşmelerin ilk tasarımlarındaki ya da belirli bir tarihteki durumlarının, arşiv kayıtlarından, yapı üzerindeki izlerden, yapıya, yerleşmeye ait çizim fotoğraf gibi belgelerden yararlanılarak plan, kesit, görünüş ve aksonometrik çizimlerle ya da maketle anlatımına restitüsyon denir.

2.3.1.4 Restorasyon Projesi

Tarihi yapının bozulma nedenleri araştırıldıktan ve teşhis edildikten sonra, bozulmanın durdurulması ve eğer varsa strüktürel aksaklıkların giderilebilmesi için geğrekl müdahalelerin belirlenmesidir. Korunmaya değer bir yapı üzerinde çalışıldığından, onarımın özgün dokuya en az müdahale ile gerçekleştirilmesi, yapım tekniklerinin eskisine benzer/uyumlu olmasına dikkat edilmesi, yapının iç düzenlemesinin değiştirilmemesi, mekan bütünlüğünün zedelenmemesi göz önünde tutulması gereken başlıca kurallardır.

2.3.2 Modelleme

2.3.2.1 Aşamalar

Binanın çizimlerinden faydalanarak SAP2000 yazılımı ile modelleme yapılabılır, Betonarme yapılar için başka programlar da mevcuttur [5].

SAP2000 yapı sistemi modellerinin geliştirilmesi, analizi ve boyutlandırılması için kullanılan herhangi bir yapı sisteminin SAP2000 programı ile analiz ve boyutlandırılmasında, genel olarak, aşağıdaki yol izlenmektedir[5]:

1. Sistem Modelinin oluşturulması : Bu ilk aşamada, ya doğrudan doğruya veya

SAP2000 içinde bulunan Şablon (Template) sistemler kullanılarak

- Kiriş, kolon v.b. çubuk elemanlar,
- Perde, döşeme, kabuk gibi yapı bölümlerini temsil eden sonlu elemanlar,
- Düğüm noktalarında veya mesnetlerde elastik veya lineer olmayan birleşimler veya

yaylar,

- Çeşitli tipte mesnetler

tanımlanarak sistem modeli oluşturulur. Bu sırada, çeşitli yapı elemanlarının birleştiği Düğüm Noktaları (Joints), Program tarafından otomatik olarak oluşturulabilmektedir. Oluşturulan öğelerin (çubuk, sonlu eleman, birleşim, yay ve düğüm noktası) tümüne Nesne (Object) adı verilmektedir.

Bazı durumlarda, ele alınan sistemin önce küçük (veya kaba) bir bölümü oluşturulur.

Daha sonra SAP2000'in Copy, Paste, Replicate, Divide Areas gibi olanaklarından yararlanarak sistem tamamlanır. Bazı özel durumlarda da, sistemin tamamı veya bir bölümüne ilişkin geometri AutoCAD veya EXCEL yazılımları ile geliştirilip SAP2000 içine aktarılabilir. SAP2000'in yeni sürümlerinde bu programların dışında da başka programlar ile hazırlanan veriler çalışma ortamına aktarılabilir.

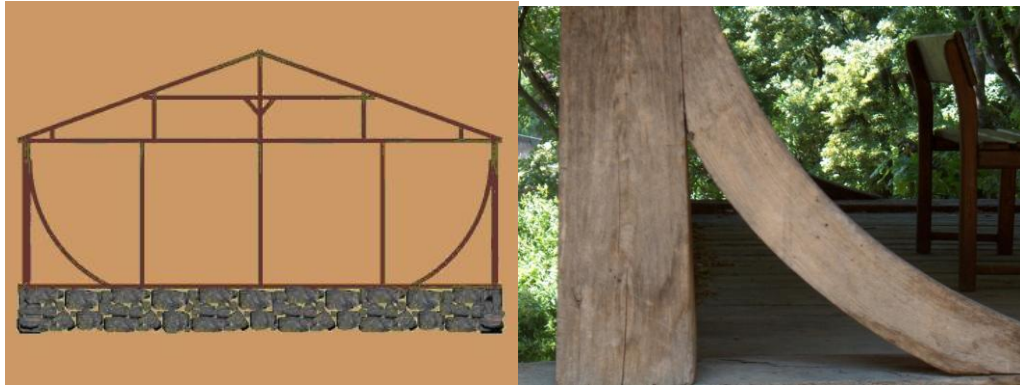
2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması : SAP2000 içinde standart olarak, tüm özellikleri ile tanımlanmış olan Beton (4000Psi), Çelik (A992Fy50) malzemeleri mevcuttur. İstenirse bu malzeme türlerine ait özelliklerin bazıları veya tümü değiştirilebileceği gibi, yeni malzeme türleri de tanımlanıp kullanılabilir. Seçilen veya tanımlanan malzeme türleri, kesit tanımlaması sırasında kullanılmaktadır.

3. Kesit Özelliklerinin Tanımlanması : Çeşitli kesit tipleri ayrı dosyalar içinde verilmiş bulunmaktadır. Özellikle çelik yapılarda bu kesit tipleri, doğrudan doğruya veya bazı özellikleri değiştirilerek kullanılabilir gibi, istenen türde kesit tanımlamak için, pek çok seçenek vardır. Seçilen veya tanımlanan kesitler sistem elemanlarına atanmaktadır. SAP2000 içindeki standart kesit türlerinin dışında kesit tanımlamak istendiğinde programın içinden çağırılabilen Section Designer programı yardımıyla farklı kesit geometrileri de oluşturulabilmektedir.

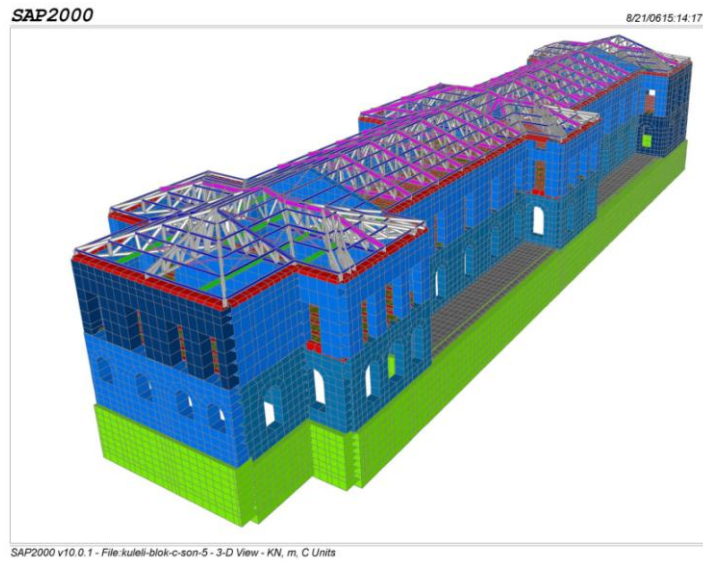
4. Yüklerin Tanımlanması : Tekil kuvvetler, düzgün , üçgen veya trapez şeklindeki yayılı yüklerle sıcaklık değişimi etkileri tanımlanarak düğüm noktalarına, çubuklara veya sonlu elemanlara atanabilmektedir. Ayrıca, kütle ve spektrum diyagramları tanımlandıktan sonra, mod birleştirme yöntemi ile Dinamik Hesap da yapılabilir. Çok

sayıda (Sabit, hareketli, rüzgar, deprem v.b.) değişik yüklemeler tanımlanabileceği gibi, bunlar çeşitli süperpozisyon katsayıları ile çarpılarak Yükleme Birleşimleri de oluşturulabilmektedir.

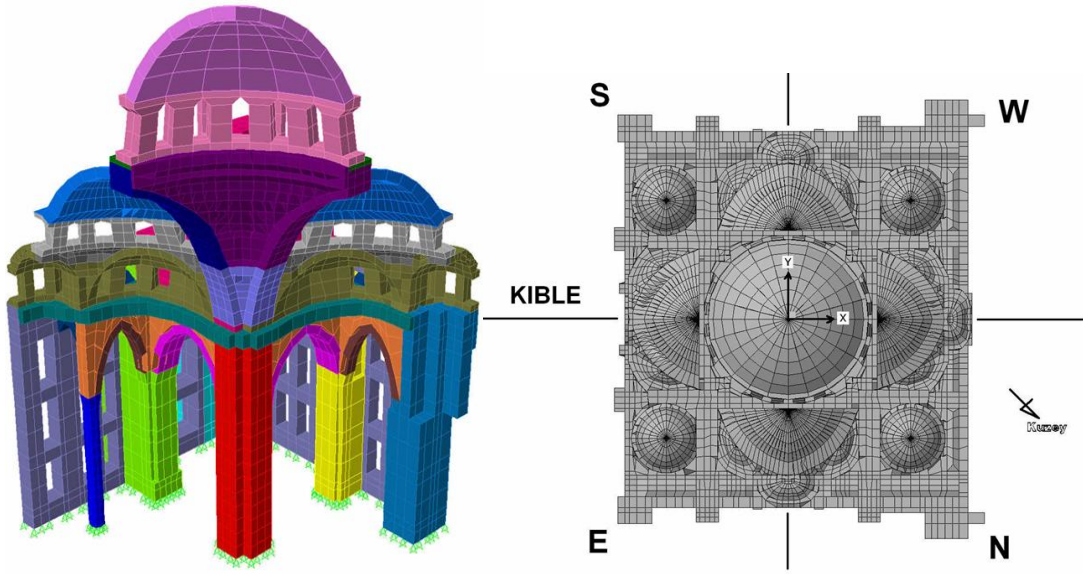
Tarihi yığma yapılarda çubuk (frame), Kabuk (shell) ve 3D elamanlar (solid) hepsinden yararlanabilir.



Şekil 2.23 Çubuk Eleman

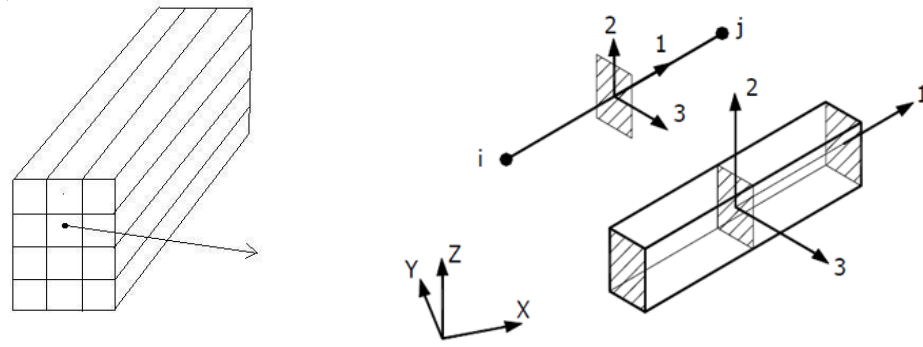


Şekil 2.24 Kabuk Eleman Tipi



Şekil 2.25 Dolgu Eleman Tipi (Solid)

Yığma yapı elemanların ebatlarına göre ve ona uygun eleman tip seçilir ve modellenir. Mesela bir fil ayağı çubuk olarak modellenmez ve dolgu eleman olarak kullanılır ve onun serbestlik dereceleri X, Y ve Z eksenindedir.



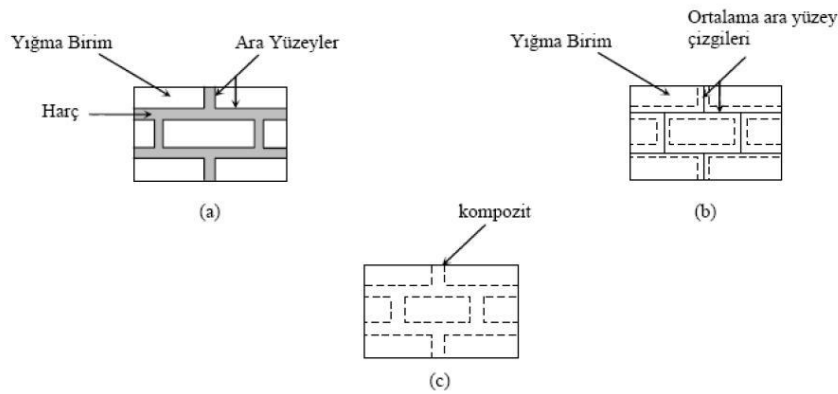
Şekil 2.26 Dolgu Eleman Tipi (Solid)

2.3.2.2 Yığma Duvarların Homojenizasyonu (Modelleme Teknikleri)

Yığma yapıların depreme karşı analizi için, duvar veya binanın ana özellikleri ve katsayılarını belirletmemiz gerekiyor. Bu özellikler rijitlik katsayısı, kritik yük taşıma kapasite v.b olabilir. Yığma duvarlar analizinde Mikro modelleme yöntemini kullanmak istersek; tuğlaların dizilişi ve harcın dikey ve yatay çatlaklara göre eleman sayısı çok

fazla olur ve zor bir analiz ve bazen başarısız bir analiz elde etmektedir. Makro yönteminde tuğla ve harç birleştirilmiş bir eleman farz edilir ama kullanılan değerler ve katsayıların bir eşdeğerini bulabilmek için bazı hesaplar yapılmalı. Bu katsayılar oldukça birbirine yakın ve ortalamasına da yakın olmalı ve hata yüzdesi de dikkate alınacaktır. Dolu duvarların iç yüklemesinde iki yöntem arasındaki sonuçlar karşılaştırarak hata yüzdesi yaklaşık olarak elde edildi. Bu sonuçlara göre rijitlik katsayısı lineer değeri olarak ve emniyet mukavemeti lineer olmayan katsayı olarak dikkatle hesaplanmıştır. Ayrıca eleman sayısı azaltırılmış ve bu nedenle analiz süresi ve hatası da azalır [6]. Makro yönteminde hem test yapılması lazım hem analiz ve iki yöntem karşılaştırması lazım.

1. Mikro modelleme
2. Basitleştirilmiş mikro modelleme
3. Makro modelleme



Şekil 2.27 Yığma duvarlarındaki modelleme teknikleri, a) Mikro modelleme, b) Basitleştirilmiş mikro modelleme, c) Makro modelleme (Lourenço, 1996)

2.3.2.3 Mikro Modelleme Yöntemi

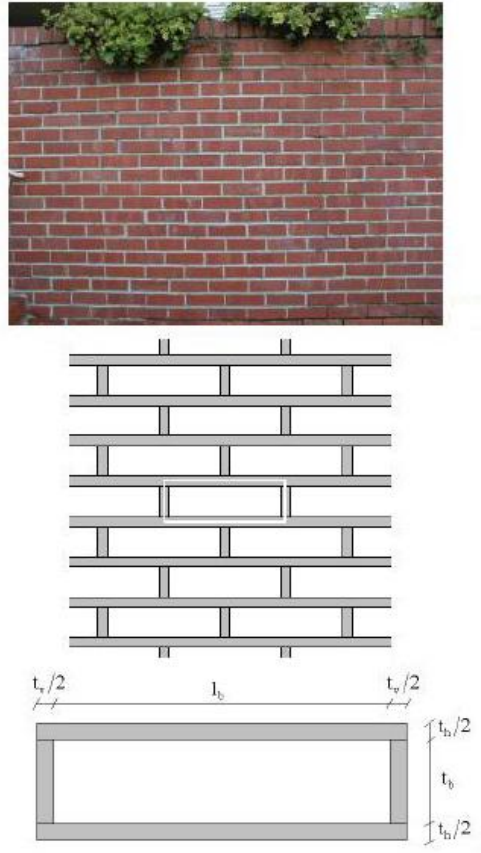
Yığma yapılar analizinde malzemeler iki parçalı tek bir malzeme olarak farz edilir. Bu malzemeler ile ayrı ayrı tuğla ve harç modellenir. Bu yöntem zordur ve uzun bir süreye ihtiyaç var. Ayrıca tuğla ve harcın mekanik özellikleri, tuğla ve çatlakların fiziksel özellikleri ve tuğlaların diziliş tarzları gibi istenen değerler sayısı da fazla olacak[6]. Bu yöntem sadece küçük deneylerde kullanılacaktır.

2.3.2.4 Makro Modelleme Yöntemi

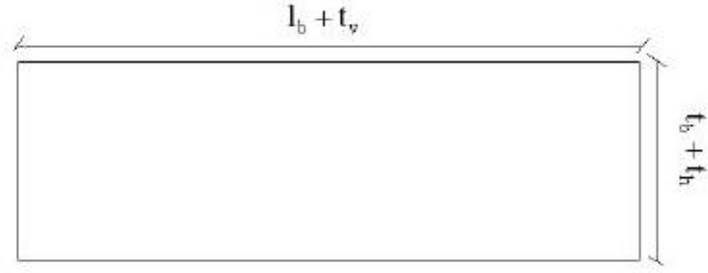
Yığma yapılar analizinde homojenleştirilmiş eşdeğer malzemeler tek parçalı bir malzeme olarak farz edilir. Analizde bu malzeme tuğla ve harç yerine kullanılır. Mekanik özellikleri tuğla ve harcın mekanik özelliklerinden farklıdır ama onların ortalamasına yakın bir değerdir. Bu eşdeğer malzeme İzotropik veya Ortotropik olabilir. Bu yöntemde analiz daha basit ve kısa sürede yapılacak ayrıca hata yüzdesi de azdır ve ihmal edilir[6].

2.3.2.5 Yığma Duvarların Homojenizasyonu

Bu bölümde kullanılacak σ , ε , E , τ , γ , G , P , V , δ , ve Δ değerler sırayla normal gerilme, elastisite modülü, kesme gerilme, kesme, kesme modülü, aksenal kuvvet, kesme kuvvet ve şekil değiştirmedir. Ve denklemdeki kullanıldığı b , m , h , v , w , ve p değerler de sırasıyla tuğla, harç, harcın yatay çatlakları, dikey çatlakları, yığma duvar ve homojen malzemedir[6].



Şekil 2. 28 Mikro yöntemdeki elemanlar

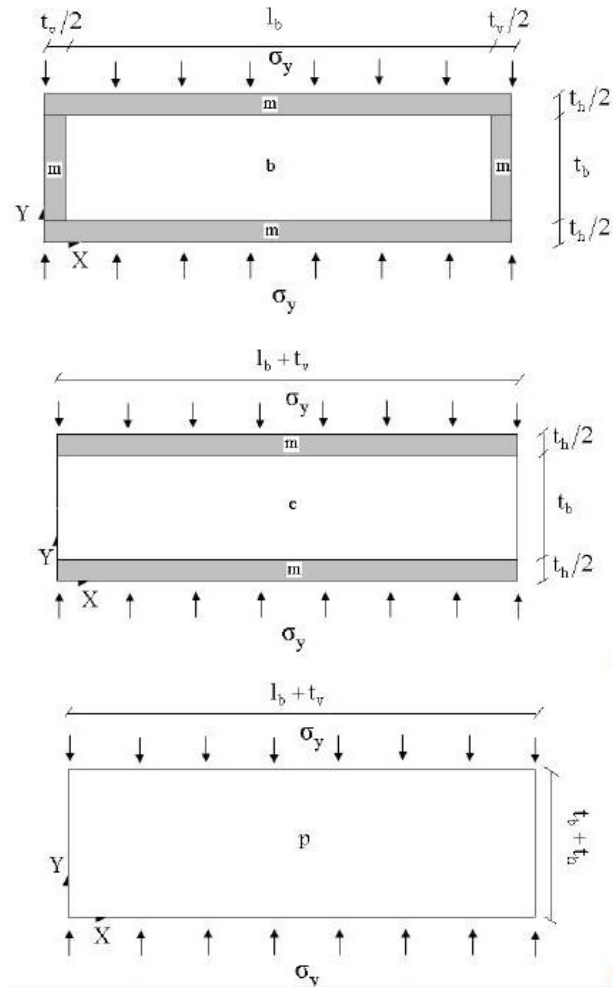


Şekil 2. 29 Makro Yöntemdeki homojen eleman

A- Hesaplaması eşdeğer Elastisite Modülü

E_p^y (y eksenindeki Ortotropik homojen elemanın Elastisite modülü) değerini bulmak

için:

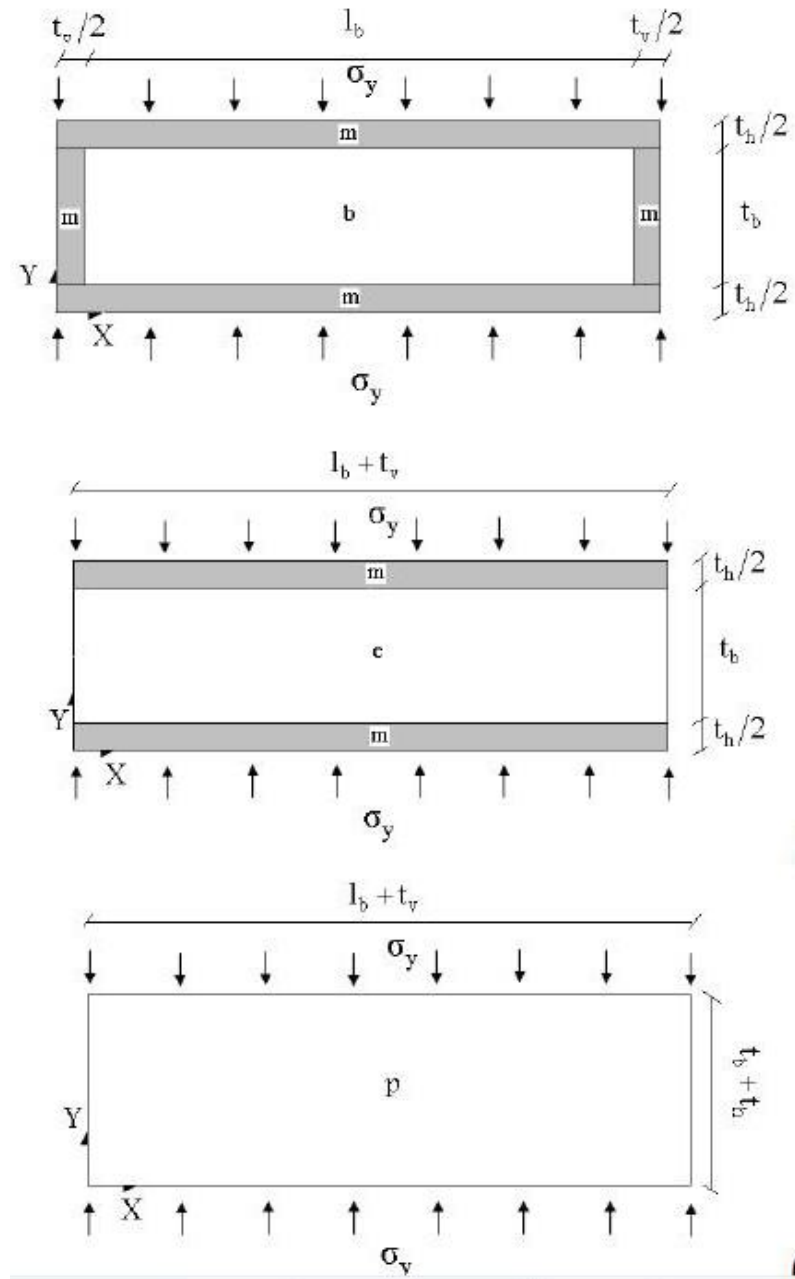


Şekil 2. 30 Homojenizasyon

$$E_p^y = \frac{E_m(E_b l_b + E_m t_v)(t_b + t_h)}{E_b l_b t_h + E_m(l_b t_b + t_b t_v + t_h t_v)} \quad (2.1)$$

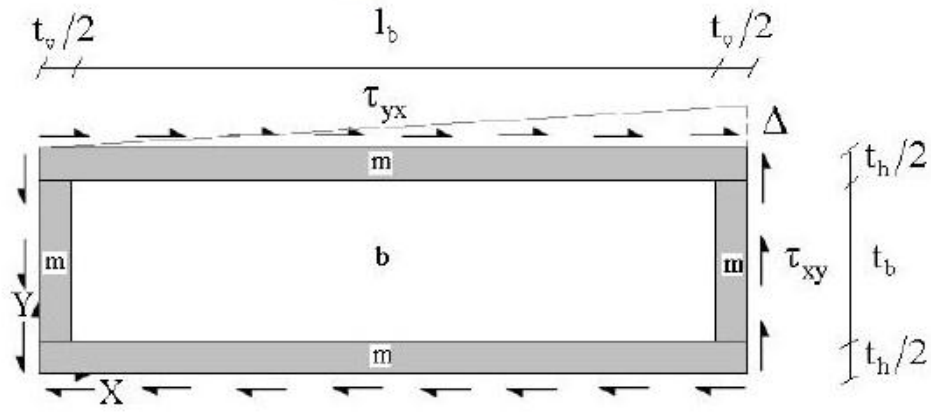
B- Kesme Modülü

G_p^{xy} (x-y eksenindeki Ortotropik homojen malzemenin kesme modülü) değerini bulmak için, bir kere x doğrultusundaki şekil değiştirme va ondan sonra doğrultusundaki şekil değiştirmeyi hesaplamamız lazım[6].



Şekil 2. 31 X Doğrultusuna göre Homojenizasyon

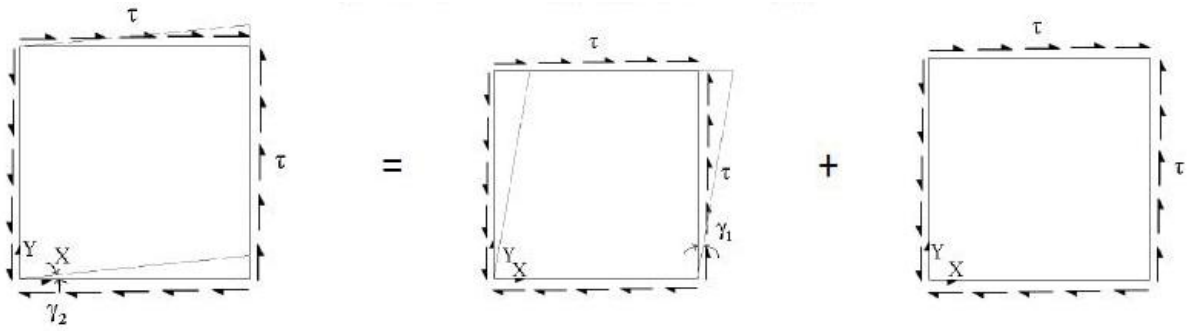
$$G_p^{xy1} = \frac{G_m(G_b l_b + G_m t_v)(t_b + t_h)}{G_b l_b t_b + G_m(l_b t_b + t_b t_v + t_h t_v)} \quad (2.2)$$



Şekil 2. 32 Y Doğrultusuna göre Homojenizasyon

y doğrultusundaki şekil değiştirmeye göre:

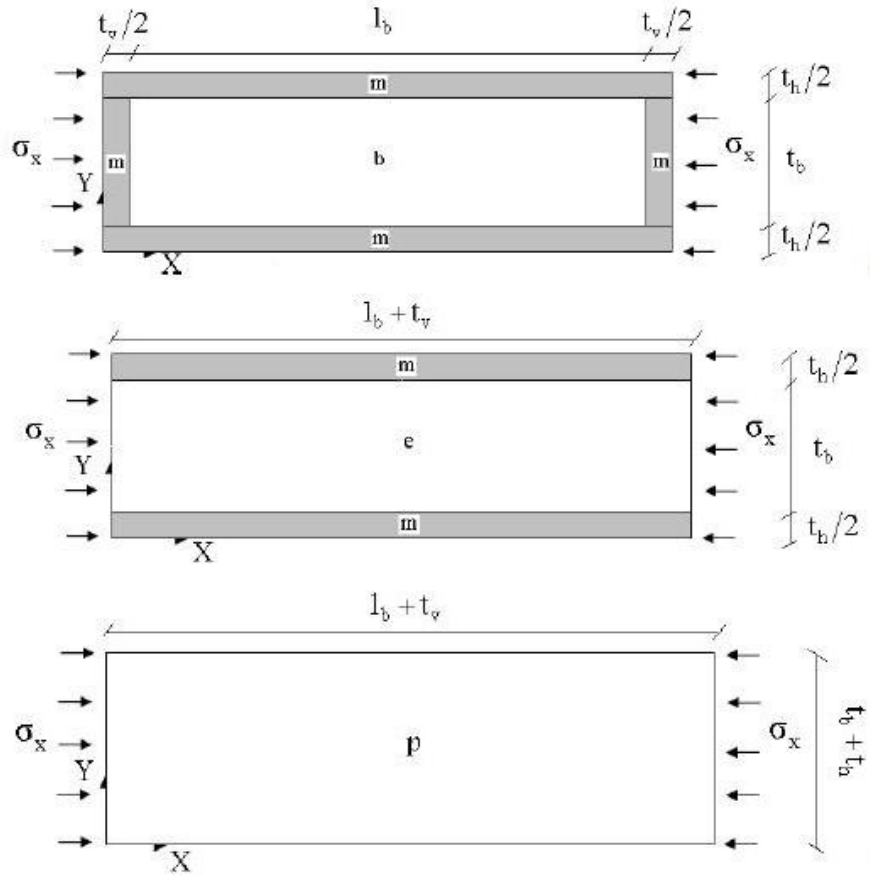
$$G_p^{xy2} = \frac{G_m[G_b(l_b t_b + t_b t_v + t_h t_v) + G_m l_b t_h]}{(G_b t_v + G_m l_b)(t_b + t_h)} \quad (2.3)$$



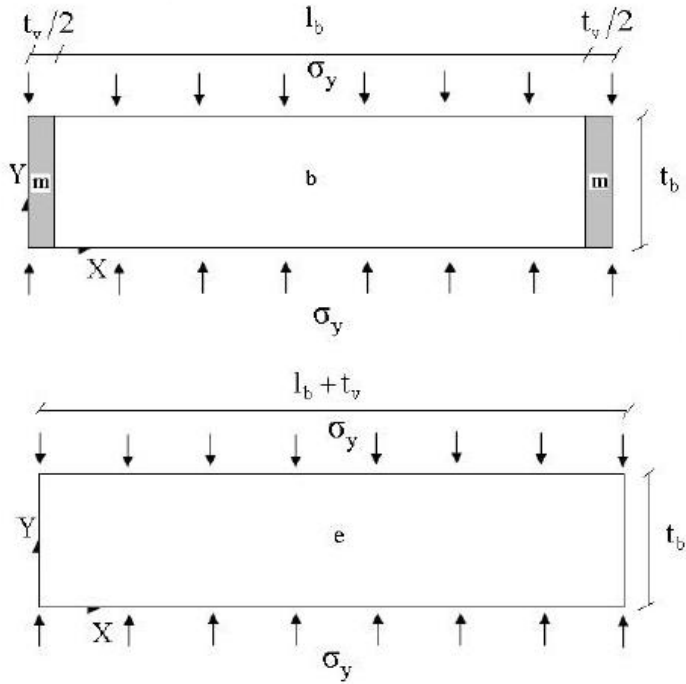
Şekil 2. 33 Kesme şekil değiştirme toplamı

C- Pusan Katsayıların Hesablaması

V_p^{xy} ve V_p^{yx} (Ortotropik homojen malzemenin Pusan katsayıları) değerleri aşağıdaki gibi bulunmaktadır:



Şekil 2. 34 Homojenizasyon aşamaları



Şekil 2. 35 Homojenizasyon aşamaları

$$\gamma_p = \frac{\gamma_b l_b t_b + \gamma_m [(l_b + t_v)(t_b + t_h) - l_b t_b]}{(l_b + t_v)(t_b + t_h)} \quad (2.4)$$

Çizelge 2.3'deki Ortopedik homojen malzemenin bütün elastisite modülü değerleri verilmiştir. Bu değerler de yukarıdaki hesaplamalar gibi hesaplanacaktır[6].

Çizelge 2. 3 Ortopedik homojen malzemenin elastisite modülü değerleri

E_p^x	$\frac{E_m [E_b (l_b t_b + t_v t_b + t_h t_v) + E_m l_b t_h]}{(E_b t_v + E_m l_b)(t_b + t_h)}$	G_p^{yz}	$\frac{2G_p^{yz1} G_p^{yz2}}{(G_p^{yz1} + G_p^{yz2})}$
E_p^y	$\frac{E_m (E_b l_b + E_m t_v)(t_b + t_h)}{E_b l_b t_h + E_m (l_b t_b + t_b t_v + t_h t_v)}$	G_p^{xz1}	$\frac{G_m [G_b (l_b t_b + t_b t_v + t_h t_v) + G_m l_b t_h]}{(G_b t_v + G_m l_b)(t_b + t_h)}$
E_p^z	$\frac{E_b l_b t_b + E_m [(l_b + t_v)(t_b + t_h) - l_b t_b]}{(l_b + t_v)(t_b + t_h)}$	G_p^{xz2}	$\frac{G_b l_b t_b + G_m (l_b t_h + t_b t_v + t_h t_v)}{(l_b + t_v)(t_b + t_h)}$
G_p^{xy1}	$\frac{G_m (G_b l_b + G_m t_v)(t_b + t_h)}{G_b l_b t_b + G_m (l_b t_b + t_b t_v + t_h t_v)}$	G_p^{xz}	$\frac{2G_p^{xz1} G_p^{xz2}}{G_p^{xz1} + G_p^{xz2}}$
G_p^{xy2}	$\frac{G_m [G_b (l_b t_b + t_b t_v + t_h t_v) + G_m l_b t_h]}{(G_b t_v + G_m l_b)(t_b + t_h)}$	V_p^{xy}	$\frac{(E_e^x / E_e^y) t_b (V_b l_b + V_m t_v)}{(l_b + t_v)} + \frac{V_m t_h}{(t_b + t_h)}$
G_p^{xy}	$\frac{2G_p^{xy1} G_p^{xy2}}{(G_p^{xy1} + G_p^{xy2})}$	V_p^{zy}	$\frac{V_b l_b t_b + V_m (l_b t_h + t_b t_v + t_h t_v)}{(l_b + t_v)(t_b + t_h)}$
G_p^{yz1}	$\frac{G_m (G_b l_b + G_m t_v)(t_b + t_h)}{G_b l_b t_h + G_m (l_b t_b + t_b t_v + t_h t_v)}$	V_p^{zx}	$\frac{V_b l_b t_b + V_m (l_b t_h + t_b t_v + t_h t_v)}{(l_b + t_v)(t_b + t_h)}$
G_p^{yz2}	$\frac{G_b l_b t_b + G_m (l_b t_h + t_b t_v + t_h t_v)}{(l_b + t_v)(t_b + t_h)}$	—	—

D- Sonuçların karşılaştırması

Burda sonuçlar ANSYS 10 programında karşılaştırmalar dikkatle gösterildi. Bu karşılaştırma tuğla ve harcın mekanik ve geometrik özelliklerine göre yapıldı. Malzeme homojenize edilmiş hali (Makro) ve homojenize edilmemiş (Mikro) hali ile karşılaştırıldı. Tuğlanın genişliği sırayla 6, 10 ve 22 Cm göz önüne alındı, ayrıca yatay ve düşey çatlakların (harç) genişliği 2 Cm olarak kabul edildi[6].

Alınacak özelliklerin değerleri aşağıdaki gibidir: $L/H=0.7$, $L/H=1.3$, $L/H=1.6$, $H=3m$

E_m : Harcın elastisite modülü , E_b tuğlanın elastisite modülü ise

$$E_m/E_b = 0.25, E_m/E_b = 0.35, E_m/E_b = 0.50, E_m/E_b = 0.80, , E_b = 2000 \text{ Mpa}$$

Eleman boyutu: 2, 4 ve 8 Cm (Mikro için 2 Cm, Makro için 2,4,8 Cm)

Aşağıda Mikro ve Makro arasındaki karşılaştırmalar için bu değerler örnek olarak kullanıldı:

120Mikro Malzeme

$L/H=1.3$, Eleman boyutu: 2 Cm, Ağırlık merkezine etkiyen basınç = 0.5 Mpa, yanal yük=58 KN

Tuğla: $\rho_b = 1700 \text{ (kg/m}^3\text{)}$, $V_b = 0.15$, $E_b = 2000 \text{ Mpa}$

Harç: $\rho_m = 2100 \text{ (kg/m}^3\text{)}$, $V_m = 0.20$, $E_m = 700 \text{ Mpa}$

II) Makro Malzeme

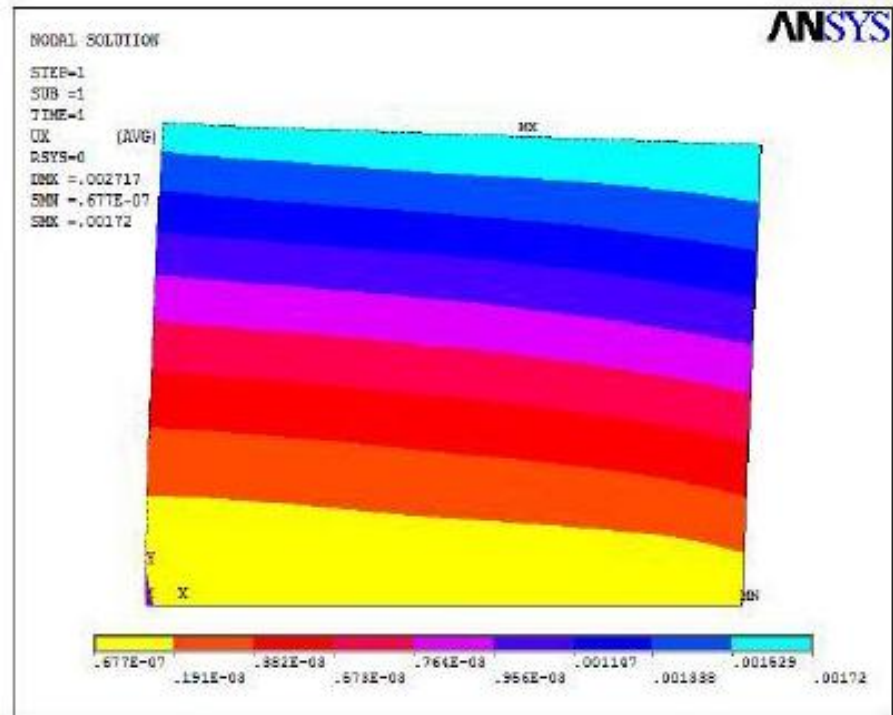
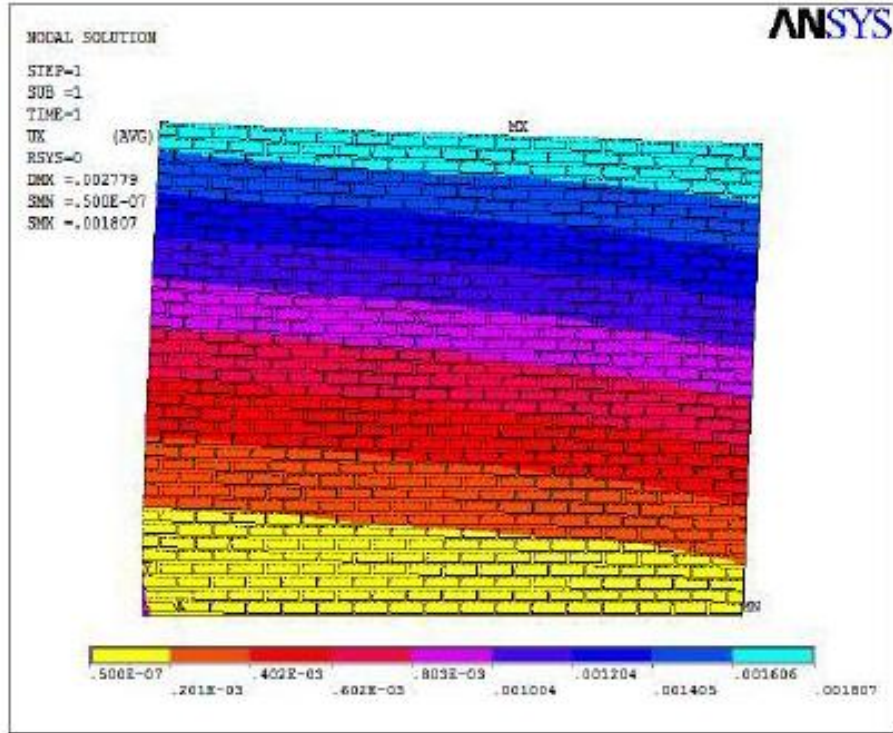
Çizelge 2. 2 'den:

$$E_p^x = 1474 \text{ Mpa} \quad E_p^y = 1326.90 \text{ Mpa} \quad E_p^z = 1593 \text{ Mpa}$$

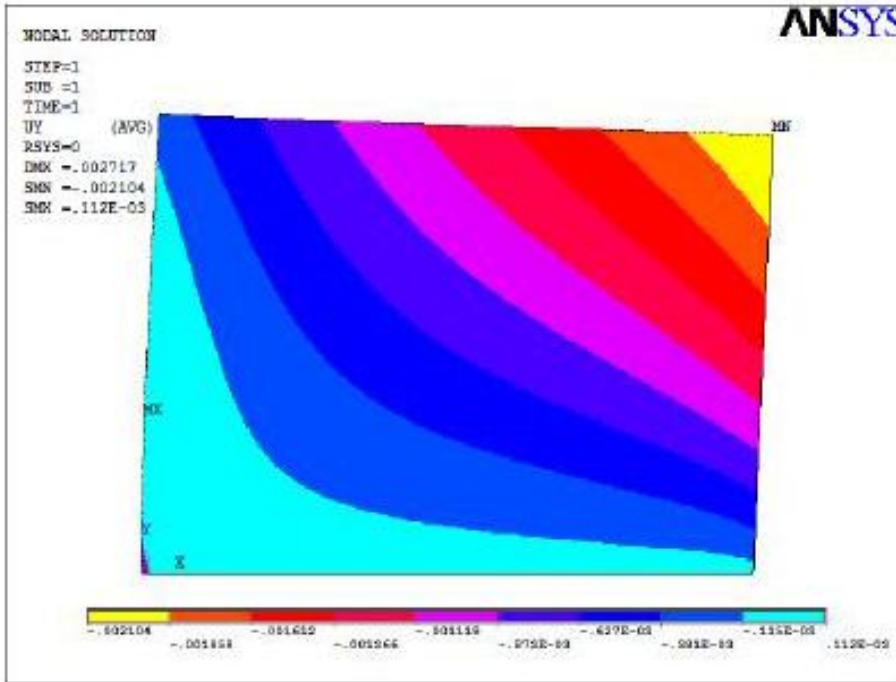
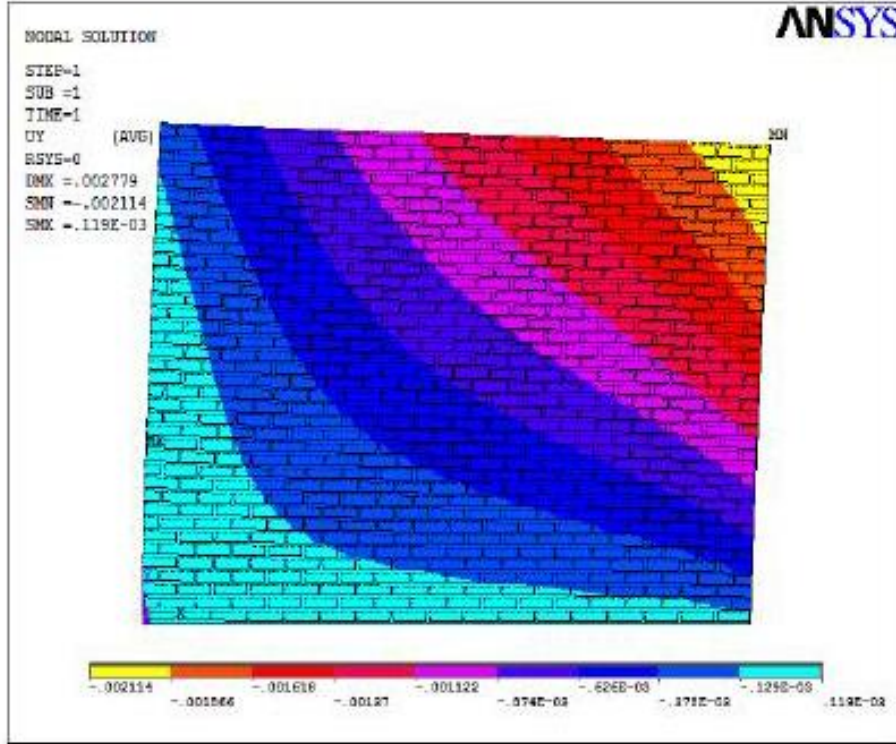
$$G_p^{xy} = 596.87 \text{ Mpa} \quad G_p^{yz} = 620.80 \text{ Mpa} \quad G_p^{xz} = 659.62 \text{ Mpa}$$

$$V_p^{xy} = 0.156 \quad V_p^{yz} = 0.138 \quad V_p^{xz} = 153 \quad \rho_p = 1825 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

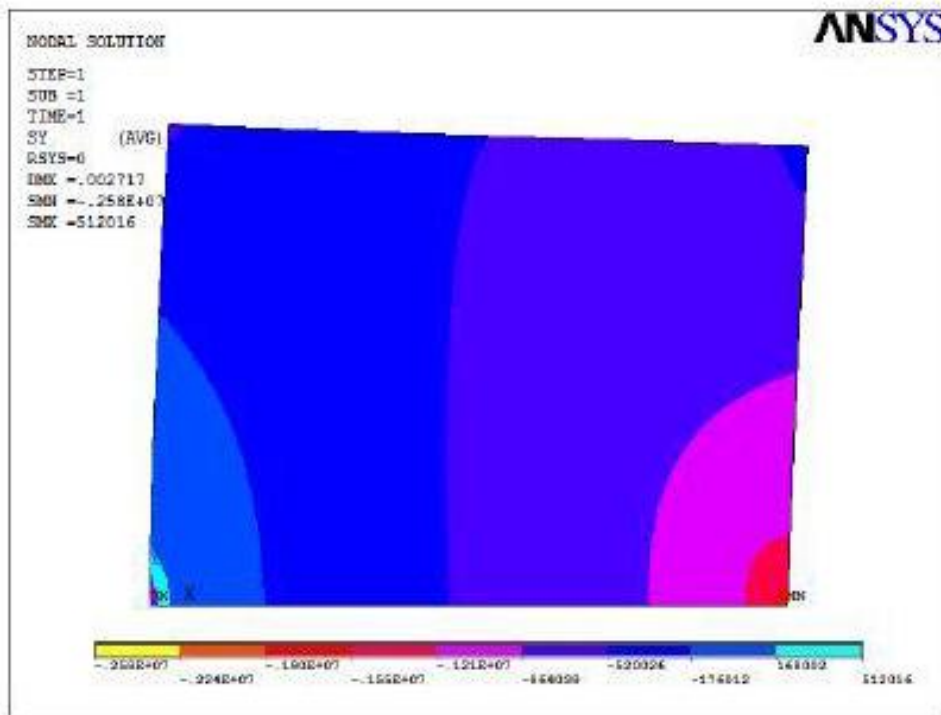
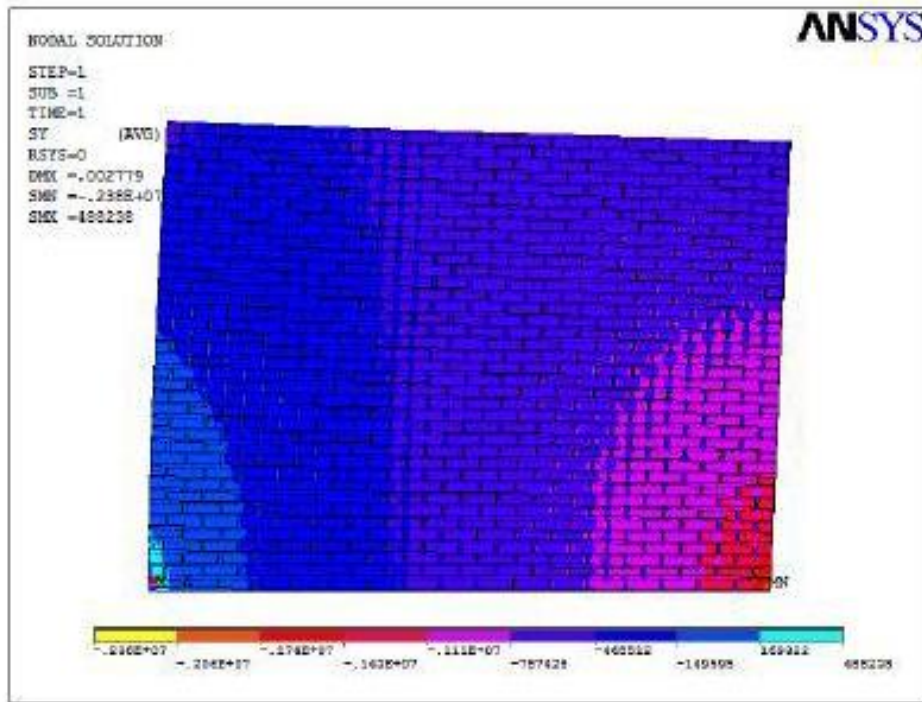
Mikro Ve Makro yöntemine göre şekil 2.36, 2.37, 2.38, 2.39 deformasyon ve gerilme dağıtımın karşılaştırması gösterilmektedir [6].



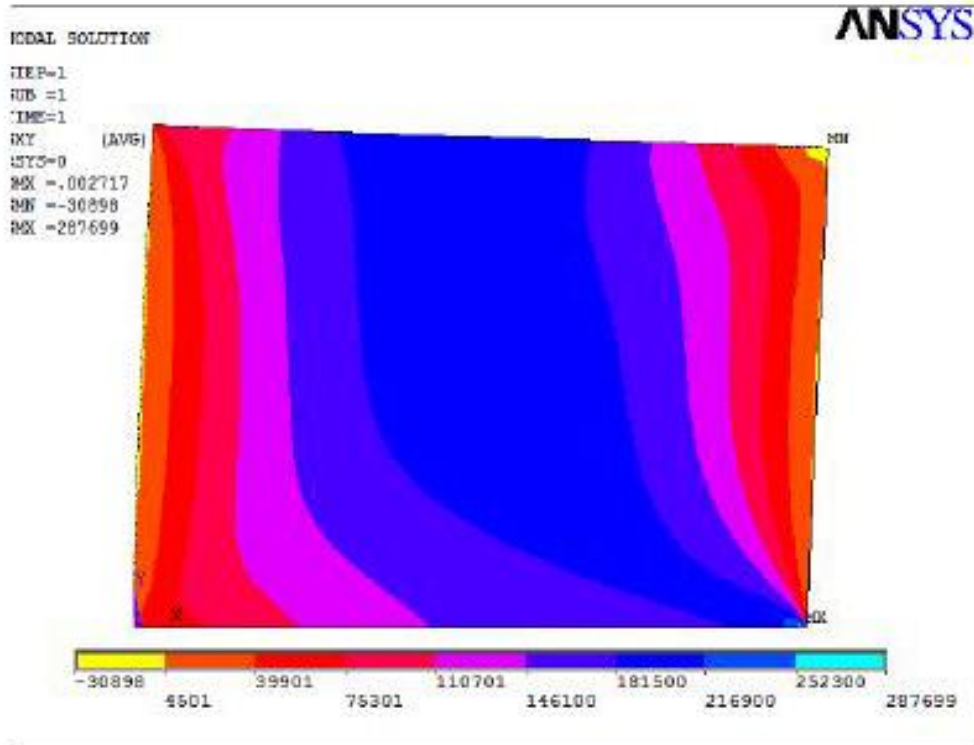
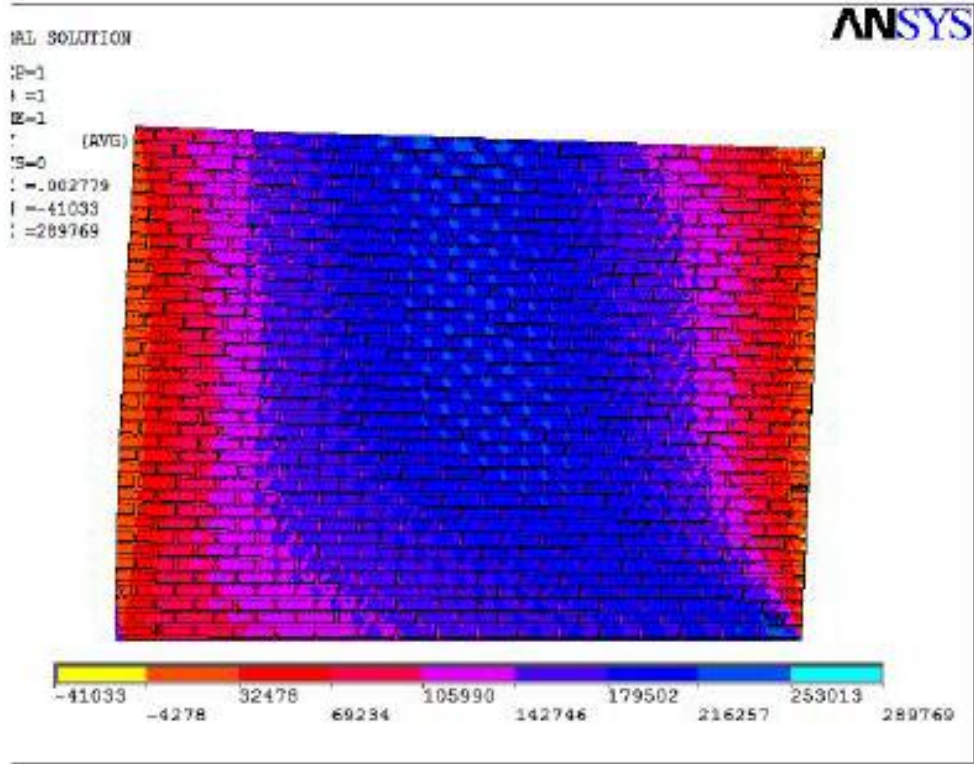
Şekil 2. 36 Yatay deformasyon



Şekil 2. 37 Dikey deformasyon



Şekil 2. 38 Normal gerilme



Şekil 2. 39 Kayma gerilme

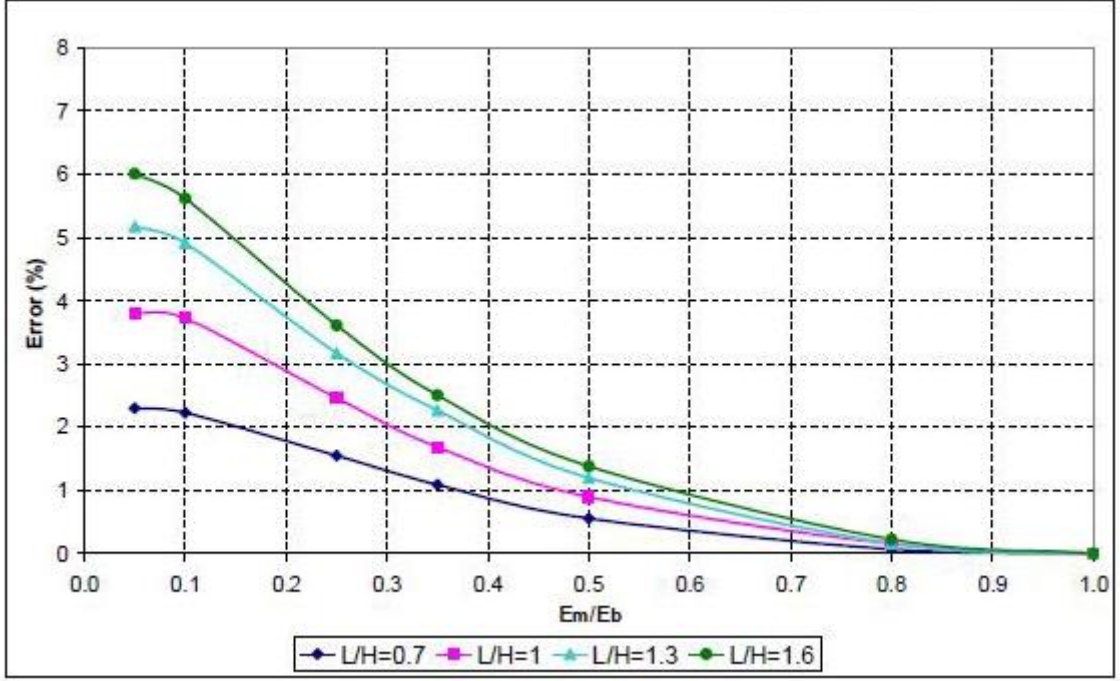
Çizelge 2. 4 Mikro ve Makro yöntemin karşılaştırması

Karşılaştırma		Ayrıntılı	Homogen	Hata Yüzdesi
Yanal deformasyon (mm)		1.807	1.72	4.81
Yatay Deformasyon (mm)	Pozitif	0.119	0.112	5.88
	Negatif	2.114	2.104	0.47
Normal Gerilme (Mpa)	Basınç	0.488	0.512	4.87
	Çekme	2.38	2.58	8.40
Kayma Gerilme (Mpa)		0.29	0.288	0.71

Çizelge 2. 5 Farklı boyutlar için Mikro ve Makro yöntemin karşılaştırması

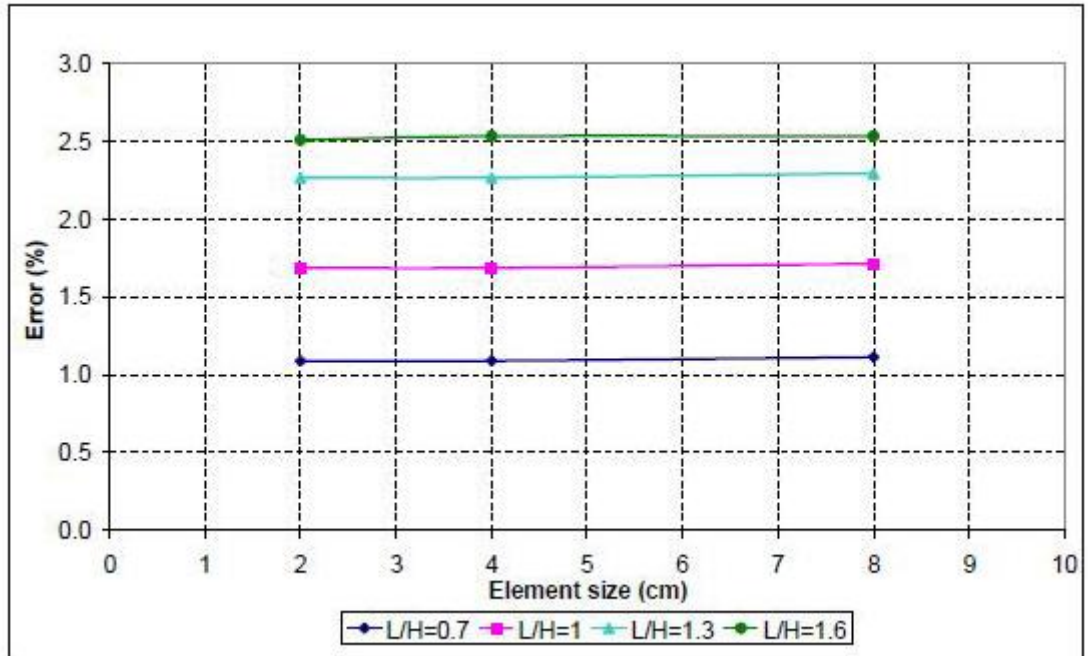
Karşılaştırma		Hata Yüzdesi,		
		L/H=0.7	L/H=1	L/H=1.6
Yanal deformasyon (mm)		2.25	3.58	5.46
Yatay Deformasyon (mm)	Pozitif	3.15	4.95	5.65
	Negatif	0.24	0.33	0.51
Normal Gerilme (Mpa)	Basınç	5.3	5.17	5.11
	Çekme	8.63	8.64	8.11
Kayma Gerilme (Mpa)		7.74	2.64	2.81

Gördüğümüz gibi hata yüzdesi %10'dan daha küçüktür. Bu hata az olduğu için ihmal edilebilir ve analiz için bir sıkıntı oluşmaz. Ayrıca E_m/E_b değeri yükselince homojenizasyona doğru gider ve hata yüzdesi azalır[6].



Şekil 2.40 E_m/E_b ' e göre duvarın rijitliğin homojenizasyonundaki hata yüzdesi

Gördüğümüz gibi burda da hata yüzdesi %10'dan daha küçüktür. Bu hata az olduğu için yine ihmal edilir[6].

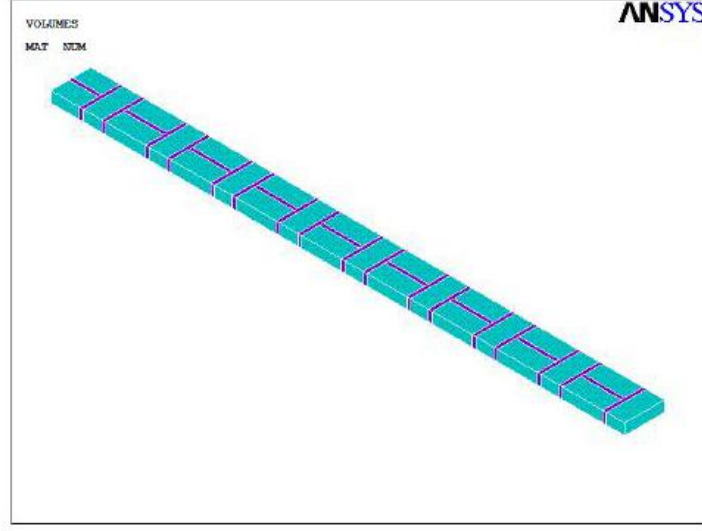


Şekil 2.41 Boyutlar' e göre duvarın rijitliğin homojenizasyonundaki hata yüzdesi

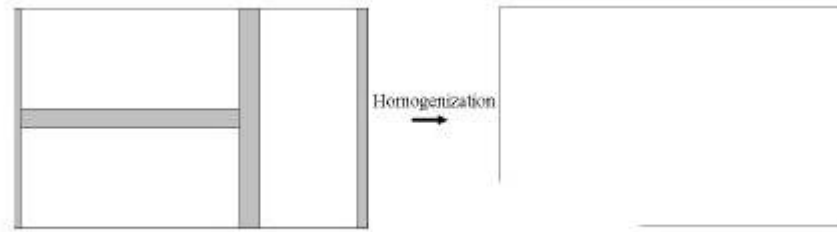
Şekil 2. 40'e göre eleman boyutları hata yüzdesine çok fazla etkisi yok bu nedenle biz eleman sayısını 16 kata kadar azaltabiliriz. Bu azalmaya göre analiz daha hızlı sonuç verir[6].

E- Yiğma duvarın kalınlığı ve görüntüsündeki homojenizasyon

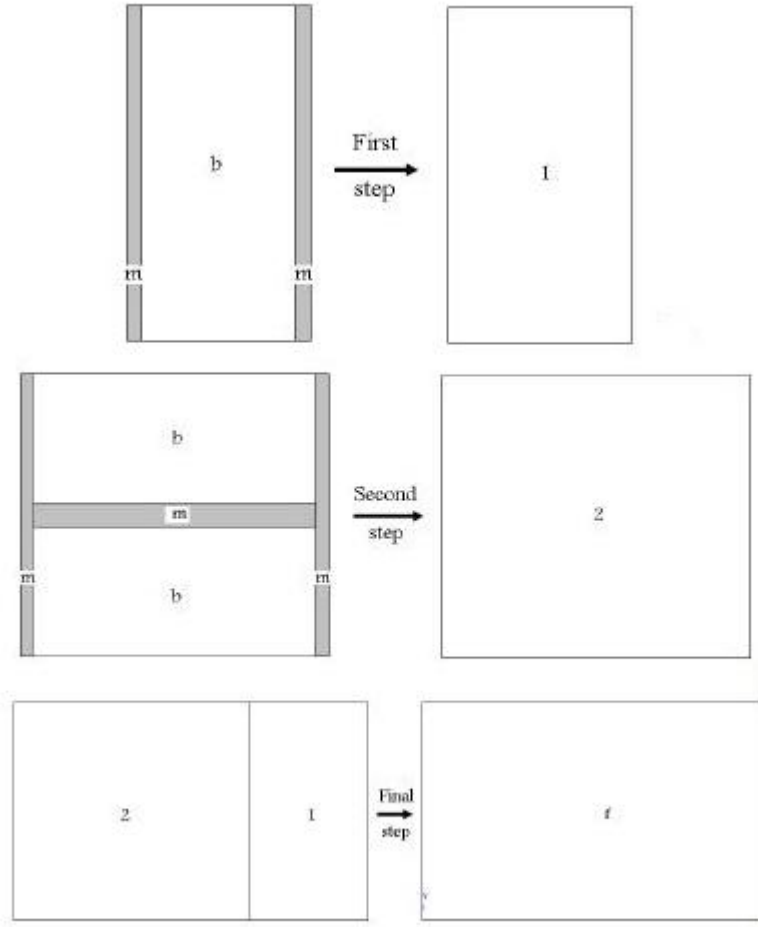
Burdaki kabuller bu şekilde söylene bilir: $E_m/E_b = 0.35$ ve $L/H = 1$



Şekil 2. 42 Örnek alınan üç boyutlu yiğma duvarı



Şekil 2. 43 Örnek alınan üç boyutlu yiğma duvarı homojenizasyonu



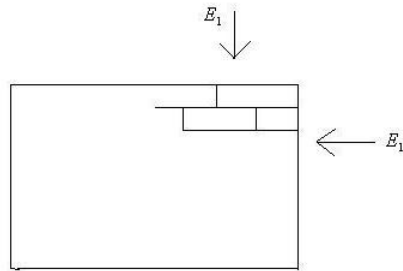
Şekil 2. 44 Üç Örnek alınan üç boyutlu yığma duvarı homojenizasyonu

Şekil 2.43, 2.44 ve Çizelge 2. 6 gibi tuğla ve harcın özellikleri böyle alınır:

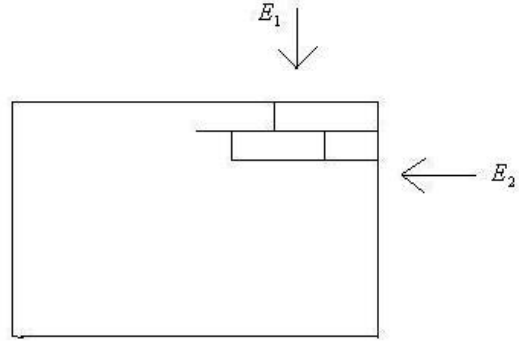
Tuğla için: $\rho_b = 1700 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ $V_b = 0.15$ $E_b = 2000 \text{ Mpa}$

Harç için: $\rho_m = 2100 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ $V_m = 0.20$ $E_m = 700 \text{ Mpa}$

Malzeme izotrop olduğu zaman her yönde malzeme özellikleri aynıdır ama Ortotrop Malzeme farklı yönde malzeme özellikleri değişir.



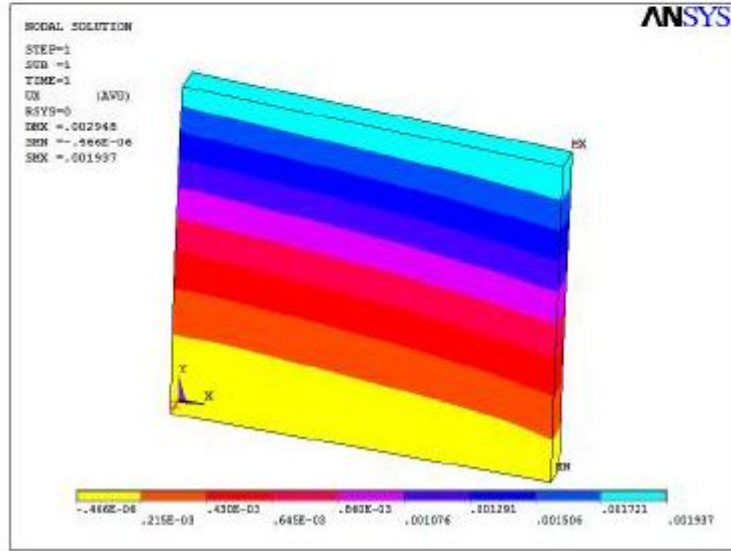
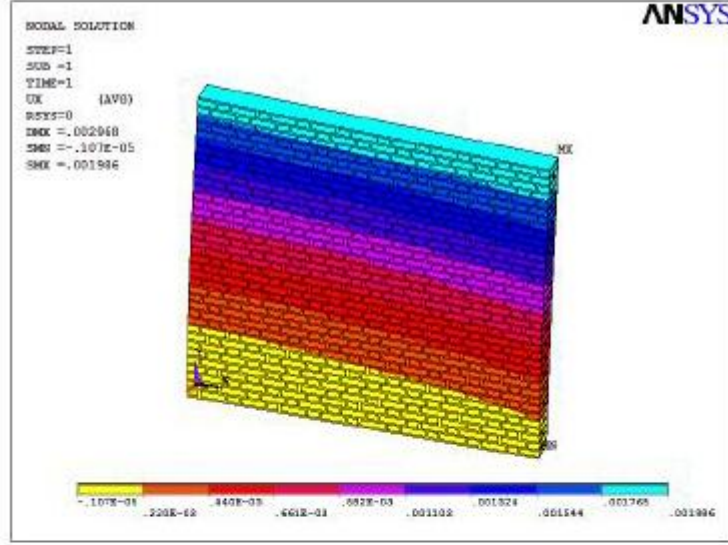
Şekil 2. 45 İzotrop Malzeme



Şekil 2. 46 Ortotrop Malzeme

Çizelge 2. 6 Ortotropik homojenize edilmiş malzemenin özellikleri

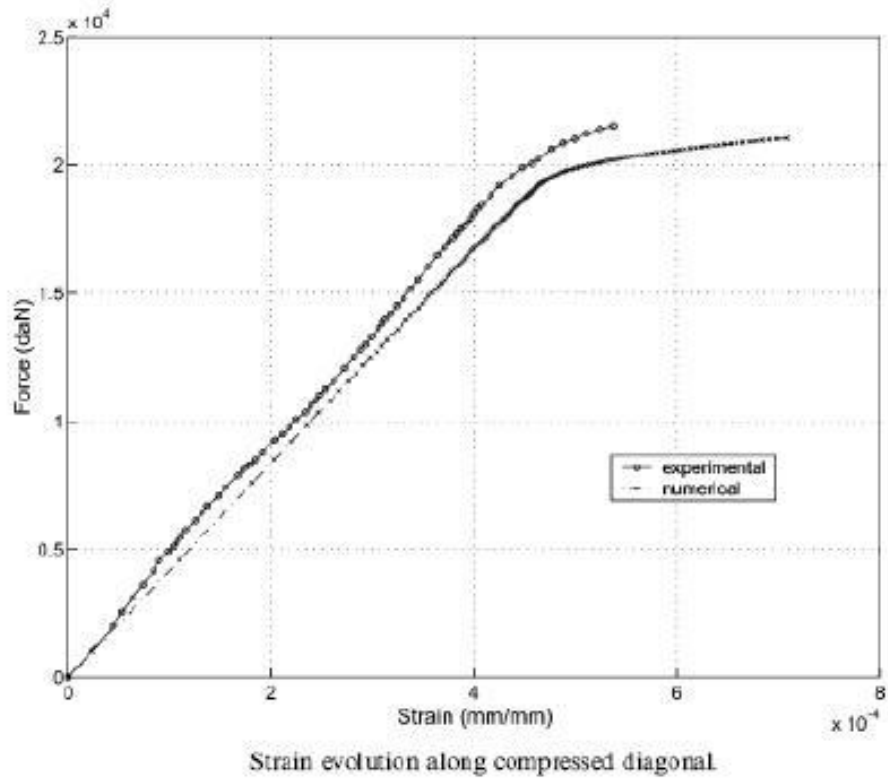
Homojenizasyon	Malzeme 1	Malzeme 2	Son Malzeme
E_p^x (Mpa)	1320.50	1403.60	1374.80
E_p^y (Mpa)	1285.80	1269.90	1275.20
E_p^z (Mpa)	1512.50	1428	1456.20
G_p^{xy} (Mpa)	555.14	569.20	564.45
G_p^{yz} (Mpa)	595.45	574.25	581.40
G_p^{xz}	604.72	607.31	606.70
V_p^{xy}	0.152	0.160	0.157
V_p^{yz}	0.143	0.144	0.144
V_p^{xz}	0.147	0.157	0.154



Şekil 2. 47 Mikro ve Makro yöntemlerdeki yanal deformasyon dağıtım karşılaştırma

Çizelge 2. 7 Üç boyutlu homojenize edilmiş yığma duvarı rijitliğindeki hata yüzdesi

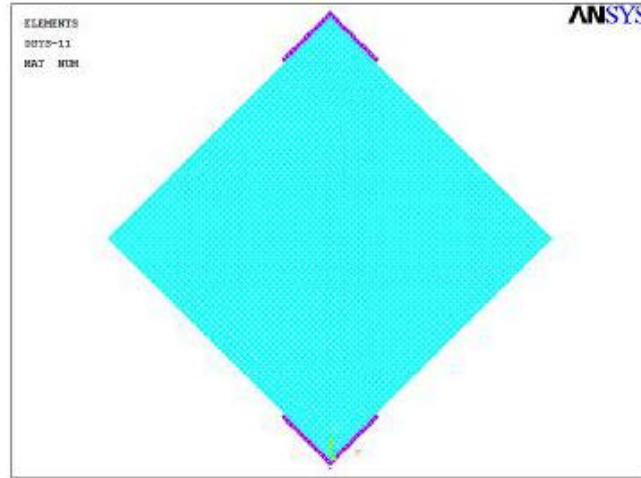
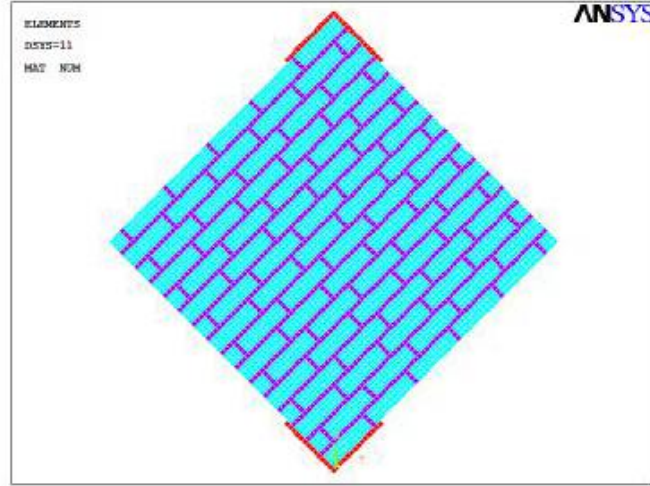
L/H Yaklaşık Değeri	Rijitlik Hata Yüzdesi	
	Model 1	Model 2
0.70	1.68	1.43
1	2.53	2.51



Şekil 2. 48 Mikro ve Makro Kuvvet-Gerilme grafiğın karşılaştırması

Çizelge 2. 8 Farklı harçların lineer olmayan özellikleri

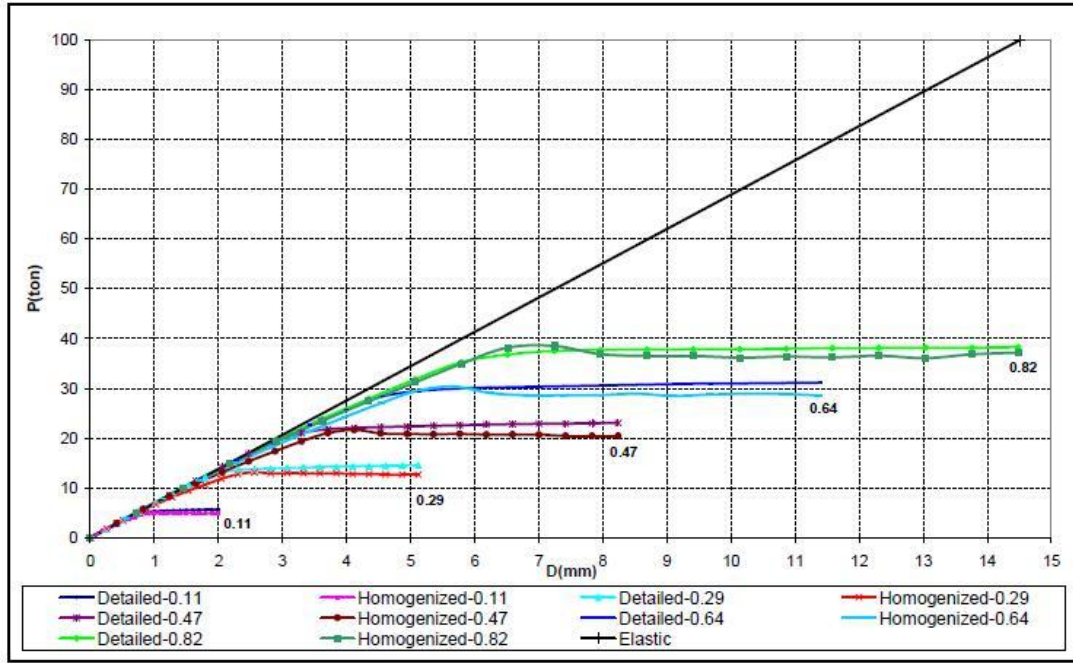
Harç Tipi	C_m (Mpa)	ϕ_m
Tip 1	0.25	27°
Tip 2	0.64	30.5°
Tip 3	1.03	33.7°
Tip 4	1.42	36.7°
Tip 5	1.81	39.4°



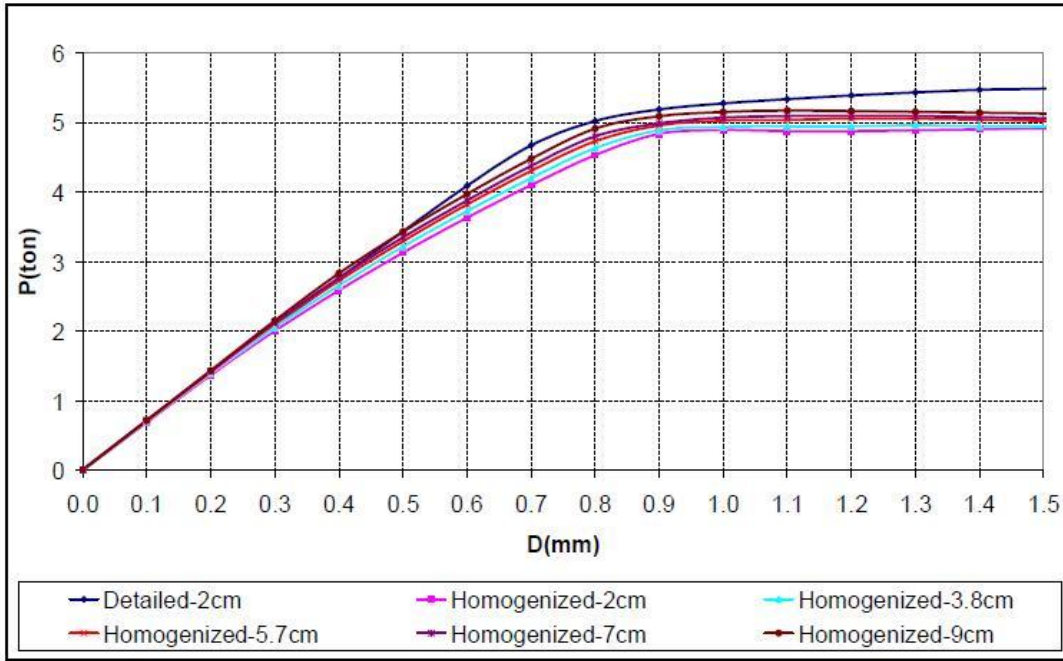
Şekil 2. 49 Mikro ve Makro Diyagonal Basınç deneyin karşılaştırması

Çizelge 2. 9 Mikro ve Makro rijitlik karşılaştırması (Üç boyutlu duvarlar)

Harç Tipi	Yüklemede Hata Yüzdesi
Tip 1	9.52
Tip 2	7.20
Tip 3	6.68
Tip 4	6.05
Tip 5	3.41



Şekil 2. 50 Mikro ve Makro Diyagonal Basınç Deformasyon Grafiğın Karşılaştırması (C_m / C_b için)



Şekil 2. 51 Mikro ve Makro Diyagonal Basınç Deformasyon Grafiğinin Karşılaştırması (Farklı Boyutlarda)

Çizelge 2. 10 Mikro ve Makro sistemdeki kritik yük (Harç özelliklerine göre)

Eleman Boyutu (cm)	Rijitlik Hata Yüzdesi	Rijitlik Hata Yüzdesi
2	0.34	9.52
3.8	1.31	8.18
5.7	2.33	6.18
7	2.98	5.4
9	4	4.17

2.3.3 Analiz

Yapının analizi için en uygun programlardan birisi SAP2000 programıdır. Model yapıldıktan sonra bazen iki eleman yanlışlıkla birbirine oturur ve iki eleman sayılır. Bundan dolayı kontrol ederken fazla elemanlar silinmesi lazım. Bazen de bağlantı noktalar birbirini kesmiyorlar bu nedenle tüm yapı modeli MERGE yapılması gerekmektedir ama MERGE yapılacak mesafe tanımlanması lazım. Bu mesafe yapının boyutlarına göre 1-5 Cm olarak uygundur.

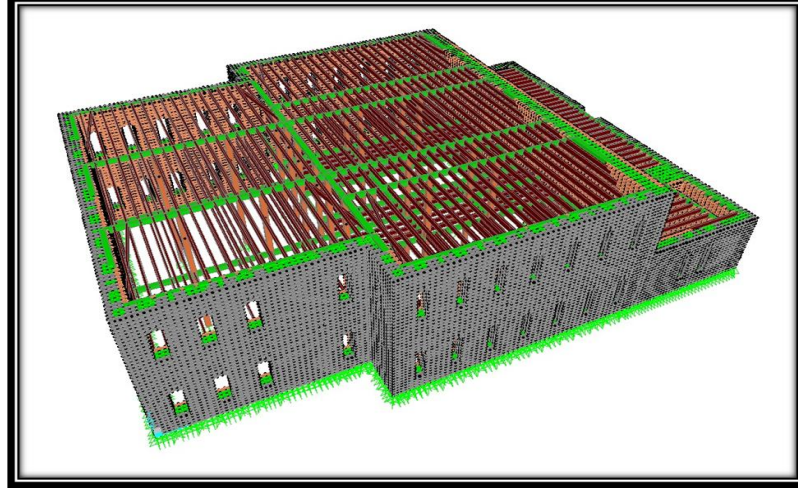
TS500 [EK-A] ve başka yönetmenliğine göre model hazırlayıp malzeme ve yapı özellikleri programa verdikten sonra RUN tuşuna basarak yapı analiz yapılacak ve sonuçlar değerlendirilecektir. Analiz zamanı ve hata yüzdesi eleman sayısına bağlıdır. Program Analizi kolayca yapacaktır ama biz burda konu daha anlaşılması için klasik analiz hakkında bilgi verilecektir.

2.3.3.1 Model Yapının Sonlu Elemanlar Analizi

Sonlu elemanlar yöntemi; kısmi diferansiyel denklemlerle ifade edilen problemleri çözmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, doğrusal ve doğrusal olmayan problemleri çözmek için kullanılmaktadır. Bu yöntemde cisim sonlu boyutta çok sayıda elemana ayrılmaktadır [9,10]. Sonlu eleman yaklaşımında problemin genel bir denkleminin yazımı ve denklemin çözümü yerine önce ortam sonlu elemanlara ayrılır ve her eleman için problemin bütünü göz önüne alınarak denklemler çıkartılır. Mevcut sınır şartları dikkate alınarak elemanlar birleştirilir ve ortamın tamamı için matris şeklinde denklemler elde edilir. Elde edilen denklem takımları veya takımı çözümlenerek bilinmeyenler hesaplanır [11].

Yapının davranış sisteminin serbestlik dereceleri bilinmeyenler olarak kabul edildikten sonra bir denklemler silsilesi ile ifade edilmesi mümkündür. Modeldeki doğruluk ve kesinlik, alınan elemanların davranışlarının kabulüne ve ağdaki eleman sayısına bağlıdır. Genel olarak, eleman sayısı arttıkça bilinmeyenlerin sayısında da bir artış olur ve neticede sonuçların doğruluk ve kesinliği de artar [11]. Yapının modellenmesi SAP 2000 programı ile yapılmıştır [12]. Yapının sonlu elemanlar modeli Şekil 52'de gösterilmiştir. Perde ve duvar elemanları katı olarak; döşemeleri, plak eleman olarak; duvar üstü hatılları ve perde hatılı, çerçeve eleman olarak modellenmiştir. Yapı, zemine doğrudan sonlu eleman tekniğine uygun bir şekilde mesnetleşmiştir. Zemin en alt noktasında sabit mesnetlerle, kenarlarında ise düşey yönde kayıcı mesnetlerle mesnetlenmiştir. Katlarda hareketli yük ve çatı yükü 200 kg/m² alınmıştır. Ayrıca çatı modellenmesi yapılmamıştır. Çalışmada alınan yükler şu şekildedir: Yapı öz ağırlığı: Sistemi oluşturan elemanların malzemelerinin birim hacim ağırlığından hareketle program tarafından doğrudan alınır. Çatı Yükü: İkinci kat duvarlarına etkitilen bu yükün

değeri 200 kg/m² dir. Hareketli Yük: Tüm döşeme sistemine gelen yükün değeri 200 kg/m² dir.



Şekil 2. 52 Yiğma yapı üç boyutlu sonlu eleman modeli

2.3.3.2 Elle Yapılan Normal Yiğma Yapının Analiz Adımları

1-Malzeme Özellikleri

2-Yiğma Duvar Gerilmelerinin Hesabi

-Düşey Gerilmelerin Hesabi

-Kayma Gerilmesinin Hesabi

3-Bina Ağırlığının Bulunması

-Döşmeden ve Hatıllardan Duvarlara Gelen Yüklerin Hesaplanması

(Döşeme Yükleri, Hatıl Yükleri, Duvar Özağırlıkları)

4-Duvarlarda Oluşan Basıç Gerilmelerinin Hesabi

5-Kayma Rijitlik Merkezi Hesabi

6-Depremden Dolayı Katlara Gelen Kuvvetler

-Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Belirlenmesi

-Burulma Momentlerinin Belirlenmesi

-Duvarlardaki Kayma Gerilmelerinin Belirlenmesi

2.3.3.3 Program ile Yapılan Analiz Adımları

- 1- Statik Ve Zati Yükle
- 2-Modal
- 3-Dinamik Spectrum
- 4-Time History (Deprem Kontrölü)

2.3.4 Kesit Tahkiki

2.3.4.1 Yığma duvarların tahkiki ve Güçlendirmeleri

Yığma duvarların yatay çekme miktarlarını önceki kısımlarda elde edilen değerlerini bu güçlendirme hesaplarında kullanılacaktır. Bu çekme miktarlarına muadil çekme eleman yerleştirilecektir.

2.3.4.2 Kolon ve Ana Kirişlerin kapasite Tahkiki

Yapıda kolon ve kirişlerin tasarımı de tablo halinde hesaplanacaktır. Her projede değerlere göre tahkiki göz önüne alınacaktır.

2.3.4.3 İzgara Kirişlerin Yük Tahkiki

Genelde döşemeler izgara şeklinde hazırlanmakta olup yönetmeliklere göre belirtilen şartları sağlayan en ekonomik kesit hesaplanıp tasarım yapılacaktır.

2.3.4.4 Genel

Önceki bölümden elde edilen eleman iç kuvvetleri burada tasarımı ve tahkiki ve güçlendirmeleri yapılacaktır.

Çubuk eleman (frame) olan ahşap kolon ve kirişlerin iç kuvvetlerinden meydana gelen gerilmeler kapasitesine göre tasarımı ve sonuçlar tablo halinde verilecektir. Bu değerler otomatik olarak bilgisayar hesaplamaktadır.

Bant kullanılacak ise dolgu eleman (Solid) olan yığma duvarların yatay çekmeleri hesaplanıp bu çekmelerin miktarları taşıyacak olan çekme bantların yerleştirilecektir.

2.3.5 Güçlendirme İle İlgili Bazı Hususlar

2.3.5.1 Proje Güçlendirme Teknikleri

Yapı her yönden irdelendikten sonra gerekli olan güçlendirmeler 3 ayrı ana bölümden oluşmaktadır.

- 1- Temel güçlendirilmesi.
- 2- Duvar güçlendirilmesi.
- 3- Bütün yapının diafram sisteminin oluşturulması.

Mevcut Tarihi yapıların güçlendirilme yöntemi genelde betonarme veya çelik binalar için etkilidir fakat yığma veya kargir yapılar için çok sakıncaları vardır. Bu konu ile ilgi 2 tane açıklama vardır. Birisi yığma yapıların güçlendirilme yöntemi ve diğeri ise genel betonarme veya çelik yapıların güçlendirilmesi. Burada özet olarak bazı detaylar vermekte fayda vardır:

2.3.5.2 Temel sistemi

Tarihi yapılarda temel sistemi çok mükkemel bir şekilde tasarlanmıştır ve çalışma sistem 20. Yüzyılda olan binalardan çok farklıdır. Temelin altındaki mevcut galeri sistemi zemini havalandırıyor ve rutubeti uzaklaştırmakta ve duvarların içine nüfuz etmesini engelenmiş olup yapıyı çok daha uzun yaşamasını sağlamaktadır. Bu sistem olmazsaydı bir tarihi yapı en fazla 100 yıl yaşayabilirdi. Ayrıca temellerin altında ve binaların yanlarında bulunan bostan su kuyuları (genelde yerlatı su seviyesine kadar inmekte) boşluklu su basınçları de kendinde toplayip uzaklaştırmaktadır. Bu şekilde temel altındaki zemin nefes almakta ve çamurlaşması engelenmiş olmaktadır.

Temel güçlendirmede ilk tevsiye edilen şey bu kuyuların ve galerilerin yerleri tespit edilip ve temizlenmesidir.

Tarihi yapılarda gevrek ve sünekliği fazla olduğu için deprem analizlerinde temele fazla yük binmemektedir. Başka bir deyişle temellerde moment için dizayn edilmemiştir sadece düşey yük aktarma vazifesini görürler. Temel güçlendirmede Bazı Yöntemler aşağıdaki gibidir.



Şekil 2. 53 Zeminin Havalandırılmasına Uygun Yöntem



Şekil 2. 54 Galeri

A-Boyut artırma:

Eğer temel dayanıklı olmazsa taş ile temel ebatlar yükseltmesi gerekmektedir. Bazen tarihi yapılarda temel taş temel olduğu zaman betonarme dökülmesi ile boyutları değiştiriyorlar ama bu yanlış bir güçlendirmedir çünkü betonarme ve taş arasındaki rijitlik farklı olduğu için uyumsuzluk oluşur. Ayrıca temel hava alamaz ve bazen nem

tüm temeli bozar. Temel boyutları ayırmak için kullanılacak malzeme temelin malzemesi gibi olması lazım. Bu uyumluluk çok önemli bir meseledir. Yoksa temel güçlendirilemez ve hasarlara yol açar.

B-Temel İzolasyonu:

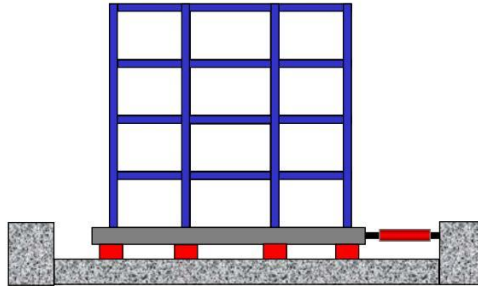
Taban izolasyon sistemlerinin çalışma prensibi; üst yapı ile temel arasında yanal rijitliği düşük elemanlar koyarak deprem nedeniyle oluşan deplasmanların temel ile üst-yapı arasında olmasını sağlamak ve yapıya ankastre mesnetli durumundaki periyodundan ve deprem hareketinden daha büyük bir periyot vermektir. Rijit bir sistemde periyot artışı etkiyen ivmelerin azalmasına neden olmaktadır [14,15].



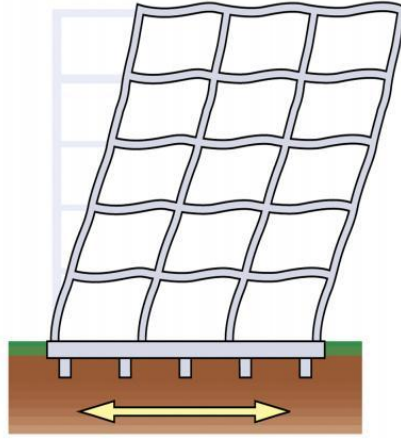
Şekil 2. 55 Elastomer mesnet (P.Gülkan-ODTÜ)



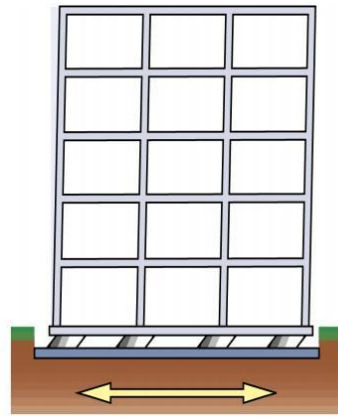
Şekil 2. 56 Kayar mesnet (P.Gülkan-ODTÜ)



Şekil 2. 57 Yanal rijitliği düşük elemanlar (P.Gülkan-ODTÜ)



Şekil 2. 58 Temel İzolasyonu bulunmayan Bina (P.Gülkan-ODTÜ)



Şekil 2. 59 Temel İzolasyonu Bulunan Bina (P.Gülkan-ODTÜ)

C-Temel Zemininin Güçlendirilmesi:

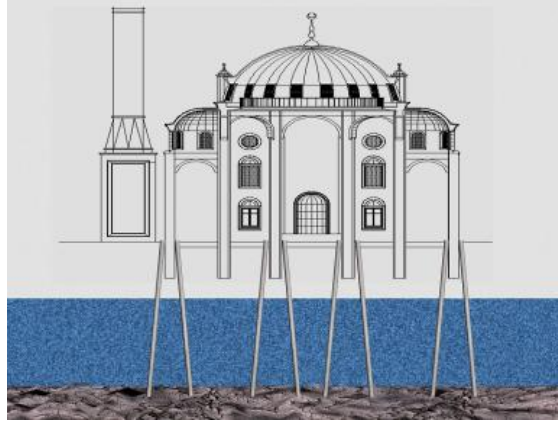
Zayıf dayanımlı zeminleri iyileştirme teknikleri kullanarak güçlendirebiliyoruz. Biz burada sismik yüklemelere dayanıklı zemin güçlendirmelerinden bahsedeceğiz. Konumuz tarihi yapılar olduğu için sismik zemin güçlendirmelerinden hangilerinin tarihi yapı temellerine uygun hangileri mahsurlu olduğunu sıralayacağız [4].

Depreme odaklı zemin iyileştirmelerinde amaç, zeminlerin dayanımını ve rijitliğini deprem esnasında muhafaza etmesidir. Sıvılaşma ile oluşacak zemin duraysızlıklarının oluşmamasıdır. Bunun için boşluk suyu basıncını artıran sebeplerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Mevcut zemin iyileştirme teknikleri içinde tarihi yapılar için en uygun olanı drenaj tekniğidir. Ayrıca zemin sıkılaştırma teknikleri, güçlendirme teknikleri,

enjeksiyon karıştırma teknikleri de vardır. Tarihi yapılar için uygun olmayan tekniklerin mahsurlarını açıklayalım.

Zemin sıkılaştırmaları; vibre veya titreşimler, patlamalarla yapılan çalışmalar gevrek yapı arz eden tarihi binalarımızda olumsuz etkiler yaratmaktadır. Tarihi yapıların zeminleri yıllarca süren irili ufaklı deprem titreşimleri ile gerekli oturmaları yaparak zeminlerinde sıkılaştırmaları yapmıştır. İlave zemin sıkılaştırmasına gerek yoktur.

Zemin güçlendirme teknikleri; Tarihi yapıların altlarında vurutulara sebep olacak oluşumlardan kaçınmak gerekmektedir. Zemin güçlendirilmesi maksadı ile yapı temellerine asla kazık çakılmamalı.



Şekil 2. 60 Temel Zemininin Güçlendirilmesi

D-Paslanmaz çelik çember bağları:

Çelik paslanmaz olması lazım yoksa kısa sürede özellikleri kayp eder.

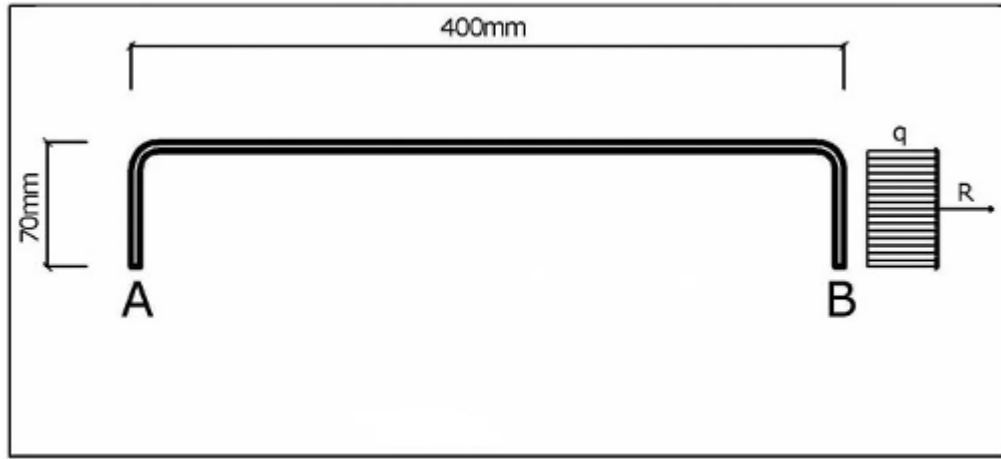


Şekil 2. 61 Paslanmaz çelik çember bağları

E-Kenet demiri:

6 ile 10 mm kalınlığında 60,70 mm eninde lama Demirlerinin muhtelif boylardaki parçaların uçları 10 ile 15 cm kıvrılarak oluşturulan elemanlara kenet denir. Kenet demirin kıvrılan uçları taşlara gömülür. Kenet demirinin gömüldüğü taş oyukları kurşunla doldurulur. Tarif ettiğimiz şekli ile yapılan kenet demiri çekme özellik arz etmez. Şekil 2. 62’te olduğu gibi.

Lama demirinin kıvrılan uçlarının çekmeye karşı mukavemeti çok azdır. Şekilde görüldüğü gibi.(B) noktasında oluşan eğilme momentini lamanın rijitliği ile karşılamak zorundadır. Lamanın rijitliği çok ardır. Uçlarda toplanan çekme kuvvetlerini (AB) çubuğuna aktaracak rijit elemen yoktur. (B) noktasına göre hesaplanacak moment dengelemesinden yatay çekme yüklerinin sıfır olduğunu görürüz.



Şekil 2. 62 Kenet demiri

$$R=q \times a/2$$

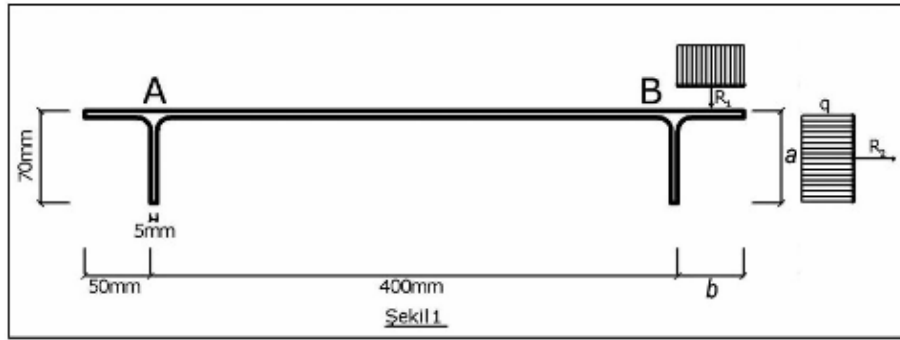
(B) Noktasına göre hesaplanacak momentlerin denge konumundaki sıfır durumu.

$$M=R \times a/2=0 \quad R=0$$

Hâlbuki kenet demirin taşlar arasında çekme lifi oluşturmak için konulmaktadır. Osmanlı standartlarında kenetler Demir dövülerek bükülür, bükülen üç kısma yatay uzatma verilerek çekme özellik kazandırılmak istenmektedir. Şekilde konu anlatılmaktadır.

Taş içlerine oyularak gömülen kenet üç kısmında çekme oluşturan yayılı yük (q) olsun. (B) noktasındaki uzantı kısmındaki direnç yayılı yükü (p) olsun. Hesaptan anlaşılacağı

gibi kenet çubuğu ucuna yapılacak (b) kadar uzatma çubuğa çekme özellik kazandırmaktadır.



Şekil 2. 63 Kenarlı kenet demiri

$$R1 = p \times b/2$$

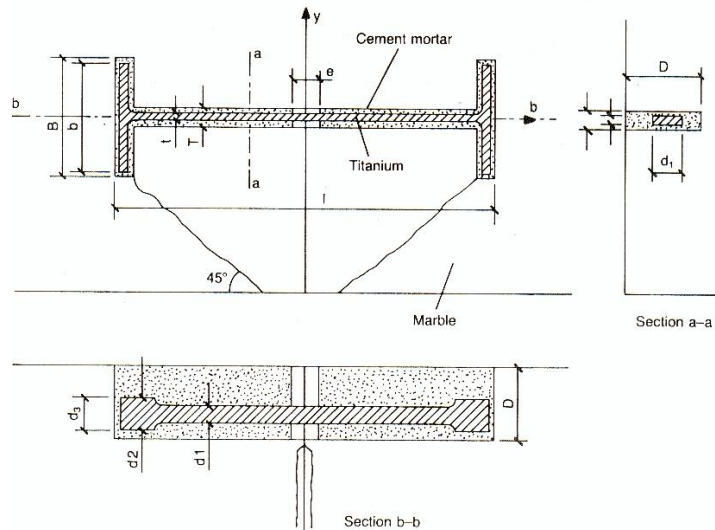
$$R2 = q \times a/2$$

(B) Noktasına göre hesaplanacak momentlerin denge konumundaki sıfır durumu.

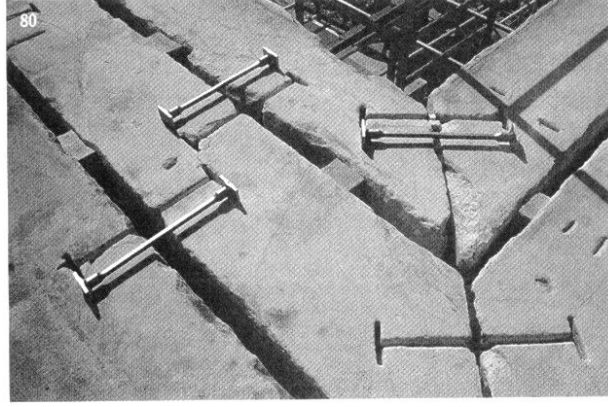
$$M = R2 \times a/2 - R1 \times b/2 = 0 \quad R2 = R1 \times b/a$$

(B) noktasında kenette oluşan çekme kuvveti, yatay denge denkleminde (R2) kadardır.

Mimar Sinan kenetlere çekme özellik kazandırırken günümüzde yapılan kenetlerin çekme özellikte olmadığını anlatılmaktadır. Kenetler çekme elemanlarıdır, yapısının da çekme özelliğinde olması esastır. Çekme özelliğinde yapılamıyorsa çekme elemanı olarak kullanılmamalıdır [4].



Şekil 2. 64 kenet demiri



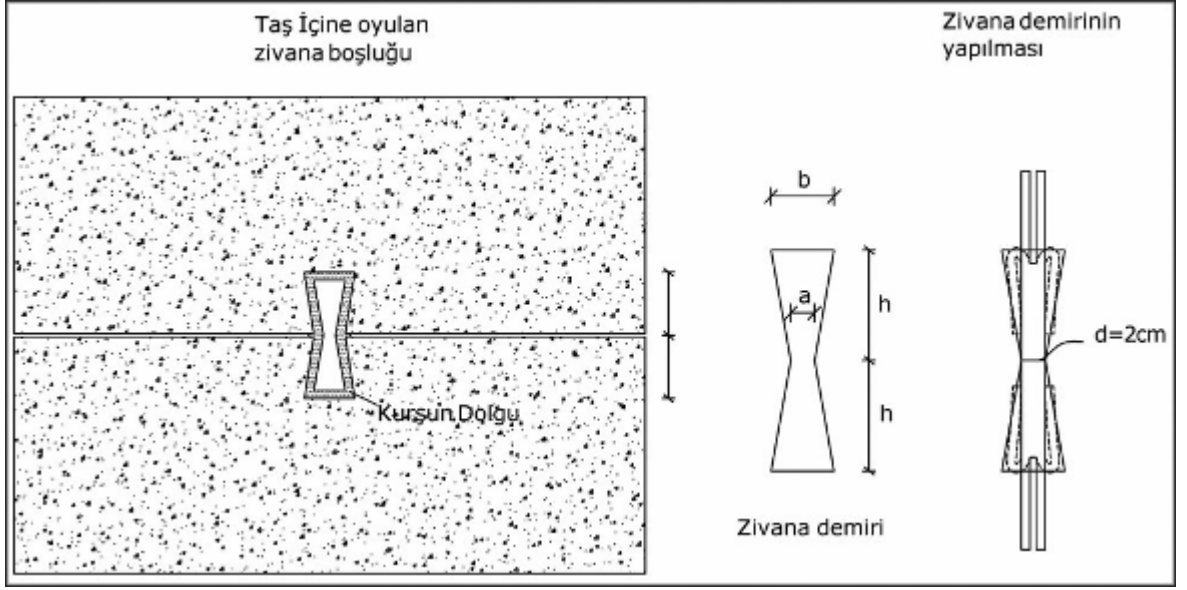
Şekil 2. 65 kenet demiri

120Zıvana Demiri:

Duvarlarda üst üste gelen taşları biri birine bağlamak için 2cm x 2cm kesitinde yapılan pimlere zıvana demiri denir. Zıvana demirleri şekildeki standartlarda olması gerekir. Zıvana demirleri alt üst taşlar arasında çekme elemanı görevini yapmaktadır. Sıyrılmadan yerinde kalabilmelidir. Şekildeki boyutların uyumu önemlidir.

Şekildeki gibi taş oyulmalıdır. Oyuk ağzı zıvananın (b) ebadı kadar olmasına dikkat edilmelidir.

Taşlardaki oyuklar zıvana demiri konulduktan sonra kurşunla doldurulmaktadır. Zıvana dikdörtgen demirin her iki ucu yarılarak oluşan parçaların şekildeki forma dövülerek getirilmesi esastır. Günümüzde olduğu gibi düz yuvarlak demirlerin kesilerek zıvana demiri olarak kullanılması yanlıştır. Günümüzdeki zıvana demirlerinin hiçbir çekme özelliği yoktur. Zıvana demiri özelliğinde olmalıdır.



Şekil 2. 66 Zivana Demiri

2.3.5.3 Duvar güçlendirilmesi

Tarihi yapılarda belli bir yükseklikten sonra malzeme çekme dayanımı kayp eder ve bundan dolayı duvarlarında yatay çekme hatıllı mevcuttur ve genelde ahşaptır ve ya çeliktir. Yığma duvarlar düşey doğrultusunda çok iyi taşıma gücüne sahiptir fakat yatay yük altında ve çekmede zayıftırlar. Duvarın bünyesinde yatay çekme azaldığı veya kayp ettiği zaman düşey çatlaklar meydana gelmekte ve zaman boyunca artmaktadır. Bunun de en büyük sebebi de ahşap hatılların fonksyonlarını yitirmesinden meydana gelmektedir. Duvar içinde olan ahşapın ömrü 200-300 senedir fakat eğer duvarlarda rutubet varsa bunun çok daha altında olur. Yukarda bahsettiğim temel galeri sistemi çalışmadığından dolayı bu duvarların çekme hatılları çürümekte ve çatlaklar meydana gelmektedir. Başka bir sebep de atmosferik şartlarında etkilenmiş olup duvarı zayıflatmaktadır.



Şekil 2. 67 Eski Binalardaki koyulmuş ahşap hatıl Şekil 2. 68 Eski Binalardaki bozulan ahşap hatıl (sadece deliği kalan hatıl)



Şekil 2. 69 Eski binalardaki koyulmuş ahşap hatıl

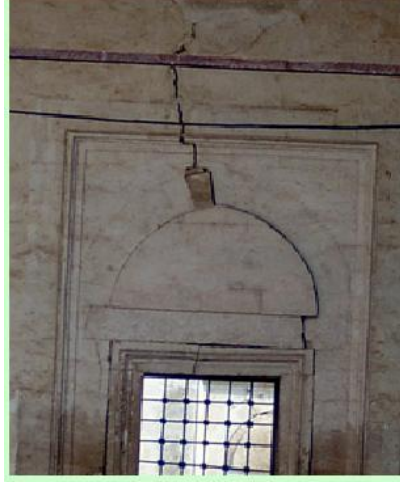
Şekil 2. 70 Eski binalardaki koyulmuş kısa ahşap hatıl



Şekil 2. 71 Hatıl ile güçlendirme

Şekil 2. 72 Bant ile güçlendirme

Eğer çekme elemanı özelliklerini kayp ederse duvar çatlamaya başlar. Nem yüzünden bozulan hatıl ve ya bina inşaa ederken kullanılmayan hatıl yöntemden dolayı bu çatlaklar oluşur.



Şekil 2. 73 Eski binalardaki koyulmuş ahşap hatıl

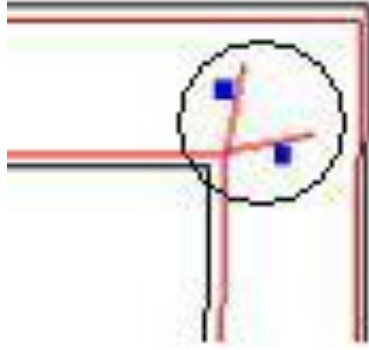


Şekil 2. 74 Eski binalardaki koyulmuş ahşap hatıl

A-Bant:

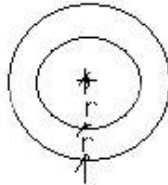
Tarihi yapıların duvarlarındaki çekme hatıllarının değiştirilmesi mümkün olmadığından yeni bir yöntem geliştirilmiş ve ekte verilmiştir. Burada bina hem normal ve hem deprem yüklemelerde analiz edilir ve çekme olan yerlerde yüksek mukavemetli bantlar derzlerin içine yerleştirdikten sonra aynı harç tipi ile kapatılır. Bu bantlar duvarın

çekme miktarlarını denkleme kadar yeterli miktarda derzlerde yerleştirilir ve uzunluk olarak bütün bir duvarı içermektedir (Şekil 2. 81, Şekil 2. 82, Şekil 2. 83 ve Şekil 2. 84). Aslında bantlar çekme elemanı olduğu için çekme fazla olan bölgede kullanılır ve bant miktarı deneylerde sonra ve analizden sonra elde edilir. Bantlar oldukça duvarın dış cephesinde olmaması lazım çünkü hava ve iklim yüzünden bozabilir ve malzemenin içinde olması lazım. Bu nedenle kaymadan dolayı oluşan olayı da göz önüne alarak yerleştirmeler yapılır. Ayrıca bantlar depremde duvarı jilet gibi kesmemek için gerilme analizi de yapılmalıdır ve hesaplamalar ve gerilme analizlere göre bantların sayısı üst sınır seçerek ve malzemede dağıtarak bantlar homojenleştirilmiş gibi olur ve uyumsuzluk sağlanmayacak. Bantlar için de bir kaplama alması lazım ve bu kaplama onları sağlam şekilde koruyacaktır. Genelde bu bantların yarı çapı miktarına kadar alınır. Örnek olarak küçük bir hesaplama göstermektedir:



Şekil 2. 75 İç ucuların bağlama metodu

Şekil 2. 76'deki gibieğer yarı çapı 0.50 Cm ise çevresi $2\pi r = 2 \times 0.50 \times 3.14 = 3.14 \text{ cm}$ olacak.



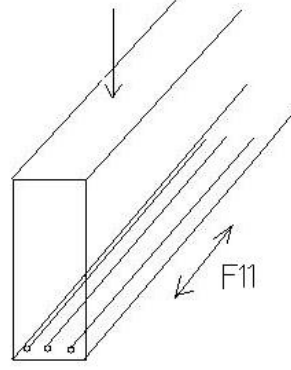
Şekil 2. 76 Bandın kaplama yüzeyi

Şekil 2. 77 gibi eğer $F_{11}=4$ Ton (40 KN) olursa ve duvar mesela 10 KN çekme kapasitesi varsa kalan fazla miktar 30 KN'dur ve 30 KN için:

7.5 KN 1 Bant

30 KN X Bant

$$X = 30/7.50 \Rightarrow \text{Bant sayısı} = 4 \text{ Adet}$$



Şekil 2. 77 Çekme elemanı hesabı

Sıyırılma olayı bantların malzemedan çıkmasına neden olur ve sıyırılmaya karşı olmak üzere bantların az 2 metre uzunluğunda olması gerekmektedir.

Kaymaya karşı olmak üzere bir metre uzunluğunda bant için yüzey alanı:

$$100cm \times 3.14cm = 314cm^2$$

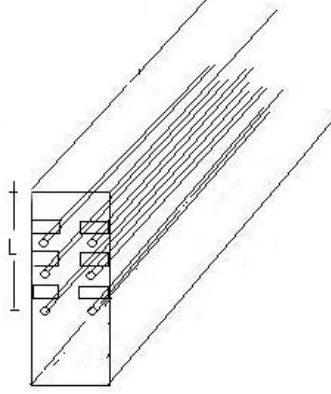
Deprem yönetmeliğine göre kayma tablosunda alınan taşıma kapasite sınırı 1.5-6.5

KN/cm^2 alınabilir. Bundan dolayı biz $2 KN/cm^2$ olarak:

$$2 Kg/cm^2 \times 314cm^2 = 650Kg$$

650 Kg taşıma gücü var ve $F_{11}=3$ Ton veya 3000 Kg oluşu için $3000/650 = 4$ adet bant gerekmektedir. Burada kayma testi yapılmadı ve sadece en az mutemel değer kullanıldı ama kayma testi yapmadan 4 tane bant hesaplandı ve 2 tane ekstra bant eklemeye gerek yoktur.

Bant sayısı yükseklikteki kullanılacak miktardır.



Şekil 2. 78 L: Çekmesi fazla olan ve bant kullanılması gereken bölge

Bant ile ilgili 3 önemli konu:

- 1) Çekme hesabı ve bant sayısını hesaplamak
- 2) Kayma hesabı ve ek bant sayısını tahkik etmek
- 3) Sıyırılma olayı incelemek

Bir örnek olarak aşağıdaki gibi irdeliyelim:

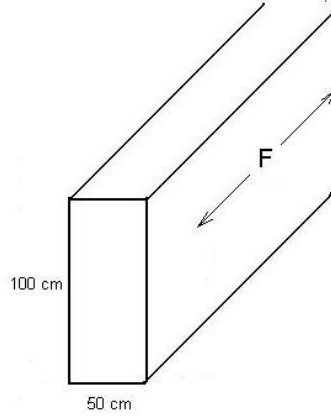
- a.No'lu Duvar: etkiyen çekme kuvveti $F=4$ Ton
- b.No'lu Duvar: etkiyen çekme kuvveti $F=7$ Ton
- c.No'lu Duvarda pencere var
- d.No'lu Duvarda mimari güzelliği var.

120ve 2. Duvarın kesit alanı $10\text{cm} \times 50\text{cm}$

Duvarların çekme mukavemeti $1-2 \text{ kg/cm}^2$

Harcin kayma mukavemeti $1.5-6.5 \text{ kg/cm}^2$

Bandın mukavemeti 1 Ton



Şekil 2. 79 Duvara etkiyen F çekme kuvveti

1)Çekme mukavemetin hesabı:

Kesitin çekme mukavemeti= $(100 \times 50) \times 1.0 = 5000 \text{ kg} = 5 \text{ Ton}$

1. No'lu Duvar ise $F=4 \text{ Ton}$ olduğu için duvar etkiyen F' 'yi taşıyor ve bant koymaya gerek yok ama riski göz önüne alarak 2 tane bant koymamıza yarar vardır.

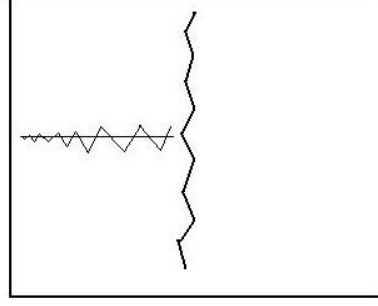
2. No'lu Duvar ise $F=7 \text{ Ton}$ olduğu için duvar etkiyen F' 'yi taşımaz bundan dolayı kalan 2 Ton için bant koymamız gerekmektedir. Her bant 1 ton taşıyor ve bu nedenle 3 tane bant koyunacaktır.

2)Kayma hesabı:

Bandın uzunluğu 100 cm ve çapı 1cm ise:

Harç için $(3.14 \times 100) \times 2 = 628 \text{ kg}$ (650 kg) hesaplanmaktadır.Sıyrılma olayı olmasın diye en az 2 metre bant uzunluğu gerekmektedir. Bu şekilde 2 metre bant için 1300 kg veya 1.3 ton kayma mukavemeti olacaktır ama bandın çekme dayanımı 1 ton olduğu için sıyrılma olmayacaktır. Burdaki duvar extra 2tonu taşıması için en 2 adet bant olması lazım.

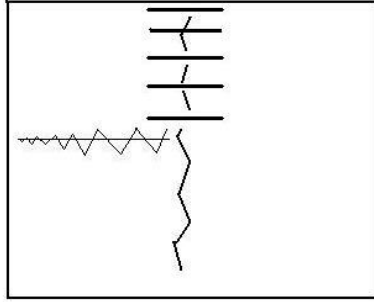
Duvarın kenarlarından başlamak üzere orta kısımlara doğru gidince çekmenin etkisi yükselmektedir.Aslında çekme miktarı aynıdır ama etkisi yükselmekte olup orta kısımlarda çatlak oluşmaya başlar.Biz bir ipi çekersek orta kısımlardan kopmaya başlar.Bu çatlaklara karşı bazen kısa bantlar ile çatlakları dikiyorlar fakat bu yanlış bir yöntemdir ve sıyrılma meydana gelmektedir.



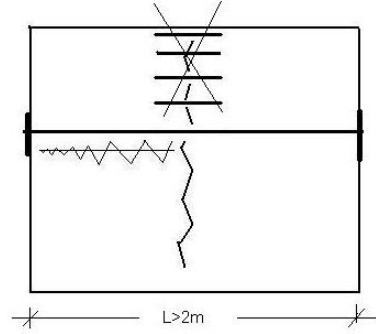
Şekil 2. 80 Ortadaki oluşan çatlak ve Çekme etkisi

3) Sıyırılma olayı:

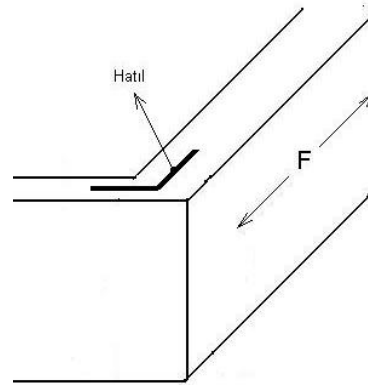
Sıyırılma deneylere göre eğer bantlar kısa uzunluğunda kullanılırsa sıyırılma olayı oluşmaktadır ve bu nedenle bandın uzunluğunun en az 2 metre olması gerekir.



Şekil 2. 81 Bandın yanlış kullanımı



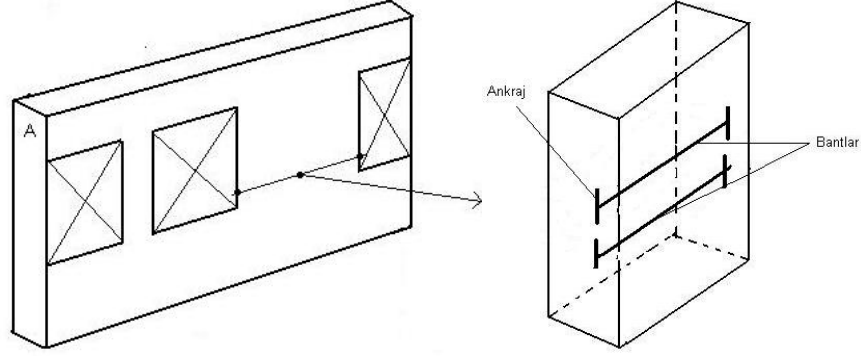
Şekil 2. 82 Bandın doğru kullanımı



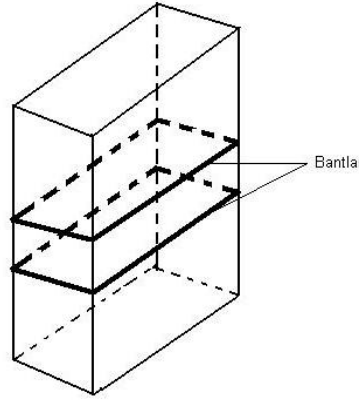
Şekil 2. 83 İki duvar arasındaki kullanılan hatıl

Bazı yerlerde uzun bant kullanılması zordur hatta mümkün değildir. Örnek olarak aşağıdaki şekil deki gibi pencerelerin arasında. O zaman mecburen bantların uçlarında ankraj yapmamız gerekir. Ayrıca binanın mimari güzelliğine zarar vermek

istememezsek ankraj yapamayız ve bantları duvarın içinde dörtgen şeklinde yerleştirip 2 ucu bir araya gelince duvarın içinde Şekil 2. 85 gibi mini ankraj yapılacaktır.



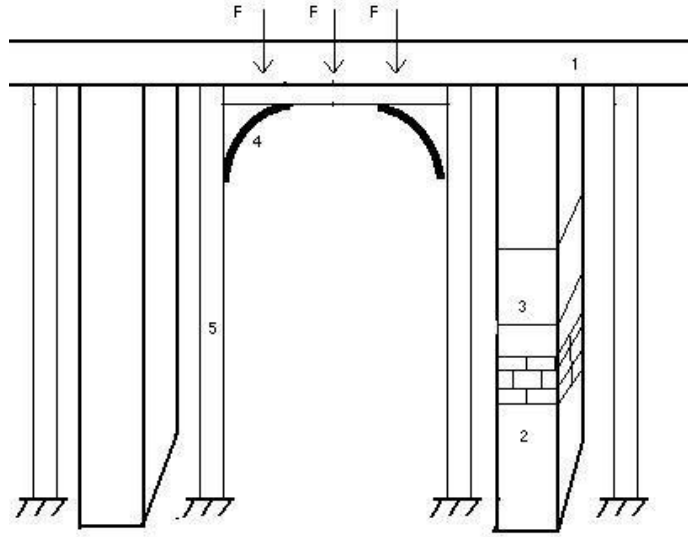
Şekil 2. 84 Pencere için Ankrajlı kısa bant (Mimari güzelliği söz konusu olmayınca)



Şekil 2. 85 Pencere için Ankrajsız kısa bant (Mimari güzelliği söz konusu olunca)

120Çelik profil ile güçlendirme:

Bölüm 5'teki örneğinde kullanılan yöntem, ince duvarı I çelik profilo ile güçlendirmekdir. Analizlere göre duvar kurtarmayınca I profil eklememiz lazım ama bu profil çok fazla sert ve çok fazla yumuşak da olmaması lazım. Fazla sert olursa binayı bozar ve fazla yumuşak olursa dayanamıyacaktır bu nedenle orta olan I St37 profil kullanılmaktadır. Kirişlerin ağırlıktan dolayı profiloların üstünde de çelik kullanılması lazım ve depremde F yüklere karşı payanda eklenecektir (Şekil 2.86). Daha detaylı bilgi bölüm 5'te mevcuttur.



Şekil 2. 86 I çelik profil ile güçlendirme yöntemi (Kolon ve profilin arasındaki mesafe çok azdır. Burda anlaşılması için mesafe verildi)

Şekil 2. 86 açıklamaları:

1: Kirişler

2: Yiğma duvar

3: Yanlış güçlendirme yöntemi (duvar üzerinde kullanılan malzeme)

4: Eklenen payandalar

5: Eklenen I profil

F: Kirişten gelen yük



Şekil 2. 87 I çelik profil ile güçlendirme yöntemi (Bölüm 5'teki projesi)

Şekil 2. 96, 97, 98 ve 99'e bakınız.

120Bazi yanlış yöntemler:

12045 Derecelik çapraz çatlak oluşan duvarlarda bazen çapraz şekilde çelik kullanılıyor ama bu çelik binanın rijitliğini artırır ve depremde binaya hasar verir. Bu nedenle payanda kullanılabilir (Bölüm 5'teki binası gibi)

2-Bazi projelerde binanın dışında kalın tel halatlar ve ya çelik kullanılıyor ama soğuk ve sıcak havada bu halatlarda kısaltma ve uzama oluşacak ve binaya hasar verir ayrıca hava değişikliği halatlara da zarar vermektedir. Çelik de sıcak havada 2 kat daha ısınır ve soğuk hava daha da soğuyacak. Bu nedenle hava değişikliğinde özellikle sıcak havada bazen dokunulmaz ve bu sıcaklık hasar verir.

3-Karbon fibreler de yanlış kullanılırsa maliyesi yükselir. Çünkü pahalı bir malzemedir. Bu malzeme kullanılmadan en uygun yöntem kullanılması lazım.

4-Bazen de güçlendirmede betonarme eklenen malzeme olarak kullanılmaktadır ama yağma yapılar betonarme arasındaki rijitlik farklı olduğu için uyumsuzluk sağlanacaktır ve binaya daha zarar verir.

5-Bazi projeler uygun bir yöntem ile güçlendiriliyor ama binanın mimarisine zarar vererek güçlendirme yapılır. Güçlendirme yapılırken tarihi dokunun ve yapıya has mimari özelliklerin korunması zorunludur.

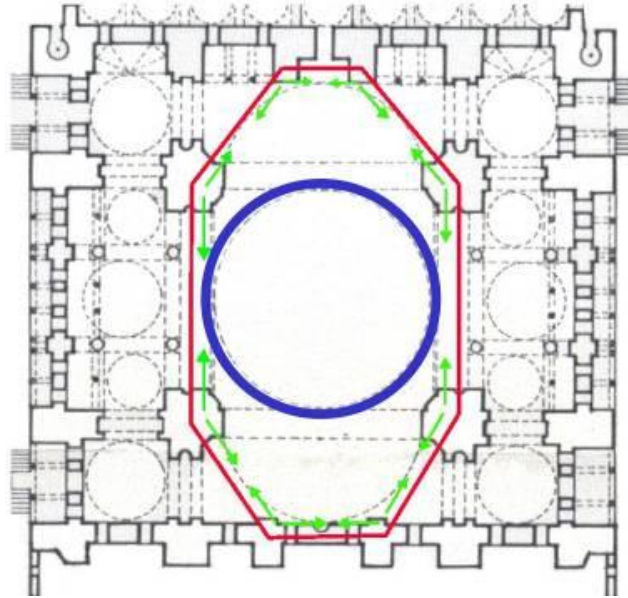
120Eğer güçlendirmelerde sadece tüm derzlerde bant yerleştiriliyorsa yanlış bir yöntemdir. Tüm duvarlar bant eklenecektir. Eğer duvarda pencere olmazsa duvarın ortasında 40cm yukarı 40 Cm aşağıda bant eklenecektir ve bir pencere olursa 36 Cm pencerenin üstüne de eklenecektir ama 2 pencere olursa, 2 pencerenin arasında da iki bant eklenecektir ve çapraz olaya karşı olacaktır. Bu örnekler 3m yüksekliği olan duvar içindir.

120Maalesef bazen güçlendirmelerde sadece depremin ilk saniyeleri göz önüne alınır ama depremin gidiş-dönüş vuruşlar da göz önüne alınmalıdır. Yoksa bina biraz daha dayanacaktır ama bu sadece kısa süredir ve sonra hasar görür.

2.3.5.4 Sistem diyafram oluşturulması ve döşeme güçlendirilmesi

Döşemelerde süpürgelik seviyesinde çelik lamalar birbirine bağlanmış şekilde çekme diafram oluşturulmuştur. (Detay için güçlendirme paftalara bakınız). Yiğma yapılarda rijit diafram sistemi uygun bir yöntem değildir. Yapı esnek olduğu için deprem sırasında duvarlar hafifçe birbirine yaklaşabilir fakat birbirinden ayrılmamaları gerekir. Bunun için bu çekme lamaları konulacaktır. Aynı zamanda duvarlardaki çekme bantları da mevcut olduğu için entegre çalışmaktadırlar. Bu sistem de bilgisayar analizinden çıkan sonuçlardan belirlenir.

Yapılan güçlendirme yöntemi hem osmanlı döneminde ve hem de çok daha önceleri yani hitiler zamanında yapılan sistem ile aynıdır ve bina ile bütünlük sağlanmış olur. Yeni mevcut tarihi yapılan güçlendirmelerde sorunları aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.88 Diyafram

2.3.5.5 Kapiler sular

Yeraltı su tabakası üstündeki zemin, kapiler çekim kuvvetleri ile tırmanan suların tesirinde kalmaktadır. Zemin cinsine göre değişen yüksekliklerde toprak tamamen veya kısmen suya doymun hale gelebilmektedir. Yapıların temelleri ağaç köklerine dönüşmekte, beden duvarları kolonlar perdeler, bitki gövdesine benzemektedir. Yeraltı suyundan beslenen kapiler hortumlar hava ve su hareketleri için ideal bir yoldur [4].

Yeraltı su hareketleri düşey ve yatay yönde olmaktadır. Yüzeylerindeki basınç atmosfer basıncı kadardır. Yüzeyden derinliklere inilirse su basıncı artmaktadır, yüzeye doğru kapiler sularda basınç azalmaktadır. Boşluk suyu basıncının azalması efektif gerilmeleri artırmakta zeminin kayma gerilmesini yükseltmektedir.

2.3.5.6 Kemerlerin Onarılması

Düşey yükleri belli noktalara yönlendiren, taşıyan yapı elemanlarıdır. Kemerlerdeki hasarlar genellikle kemeri oluşturan taşların ya da tuğlaların zamanın yıpratıcı etkisi dolayısı ile çürümesi, kemer mesnetlerinin herhangi bir nedenle birbirinden uzaklaşacak şekilde deforme olması ya da kemer gergisinin çürüme ya da başka bir nedenle işlevini kaybetmesi nedeni ile oluşur.

Taş değiştirmenin gerekli olduğu durumlarda kemer aşağıdan formuna tam olarak yapışan bir askı sistemi ile askıya alınmalıdır. Hatta bu askı sistemi yardımı ile kemere yukarı doğru çok az da olsa deformasyon yaptırılmalı, gerekli taşlar değiştirilmeli, derzler orijinal harç enjeksiyonu ile doldurulmalıdır. Varsa gergiler yenilenmeli, kısmen ön gerilme verilerek mesnetler birbirine yaklaşacak şekilde zorlanmalı ve bundan sonra askı tertibatı aşağıya doğru yavaş yavaş indirilerek kemerin kontrollü olarak yüklenmesi sağlanmalıdır [4].

Küçük açıklıklı kemerlerde deprem dolayısıyla oluşan çekme gerilmeleri düşey yüklerden oluşan basınç gerilmelerinden genelde daha fazla olduğu için deprem esnasında hasar olmaktadır. Bu tür kemerlerin çatlaklarından olabildiğince yüksek kama kuvveti vererek kemerdeki basınç gerilmelerini kısmen de olsa artırmalı ayrıca mümkün olan durumlarda kemer karbon elyafı ya da paslanmaz metal çekme elemanları ile takviye edilmelidir.

2.3.5.7 Tonozların Güçlendirilmesi

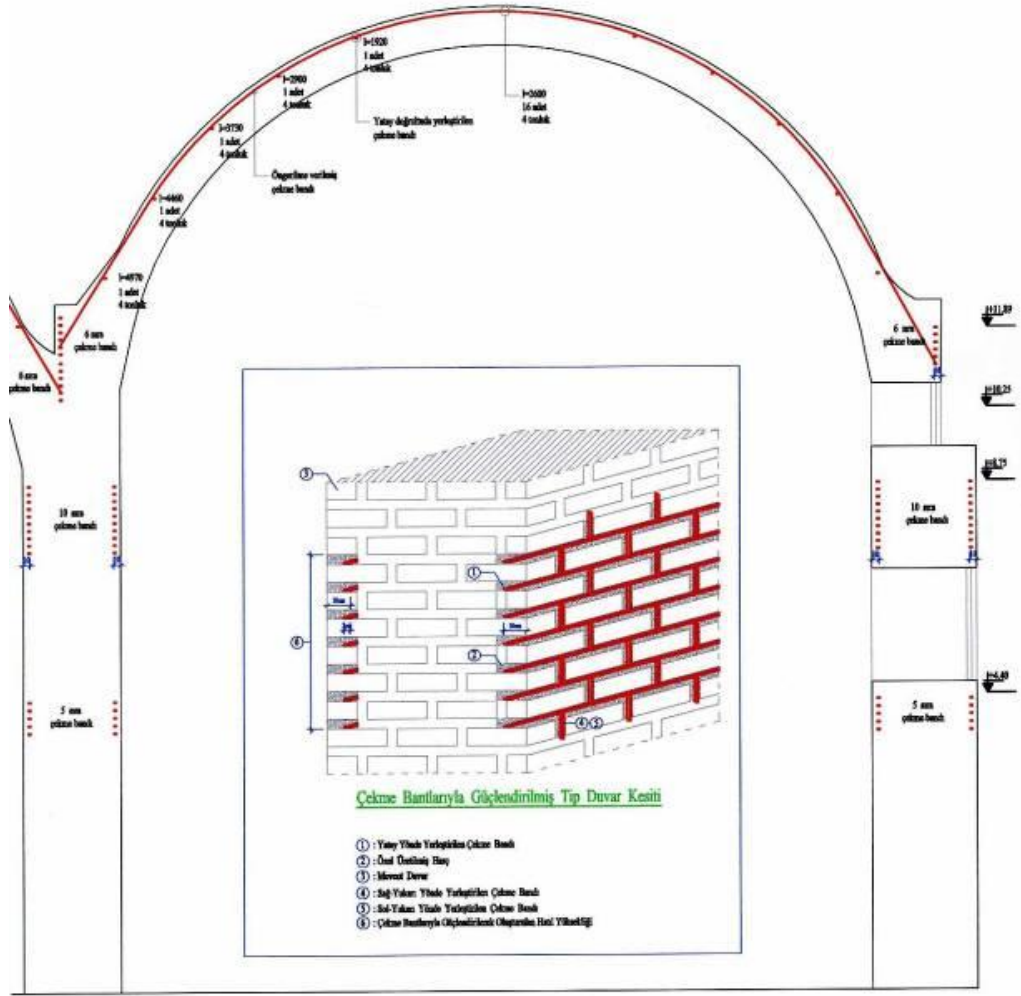
Kare tabana oturan kubbenin, kare tabanın köşelerinde açıkta kalan kubbe çemberinin doldurulması maksadı ile köşelere atılan çapraz vari baş kemerlerin çeyrek kubbelerle kare taban köşelerine birleştirilmesinden meydana gelen geçiş elemanıdır [4].

Tonozların tamir ve takviye ilkeleri genel olarak kemerlerinkiyle aynıdır. Ancak tonozla mesnet olan duvarlardaki yatay hareketler çoğu zaman geri döndürülemeyebilir. Bu durumda tonozun üzengi kesitinin açılıp kamalanması ya da dışarıdan geçici ek gergiler konulup sıkıştırılarak tonozun orijinal formuna getirilmesi ve bu ameliye esnasında duvarların dışında oluşan çatlakların kamalanıp tamir harcı ile doldurulmalıdır.

2.3.5.8 Kubbelerin Onarılması

Kubbeler tarihte büyük mekânları örten yapılar olarak inşa edilmişlerdir. Tüm yapı taşıyıcı sistemi kubbenin mesnetlenmesi ve desteklenmesi doğrultusunda biçimlenir.

Kubbelerin takviyesine kubbenin bazasını oluşturan çemberin tamir ve takviyesi ile başlanmalıdır. Eğer çember çok hasarlı ise kubbe mutlaka askıya alınmalıdır. Çemberin çürümüş elemanlarının onarımının akabinde mümkünse çemberin dışından açılan derz içine karbon elyafı ön germe teli kısmen öngörme verilerek yerleştirilip kilitlemeli ve bundan sonra derz dışarıdan orijinal derz dolgu harcı ile doldurularak onarılmalıdır. Bunun akabinde kubbe dıştan teğetsel ve radyal doğrultularda yeteri ve güvenli derinlikte açılan kanallar içinden geçirilerek kısmen gerilen karbon elyafı ön gerilme telleriyle sargılanmalı, bozuk taşlar onarılmalı, çatlaklar kamalanmalıdır.



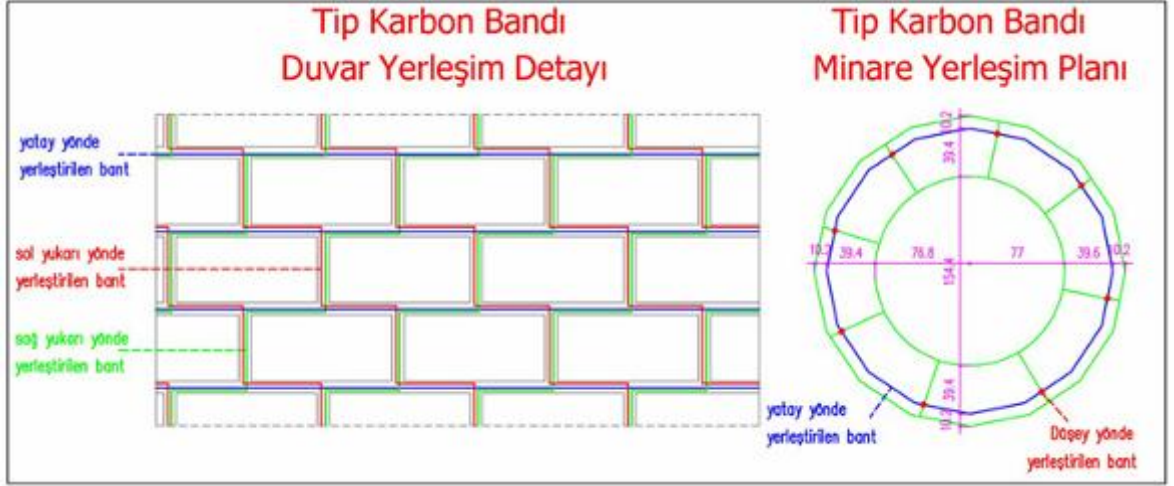
Şekil 2. 89 Güçlendirme patenti uygulaması ile yapılan kubbe takviyesi

2.3.5.9 Minarelerin Güçlendirilmesi

Konumuz yapısı yığma olan taş veya tuğladan yapılan minarelerdir. Minareler taş veya tuğlanın harç ile örülmesinden oluşmuş yığma yapılardır. Sinan minarelerinde derzler arasında harç kullanmadığı olmuştur. Yığma yapılarda deprem yük tesirlerinde yapılarda üstten başlayan dağılmalar oluşur. Minarelerde deprem yük tesirlerinde yıkılma oluşmaz, dökülmelerle yapı dağılmaktadır. Yığma yapıları depremlerde dağılmadan, dökülmeden koruyabilmenin gayreti içinde olmalıyız. Depremlerde yığma yapıların yıkılması dökülme ile gerçekleşmektedir. Depremlerde betonarme minareler yıkılır, yığma minareler dökülür.

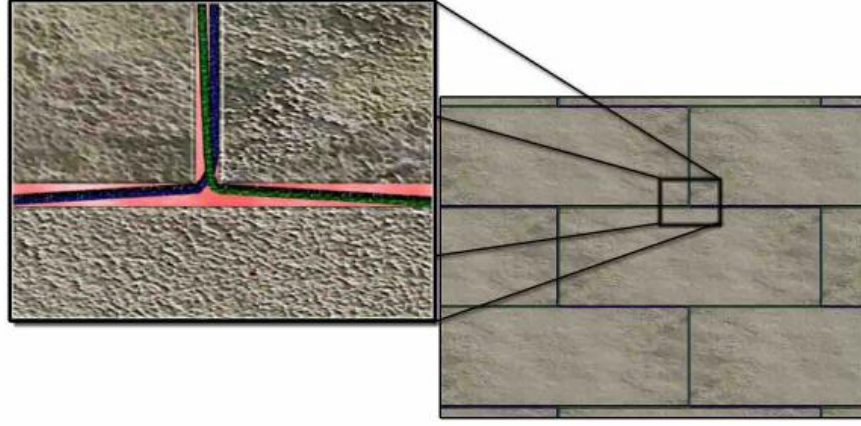
Minareler deprem esnasında oluşan çok yüksek devrilme momentleri nedeniyle en fazla hasar gören tarihi eser elemanlarıdır. İçindeki helisel merdiveni iyi yapıp

kenetlenmiş olan minareler depreme karşı büyük direnç göstermektedir. Fakat her durumda hemen hemen tüm minarelerin depreme karşı güçlendirilmesi zorunludur.



Şekil 2. 90 Tip karbon yerleşim detayı [4].

Minareleri yatay yükler altında eğilme momentini taşıyacak şekilde tasarlamak doğru değildir. Minarelerin taşıyıcı strüktürünü eğilmeye karşı esneyebilen kaymaya karşı sünek taşıyıcı sistem olarak oluşturulmalıdır. Mimar Sinan minare strüktürünü tasarlarken her katmandaki taş derzlerini harçsız yapmış düşeyde kurşun içine yerleştirilen güçlü zıvanalar koymayı da ihmal etmemiş. Taşlar arasındaki zıvanalar kurşun doldurulmuş oyuklara yerleştirilmektedir. Kurşun içine yerleştirmekle zıvana demirine yatay ve düşey esneme özelliği verilmektedir. Deprem mühendisliğinde zıvananın bu detayını deprem enerjisinin sönmülmesi olarak adlandırıyoruz. Taş derzlerini harçsız yapmakla, yatayda esneyebilen düşeyde moment almayacak yığma yapı strüktürü oluşturulmaktadır. Minarelerde düşeyde yükler helisel dağılım teşkil etmektedir.



Şekil 2. 91 Derz bölgeleri [4].

Minarelerin güçlendirilmesi maksadı ile yapılacak çalışmaların deprem dolayısıyla oluşacak yatay eğilmeleri esnek şekilde karşılamaktır. Düşey doğrultuda esnek çekme elemanları teşkili mümkündür. Şekil 2. 90 ve Şekil 2. 91 resimlerde görüldüğü gibi. Derz bölgelerine merdiven vari spiral şekilde, her iki doğrultuda düşeyde, çekme elemanları yerleştirilmekle esnek çekme elemanı yapmak mümkündür. Deprem sırasında oluşacak kesme kuvvetini karşılayacak çekme elemanlarını yatay derz bölgelerine yerleştirilebilir. Yatay derz bölgeleri bir miktar boşaltılarak çekme elemanları gizlenebilir. Düşey derzlerdeki merdiven vari spiral çekme elemanları ile yatayda yerleştirilen çekme elemanları minarenin dışında, derz bölgelerine gizlenmiş şekilde ağ oluşturmaktadır. Minare cidarında oluşan ağın yapı içindeki çalışması düşeyde esnek özellik arz eder. Oluşturulan ağ, gerektiği kadar mukavim olursa, minarenin yapı elemanlarının dökülmesi önlenir. Depremlerde yığma yapı elemanlarını dökülmeden yerinde muhafaza edersek dağılmalarını önleriz. Bu işlemler yapılırken orijinal yapı elemanlarına zarar vermeden derzler içinde çalışılması ve çekme elemanları uçlarının tespitinin olabildiğince yapı bünyesinde gizlenmelidir. Çekme kuvvetlerinin zemine aktarılması için minare bazasının etrafına mini kazıklar teşkil edilmeli ve bunların üzerine zemin seviyesinin altında çepeçevre bir başlık halkası oluşturulmalıdır [4].

2.3.5.10 Yığma Yapılarda Güçlendirme Teknikleri ve sakıncaları

Geleneksel yığma yapılarda ana taşıyıcı sistemler duvarlardır. Yığma yapı tasarımında duvarlar hem düşey hem de yatay yükler göz önüne alınarak projelendirilir. Tasarımda

yığma duvarların düşey basınç yükleri altında oluşan basınç gerilmelerine karşı mukavemetini kaybetmemesi ve yatay deprem yükleri etkisinde de duvar kesitlerinde oluşan kayma gerilmelerine karşı yeterli mukavemet göstermeleri beklenir. Tüm bu hesaplar yapılırken yığma yapının hiç bir kesitinde çekme gerilmelerinin oluşması istenmez. Yığma yapının çekme mukavemetinin sıfır olduğu kabul edilir. Bu nedenden dolayı yığma bir yapıda çekme gerilmelerinin oluşumu önlenmez ya da çekme gerilmelerinin olduğu bölgelerde özel önlemler alınmazsa, yapıda kalıcı deformasyonlar ve hasarlar oluşmaya başlar. Oluşan bu hasarın derecesi yükün şiddetiyle orantılıdır [4].

Yığma yapılarda çekme gerilmelerini alacak çeşitli güçlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Fakat geliştirilen tekniklerde yapılan en büyük hata, güçlendirmede kullanılan malzeme ile orjinal yığma yapının mevcut malzemesi arasındaki uyum sorunudur. Bu uyum sağlanmadığı müddetçe, yapılan güçlendirmeler uzun vadede faydalı olmamakta ve yığma yapıya daha büyük zararlar getirmektedir.

Çelik çubuklar tek tek veya hasır bir ağ şeklinde yığma yapılarda güçlendirme amaçlı kullanılmaktadır. Fakat bu elemanlar uzun vadede yapının maruz kaldığı nem gibi dış etkenlerden dolayı zaman içinde korozyona uğramakta, paslanmakta ve hacimsel olarak boyut kaybetmektedir. Bu da kullanılan çelik çubukların uzun yıllar içinde işlevlerini kaybetmelerine sebep olmaktadır. Bu tarz güçlendirmede çelik çubukları korozyona karşı korumak için beton harçları kullanılmaktadır. Kullanılan beton harcının sünekliliği ve elastisite modülü, mevcut duvar harcına göre oldukça farklıdır. Bu da iki malzeme arasında bir uyum problemini ortaya çıkarmaktadır. Güçlendirme amaçlı kullanılan beton harcı, yığma duvarın ağırlığını ve rijitliğini artırmakta, homojenliğini bozmaktadır. Yapının ağırlığının artması, sisteme deprem durumunda daha fazla kuvvetlerin tesir etmesine sebep olmaktadır.

Bundan başka; çelik çubuklarla tasarlanmış beton perde veya kolon şeklindeki betonarme elemanlar genel olarak güçlendirmelerde yığma duvarlara dışardan bir kaplama veya ilave şeklinde uygulanmaktadır. Fakat bu ilave edilen güçlendirme elemanları ile mevcut duvarın birleşim bölgelerinde büyük sorunlar ortaya çıkmaktadır. Mevcut yığma duvara göre çok daha rijit olan betonarme elemanlar, depremlerde çok

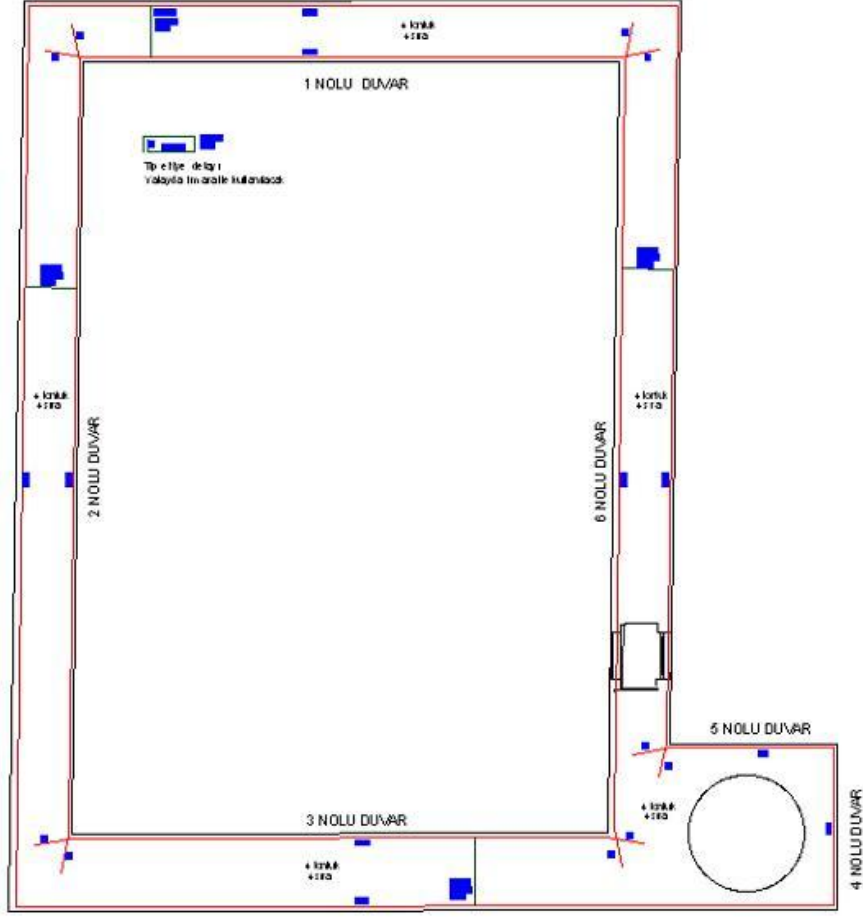
daha büyük dış kuvvetleri üzerlerine çekmektedir. Betona göre çok daha az rijit olan yığma duvarlar, birleşim bölgelerinde oluşan bu büyük kuvvetlere karşı dayanıksız olduğundan, sistem bu bölgelerde dağılmakta ve mukavemetini kaybetmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı yığma binalarda betonarme tarzındaki güçlendirmeler uygun olmamaktadır.

Çelik profil elemanları da güçlendirme malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu profillerde de çelik çubuklardaki dezavantajlar mevcuttur. Ayrıca bu elemanların mevcut yığma duvarların bünyesine dahil ederek beraber uyumlu bir şekilde çalışmalarını sağlamak imkansızdır.

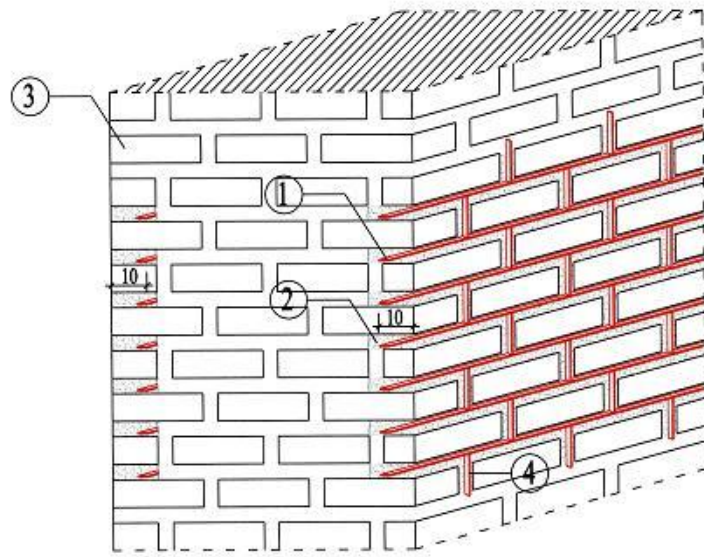
Mevcut güçlendirme tekniklerinde görülen bu dezavantajlar oldukça önemlidir ve hiç bir şekilde gözardı edilemez. Ortaya çıkan bu yapısal olumsuzluklar, bizi yeni bir güçlendirme tekniğinin uygulanması gerektiği sonucuna götürmektedir.

2.3.5.11 Gerekli Olan Yeni Güçlendirme Tekniği

Geçen Bölümlerde bahs ettiğimiz gibi yığma yapıların güçlendirilmesinde esas olan, yapıda oluşan çekme gerilmelerinin çekme elemanları ile alınmasıdır. Yeni teknikte, diğer güçlendirme yöntemlerinden farklı olarak; kullanılan malzemeler mevcut yığma duvar malzemesi ile uyumlu olmalı, yapının ağırlığını ve rijitliğini artırarak, yapıda ek tesirlere yol açmamalıdır. Bu amaçla, yığma yapılarda güçlendirme elemanı olarak karbon elyaf esaslı iplerle örülmüş özel bantlar çekme elemanı olarak kullanılmalıdır. Bu özel üretilmiş bantların çelik çubuklara kıyasla avantajları oldukça fazladır. En önemli avantajları yüksek kopma dayanımına sahip olmalarıdır. Çeliğin kopma dayanımının minimum 4-5 katı kadar bir mukavemete sahiptirler. Ayrıca korozyona karşı çelik gibi hassas ve duyarlı olmayıp, nem etkisinde özelliklerini kaybetmeden yıllarca yapının bünyesinde görevini icra ederler. Hiç bir şekilde paslanmaz veya çürümezler [4].



Şekil 2. 94 6.Bölge İçin Karbon Yerleştirme Plan Ve Detayı Ö:1/50 (Kırmızı olan kısım)

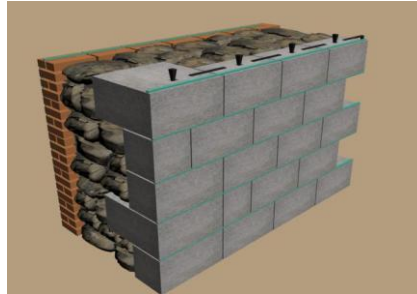


Şekil 2. 95 Karbon Yerleştirme (Kırmızı olan kısım)

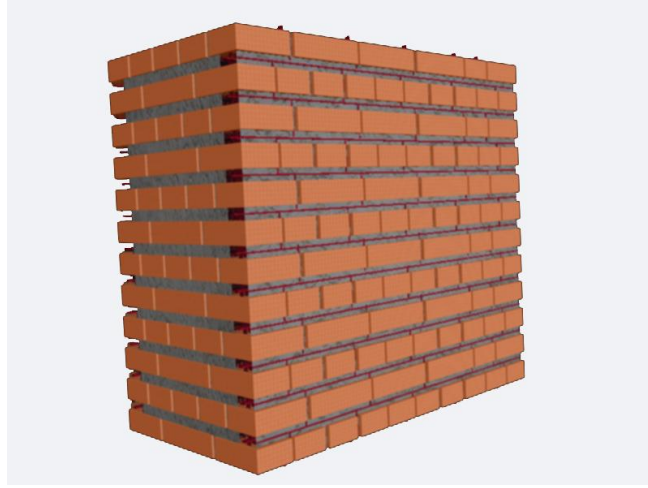
Şekil 2. 95'da:

- 1-Yatay yönde yerleştirilen çekme bantları
- 2-Takviye harcı
- 3-Mevcut duvar
- 4-Düşey yönde yerleştirilen çekme bantları

Diğer uygulamaların bir çoğunda duvarlara dışardan yapılan ilave ve kaplamalar yapının orijinal haldeki statik durumunu bozmakta, homojenliği ortadan kaldırmakta ve bu nedenden dolayı yığma yapıda deprem yükleri altında ilave kuvvetlerin oluşmasına sebep olmaktadır. Orijinal haldeki statik durumuna göre projelendirilmiş olan yığma yapıların, bu yapılan bilinçsiz güçlendirmelerden dolayı deprem yükleri altındaki davranışı karmaşık bir hal almaktadır. Oysa özel çekme bantları ile yapılan güçlendirmede, sistemde yapısal bir değişiklik yoktur. Kullanılan malzeme yapının ağırlığını ve rijitliğini artırmamaktadır. Çekme elemanları yığma duvara diğer yöntemlerdeki gibi dışardan değil bünyesine yerleştirilerek dahil edilmektedir. Bu şekilde mevcut yapıyla beraber çalışmaları temin edilmiş olur. Bundan başka; yığma yapının orjinal harç malzemesinin iyileştirilmesi hususu diğer yöntemlerde düşünülmemiştir. Bu yeni teknikte yıllar içinde bağlayıcı özelliğini kaybeden mevcut harca bu özelliğini kazandırmak esas amaçlardan bir tanesidir. Bunun için; yığma duvarlarda tuğla birleşim noktalarında duvarın içerisine açılan deliklerle mevcut harcın bünyesine uygun bağlayıcı malzeme şerbeti enjeksiyon edilmektedir. Bu sayede bağlayıcılığını yıllar içerisinde kaybetmiş olan duvarın bünyesindeki mevcut harca, bağlayıcı özelliği tekrar kazandırılmaktadır.



Şekil 2. 96 Sıfır derz taş duvar cephesine derz bölgelerine çekme elemanlarının yerleştirilme (Monoz)



Şekil 2. 97 Tuğla duvar derz bölgelerine çekme elemanlarının yerleştirilmesi

2.3.5.12 Benzer Ürünler, Uygulamalar Ve Bunlardaki Dezavantajlar

Uygulamanın günümüzde benzerleri çoktur. Bunlar; yapı temel tabanlarına yerleştirilen izolatörler, yapıların bodrum katlarındaki kolonlara monte edilen izolatörler, yapı katlarına monte edilen damperlerdir .

Bu uygulamalar bazı yönleri ile bizim uygulamamıza benzemektedir. Bu uygulamaların tümü yapıları deprem tesirlerinden korumayı amaçlamaktadır. Bizim maksadımız da yapıları temelden gelecek deprem titreşimlerine karşı korumaktır. Uygulamamızda kullandığımız ürünlerin benzeri yoktur. Şu anda uygulanan izolatörler, depremin hareket enerjisini diğer enerjilere çevirerek sönmlemeyi amaçlamaktadırlar. Buluşumuza benzer uygulamaların tümü, depremin enerjisini başka enerjilere çevirerek sönmlemektir. Yapılara tabandan gelen hareket enerjisini sürtünme enerjisine çeviren sönmleyici veya hareket enerjisini esnek bir sönmleyicinin freni ile bitirmeyi amaçlamaktadırlar.

Ana ilkesi hareket enerjisini boşa çıkarmak, vitesi boşa almak, boşa kürek sallamak ilkesine dayanmaktadır. Hareket enerjisinin çok azını potansiyel enerjiye döndürmektir. Oluşan potansiyel enerji ile yapıyı düşey dengeye getirmekteyiz. Deprem enerjisi iş yapan işe yarayan bir enerji değildir. Depremin yapıya etkittiği kuvvet periyodiktir. Periyodik kuvvetler yapı temelinde periyodik ötelemeler yaptırmaktadır. Bu iş esnasında ortaya çıkan hareket enerjisi skaler büyüklük olduğu için tesirler oluşturmaktadır. Hareket enerjisi vektörel büyüklük olsaydı oluşan bir vektor bir

sonraki vektor tarafından sıfırlanırdı. Biz yapı strüktüründe yaptığımız değişiklikle, depremin yapılarda oluşturduğu periyodik kuvvet tesirlerinin her periyotta yön değiştiren özelliğinden faydalanmaktayız.

Yapıların taşıyıcı strüktüründe değişiklik yapmaktayız. Yapıları, temelin zeminden çıktığı düzlemde alt yapıdan ayırmaktayız. Dilatasyon tabakasında kayma akımının sıfır olması veya sıfıra yakın olmasını sağlamaktayız. Üst yapıya kaçacak deprem enerjisinin etkisini potansiyel enerjiye dönüştürmekteyiz. Taşıyıcı sistemde yapacağımız diğer bir strüktür değişimi ile, yapıda biriken potansiyel enerjiyi binanın şakillenmesinde değerlendirmekteyiz. Buluşumuz, yapının temel veya bodrumdan zemine çıktığı yerde yatay dilatasyon oluşturmaktır. Dilatasyon ile bodrum katmanını üst katlardan ayırmaktayız. Kolonların alt ve üst başlıklarına yaptığımız mafsallar, yapı deprem tesirlerinde şakülünden kaçarsa şaküle getirmektedir. Mafsallar, kolonlara gelen düşey yük büyüklüklerine ve mevcut kolon ebadlarına bağlı olarak şekillendirilmektedir.

Benzer ürünler ve uygulamalar:

Deprem tesirlerine karşı yapıları temelden izole eden uygulamalar şu şekildedir. Yapıların temel altında iki kat radye tabaka oluşturulmakta, bu plakların arasına deprem enerjisini sönmleyen izolatörler, yastık şeklinde yerleştirilmektedir. Bu şekilde yapı temelden izolatörler üzerine oturtulmaktadır. Bu uygulamanın maliyeti, yapıları yıkıp yeniden yapmak kadardır. Maliyetinin yüksekliğinden pratik uygulama imkanı yoktur. Bundan dolayı özellikli yapıların haricinde uygulandığına rastlanmamıştır.

Yapıların zemin kat kolonlarına izolatör monte etmek: Mevcut bu uygulama da bizim buluşumuza benzemektedir. Ancak kolonlara monte edilen izolatörler, bir makina gibi dizayn edildiği için maliyetleri yüksek olmaktadır. Teminindeki zorluklar ve montajındaki güçlüklerden dolayı bu uygulama da yaygın hale gelememiştir. Pratik ve her yapıda uygulanabilir ürünler değildirler.

Yapıların kat arası ötelemelerini sönmleyen damper sistemi uygulaması bizim ürünümüze çok az benzemektedir. Uygulaması için deprem izolatörü dense de yapıların kat ötemelerinde depremin enerjisini sürtünme kuvvetleri ile söndürme esasına dayanmaktadır.

2.4 Bant özellikleri ve deneyler

Bu kısımda bantların özellikleri ile ilgili bilgi verilecektir ve gereken deneyler ve sonuçları mevcuttur. Bu yöntem hem uygulaması kolay hem maliyesi uygundur ama mutlaka deneyler yapılması lazım ve sadece analiz ve yöntem seçimi yeterli değil.

2.4.1 Bant özellikleri

Yapı elemanının güçlendirilmesi yüklerde artış ya da yük taşıma kapasitesi azalma halinde gerekmektedir. Yük taşıma kapasitelerinin azalması, mekanik hasar veya maddi bozulmaya neden olur . Fiber polimerler (FRP) yapısal güçlendirmesi kullanılabilir. Lif malzeme bileşimi , cam , aramid olabilir. Lif çapı 8-10 μm ve ön gerilim gücü 3000-5000 N/mm² olabilir. Elastik modülleri elyaf için farklıdır. Cam lifleri ve aramid lifler elastik modülleri çelikten daha düşüktür. Karbon lifleri yapı mühendisliği amaçlar için en avantaj sağlayan özellikleri görünmektedir. Bu nedenle sadece karbon lifleri bu konuda ele alınmıştır . Karbon fiber güçlendirme teknolojisi için kiriş , döşeme , Kolon veya duvar için olabilir. Yapı güçlendirilmesi için elemanının malzemesi (genel olarak herhangi bir mekanik tutma cihazı olmadan) uygun bir destek malzeme olabilir.

- Beton , betonarme , ön gerilmeli beton
- Doğal taş
- çelik
- Yığma

Öngerilmeli şerit uygulama testleri konusunda İsviçre , Almanya ve İngiltere’de çalışan bile , hala pratik zorluklar içerir ve uygulama henüz yaygın olarak bilinmemektedir.

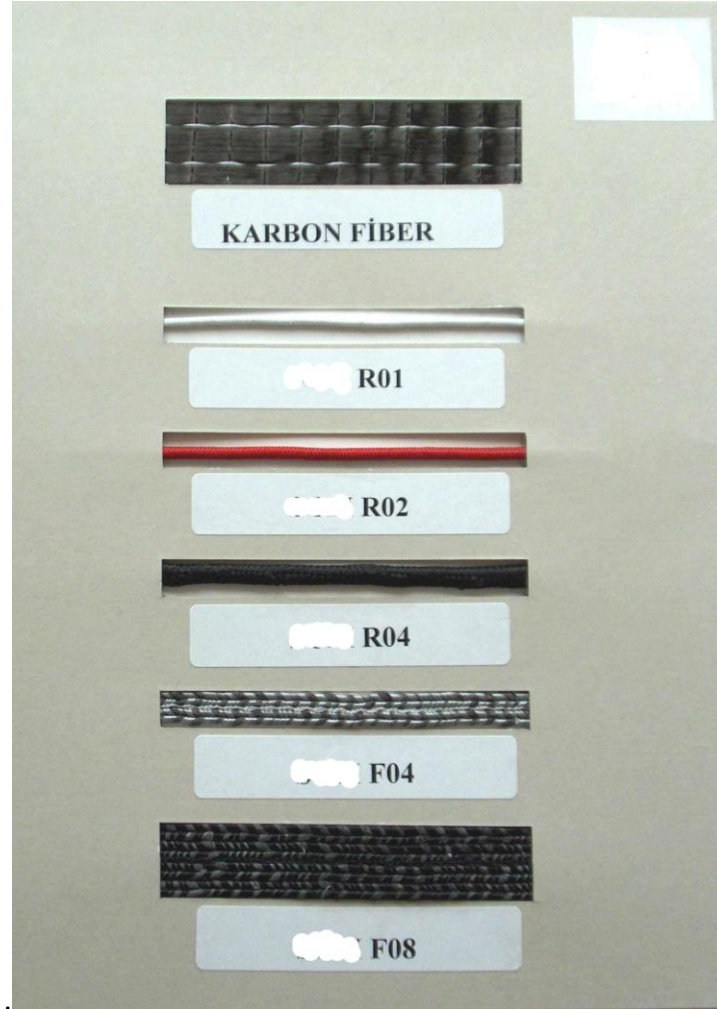
2.4.1.1 Bazi avantajlar

- yüksek dayanımı olur
- Uzun süreli yükleme altında kalabilir
- Tekrarlanan yükler altında dayanabilir
- düşük özgül ağırlığına sahiptir (Örneğin , 17-18 kN/m³)

- Düşük maliyeti var
- uygulaması kolaydır
- Şeritler geçilebilir

2.4.1.2 Bazi dezavantajları

- Karbon lifleri nispeten pahalıdır
- güçlendirilmesi çevresinde 50 ° C'yi geçmesine izin verilmez
- Kaymadan dolayı oluşan sıyrılmaya ilgili ayrı bir çalışma olarak araştırma yapılmalıdır



Şekil 2. 98 Kullanılan bantlar



Şekil 2. 99 Bandin kesiti

Çizelge 2. 11 Karbon fiberin özellikleri

Karbonfiberin çekme mukavemeti:	100	kg/mm2
--	------------	---------------

Çap mm	alan mm2	çekme ton
2	3.1	0.31
3	7.1	0.71
4	12.6	1.26
5	19.6	1.96
6	28.3	2.83
7	38.5	3.85
8	50.3	5.03
9	63.6	6.36
10	78.5	7.85
11	95.0	9.50
12	113.1	11.31
13	132.7	13.27
14	153.9	15.39
15	176.7	17.67
16	201.1	20.11
17	227.0	22.70
18	254.5	25.45
19	283.5	28.35
20	314.2	31.42
21	346.4	34.64
22	380.1	38.01
23	415.5	41.55
24	452.4	45.24
25	490.9	49.09
26	530.9	53.09
27	572.6	57.26
28	615.8	61.58
29	660.5	66.05
30	706.9	70.69
31	754.8	75.48
32	804.2	80.42

Çizelge 2. 12 Kullanılması uygun olan karbon bandı malzemesi ve özellikleri

Malzeme Tipi	Kalınlık	Çekme Muk.	Elas.Mod.	Bir. H. Ağ.
	Mm	N/mm ²	N/mm ²	g/m ²
C1-30	0.165	3430	230000	300

özel üretilecek karbon bantlarının kullanılması durumu

İstenen	Kullanılan	1cm Karbon	Toplam	1cmlik şerit	Toplam şerit
Bant Kuvveti	1cm lik Karbon	Şerit Alanı	Karbon bandı kesit alanı	ağırlığı	ağırlığı
Kg	Şerit Adedi	mm ²	mm ²	g/m	g/m
500	2	1.65	3.30	3	6
1000	4	1.65	6.60	3	12
2000	7	1.65	11.55	3	21
4000	12	1.65	19.80	3	36
6000	18	1.65	29.70	3	54

Band imalinde göbekte özel bir çelik lift yerleştiriliyor ve karbon liflerinin tümü özel bir kılıfla sargılanıyor. Karbon elyafı, çift konpinentin birincisinden geçirildikten ore rulo edilmektedir. Rulolar uygulama anında açılmakta ikinci epoksi konpinenti uygulanarak derz bölgesine yerleştirilmektedir. Karbon elyafının dış tesirlerden korunması için bu uygulama bizim için önemlidir. Karbon bantlarını mutlaka dış etkenlerden korumak gerekmektedir. Karbon elyafının bantlara dönüştürülmesi bize elyafın mukavemetinde bir uygulama garantisi vermektedir. Ruloların imalat sonrasında çekme deneyleri ile oreol etmemizi sağlamaktadır.

Çizelge 2. 13 Şantiye koşullarında karbon elyafının derzlere yerleştirilmesi durumunda

İstenen	Kullanılan	1cm Karbon	Toplam	1cmlik şerit	Toplam şerit
Bant Kuvveti	1cm lik Karbon	Şerit Alanı	Karbon bandı kesit alanı	ağırlığı	ağırlığı
Kg	Şerit Adedi	mm ²	mm ²	g/m	g/m
500	4	1.65	6.60	3	12
1000	8	1.65	13.20	3	24
2000	14	1.65	23.10	3	42
4000	24	1.65	39.60	3	72
6000	36	1.65	59.40	3	108

Karbon elyafı bez şeklinde de satılmaktadır. Karbon elyafı bezleri muhtelifdir. Yiğma yapılara uygun karbon elyafı yukarıdaki tablo değerlerinde olmalıdır. Mesela $E=230\ 000\ \text{N/mm}^2$ dir. Karbon bez şeritler halinde dikilmektedir. Fakat asıl olan bir metre boydaki karbon elyafı ağırlığıdır. Şantiyede yapılacak uygulamalarda ore derz bölgeleri iyice temizlenir. Tabloda belirtilen sayılara uygun olarak ve istenilen çekme kapasitesine ore gerekli elyaf şeritleri epoksiden geçirilir. Yumak halinde olan karbon şeritleri hazır derz bölgelerine serbestçe yerleştirilir, özel olarak hazırlanan harç ile derzler doldurulur.

Çizelge 2. 14 Karbon elyafının derzlere yerleştirilmesi durumunda

Malzeme	Kesit Alanı	Çekme Muk.	Hesap Muk.	Çekme Kuvveti	Elas.Mod.	Ağ.
	Mm^2	N/mm^2	N/mm^2	Kg	N/mm^2	g/m
12K	0.48	4278	3565	171.12	228000	0.858

İstenen	Kullanılacak	Bir Şerit Alanı	Toplam
Bant Kuvveti	Şerit Sayısı	Çekme Kuvveti	Kuvvet
Kg	Adet	kg	
1000	6	171.12	1,026.72
2000	12	171.12	2,053.44
4000	24	171.12	4,106.88
6000	48	171.12	8,213.76

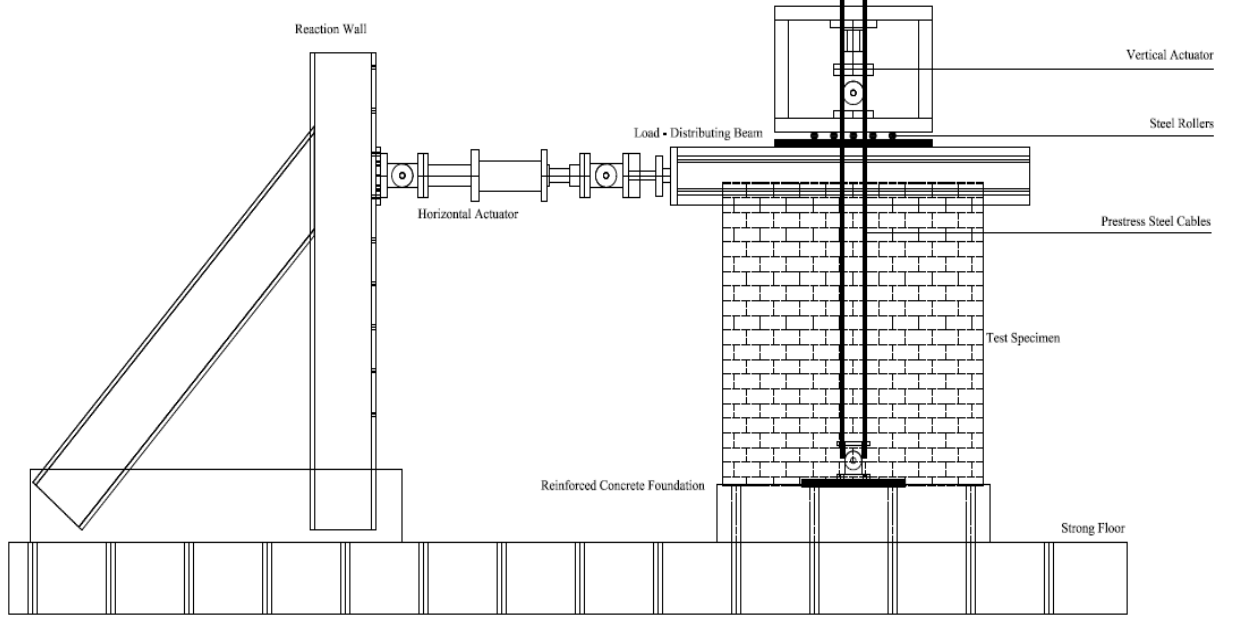
Bant Kuvveti	Sipariş İstenen	1m deki 12K	Toplam Gerekli	12K için	Ağırlık	Fiyat	Toplam Fiyat
	Uzunluk	Şerit Sayısı	Şerit Uzunluğu	Birim Ağ	kg	kg/\$	\$
Kg	m	Adet	m	g/m			
1000	3013	6	18078.00				
2000	929	12	11148.00				
4000	489	24	11736.00				
Toplam Malzeme uzunluğu (m)			40962.00	0.858	35.15	90	3,163

Çizelge 2. 15 Karbon elyafının fiyat örneği

POZ NO	ÖZEL.10		
ÖLÇÜ	METRE		
BR:	METRE		
ANALİZ	ESKİ DUVAR DERZLERİNİ KESMEK VE ÖZEL HAZIRLANMIŞ HARÇLA DOLDURMAK.		
KODU	TANIM	birim	ÜCRET/FİYAT
	MALZEME		
v.0128	HORASAN DERZ HARCİ HAZIRLANMASI	m3	160.00 TL
	İŞÇİLİK		
özel	DERZ AÇMA MAKİNASI	SA	4,000 TL
	İŞÇİLİK		
özel	DERZ AÇMA VE KAPAMA İŞLEMLERİ	metre	3.50 TL
MÜTEAHHİT KAR VE GENEL GİDERLER KARŞILIĞI			
BİRİM FİYAT TUTARI			
YAPIM ŞARTLARI:			
DUVARIN 8 MM ENİNDE ORTALAMA 100 MM DERİNLİĞİNDE KESİLEREK AÇILMASI, YIKANMASI, AÇILAN KANALIN TEMİZLENMESİ KARBON BANTLARININ DÜZGÜN BİR ŞEKİLDE YERLEŞTİRİLMESİ HAZIRLANMIŞ			
HORASAN DOLGU HARCININ DERZLERE DOLDURULMASI YATAY VE DÜŞEY TAŞIMA, BOŞALTMA, HER TÜRLÜ MALZEME ZAYIAT, İŞÇİLİK, ARAÇ VE GEREÇ GİDERLERİ MÜTEAHHİT KARI VE GENEL GİDERLER DAHİL			
1MT DERZ AÇILMASI VE KAPATILMASI FİYATI.			
ÖLÇÜ: PROJESİNDEN ÖLÇÜLEREK (METRE) BULUNUR			
KARBON BANT YERLEŞME DAHİL FİYATI		birim	ÜCRET/FİYAT
(DERZ AÇMA KAPAMA DAHİL)		metre	12.00 TL

2.4.2 Deneyler

2.4.2.1 Deney 1: Duvar deney sonuçları (Boğaziçi Üniversitesinin Laboratuvarı)



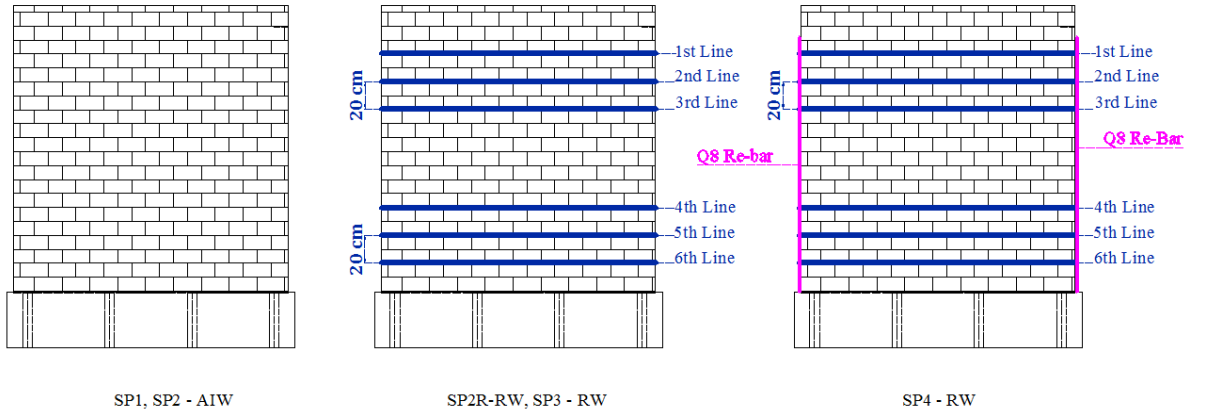
Şekil 2. 100 Deney Düzenegi

2m x 2m boyutlarında çift sıra dolu tuğla ile örülmüş numuneler sabit düşey yük altında tersinir tekrarlı statik yatay yükler ile test edilmiştir. Düşeyde uygulanan sabit yük ile duvarın üzerinde yer alan başlık kirişi arasında çelik bilyalar yerleştirilmiş ve bu sayede yükün sürekli sabit olması yatay deplasmanlardan kaynaklanan sürtünme kuvveti tepkisi asgariye indirmek suretiyle sağlanmıştır.

Yatayda 100 tonluk dinamik, düşeyde ise 60 tonluk statik pistonlar kullanılmıştır. Ayrıca, numune üzerine yerleştirilen deplasman ölçerleri sayesinde yatay, düşey ve kesme deplasmanları data toplama cihazı ile elektronik olarak kaydedilmiştir.



Şekil 2. 101 Deney Düzeneği

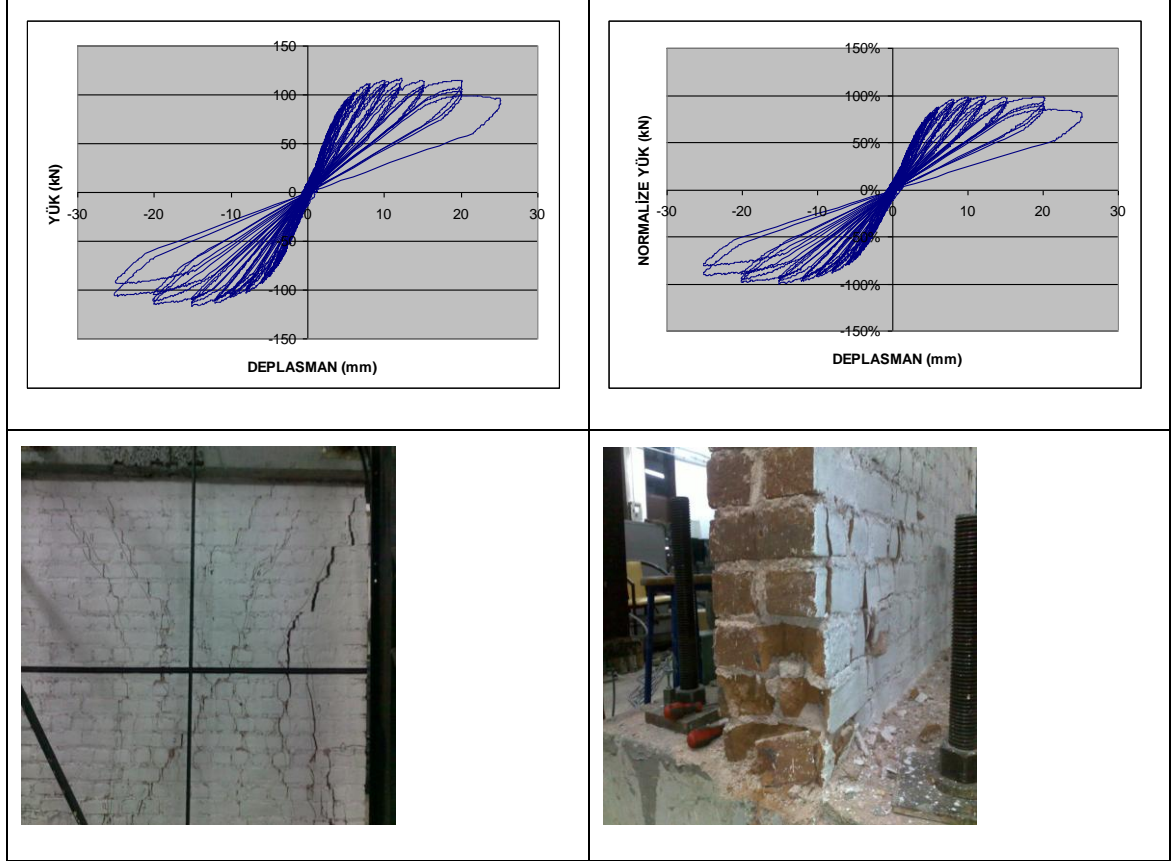


Şekil 2. 102 Numuneler

Numunelerin boyutları 2m x 2m olup çift sıra dolu tuğla ile laboratuvar ortamında örülmüştür. Birinci numune kontrol numunesi olarak test edilmiştir. Diğer iki numune duvarlarının üst ve alt kısımlarına 3'er sıra derz aralarına fiber kompozit şeritler yerleştirilmiştir. İlkinde, şeritler sadece aderansla tutturulmuş olup ikincisinde duvarın

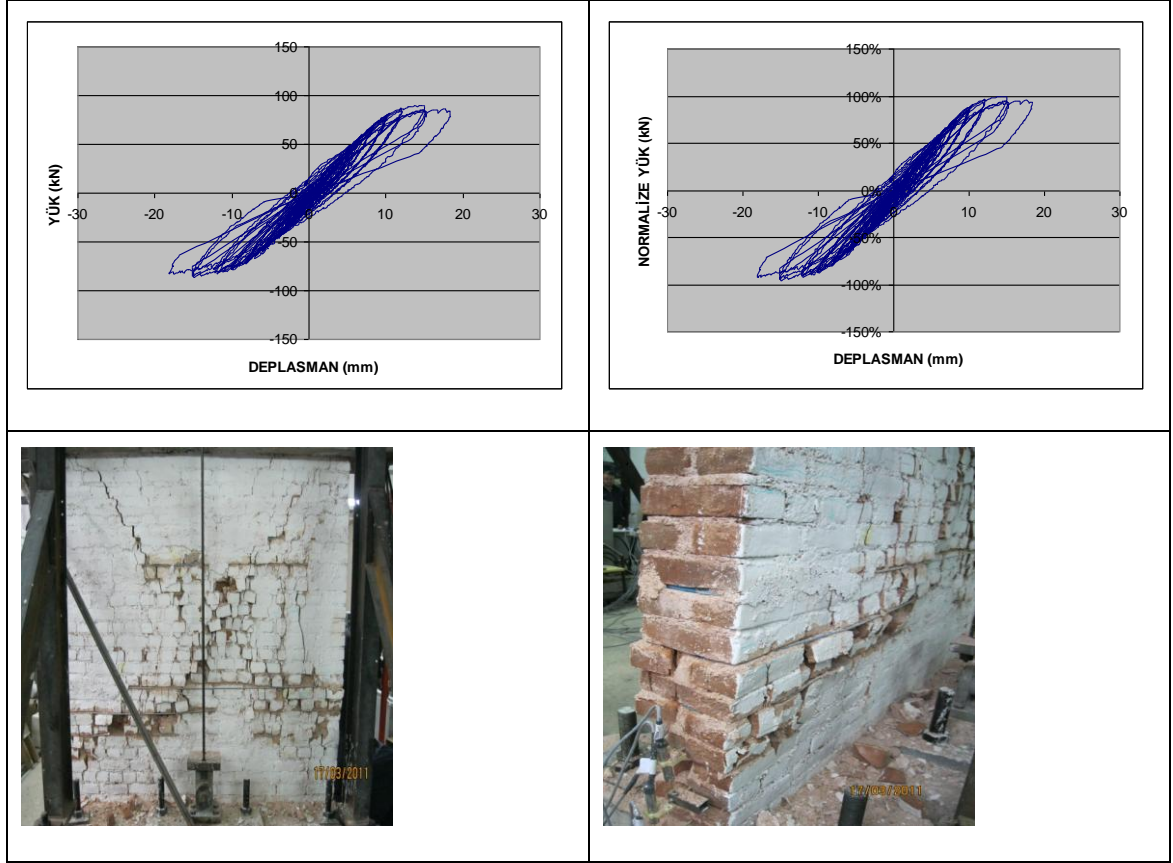
her iki yanına 2 adet 8mm çapında düz donatıya bu şeritler sarılmış ve daha sonra derz aralarına yerleştirilmiştir.

Düşey basınç 30 ton ve yatan basınç 12 ton uygulanmaktadır.



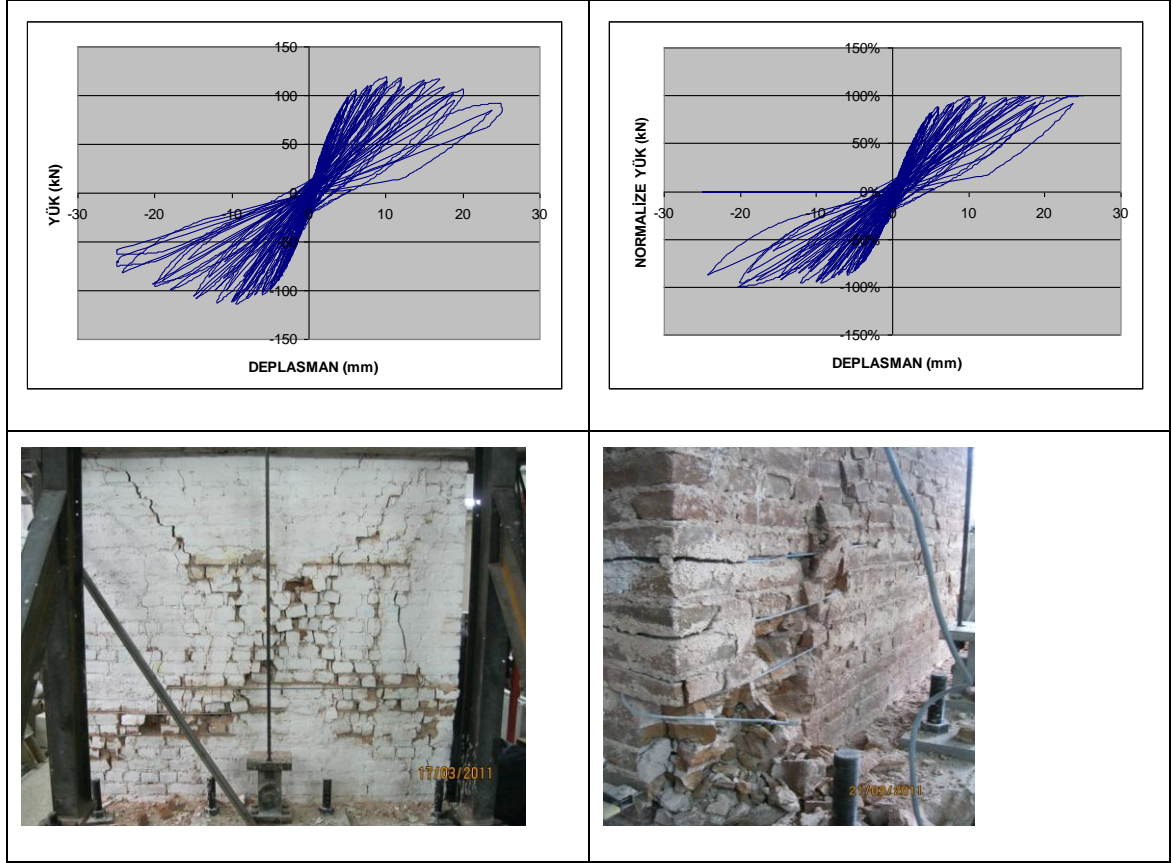
şekil 2. 103 Birinci kontrol numune

Bu kontrol numunesi test sonrası ağır kesme çatlak hasarı görmüş olup test sırasında duvarın her iki alt köşesinde ezilmeler meydana gelmiş ve buralardan dönmüştür.



Şekil 2. 104 Birinci kontrol numune tamir edildi ve FRP şeritlerle güçlendirildi

Birinci numunenin hasarları onarıldıktan sonra derz aralarına yerleştirilen şeritler ile tekrardan test edilmiş, yine bir evvelki testte olduğu gibi ağır hasar ile test sonuçlanmıştır. Şeritler belli bir süre sonra yuvalarından çıkmıştır. Yük kapasitesi birinci teste göre daha düşük çıksa da daha iri histeretik davranış sergilediğinden dolayı bu test birincisine nazaran daha başarılı sayılabilir (Çünkü tuğlalar değişmiştir).

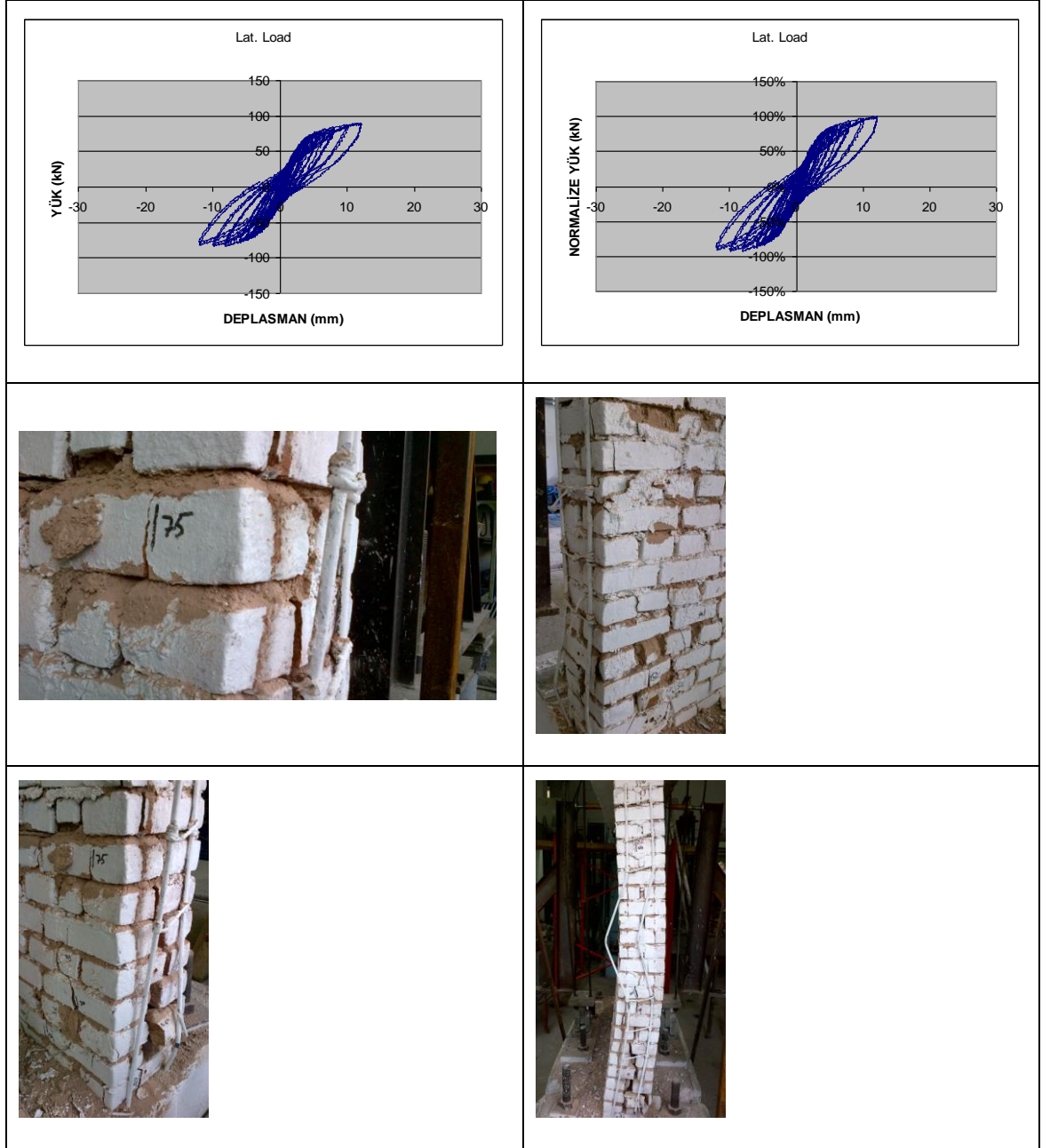


Şekil 2. 105 İkinci Numune sadece FRP şeritlerle güçlendirildi (birinci yöntem)

Bu testte, birinci testin sonuçlarına benzer bir davranış çıkmıştır. Derz aralarına yerleştirilen şeritler testin sonlarına doğru derzlerden ayrılmışlardır.

Burada bu sonuca varıyoruz ki derzde yerleştirilen bantlar mutlaka güzel bir şekilde yapıştırılmalı ve olabileceği kadar derinde olmalıdır.

Burada ancak 2 cm olmuştur.



Şekil 2. 106 Üçüncü numune sadece FRP şeritlerle güçlendirildi (ikinci yöntem)

Son olarak test edilen bu numune diğerlerine göre çok daya iyi davranmış, şeritler derzlerden çıkmadıkları için duvarın genel davranışına katkı sağlamıştır. Testin sonunda alt bölgede bulunan şeritlerde ani kopmalar olması bunların test boyunca etkili bir şekilde çalıştıklarını göstermektedir. Ayrıca, gerek rijitlik gerekse enerji tüketme kapasitesi olsun, bu tarz bir güçlendirme davranışı müspet bir şekilde etkilemiştir.

Ayrıca çatlaklar duvarın yüzeyinde önceki testlere göre çok daha az olup duvarın eninde meydana gelmiştir.

Duvarın çatlamaya dayanıklı olduğu için burkulma meydana gelmiştir.

Çizelge 2. 16 Numunelerin Çekme Dayanımı

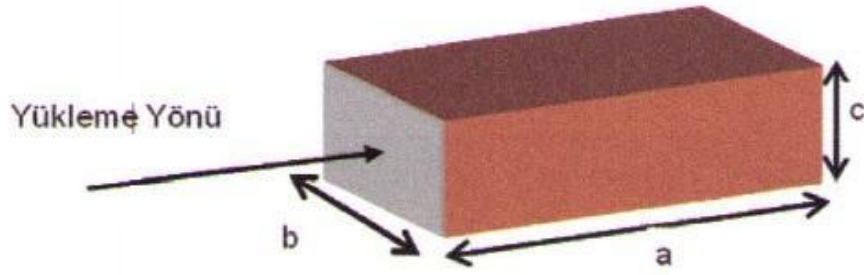
	Numune 1 (Duvar)	Numune 2 (Tamir edilmiş ve bant yerleştirilmiş)	Numune 3 (Yeni bir duvar ve bant yerleştirilmiş olup dışardan ankor edilmiştir)
Deney Sayısı	1	4	3
Çekme Kapasitesi	3 Ton	6 Ton	8 Ton

2.4.2.2 Deney2: İstanbul Üniversitesi Rektörlük Binası (Kayma Deneyi-Boğaziçi Üni. Lab.)

Bu deney 2011 yılında Boğaziçi Üniversitesinde yapıldı. Bu deney 3 numune üzerinde yapılmıştır.

ASTM C1531 Standardı metod B'ye göre yerinde kayma dayanımı tayini için deney yapılacak tuğlanın sağında ve solundaki tuğla elemanlar deney elemanına ve deney elemanının alt ve üstündeki derz harcına zarar vermeden çıkarılırlar. Duvar, deney tuğlası ve derz harcı ile ilgili tüm gözlem ve boyutsal ölçümler ile tespitler yapıldıktan sonra, deney tuğlasının bir tarafındaki boşluğa hidrolik Kriko ve yük hücresi, diğer tarafına ise elektronik deformasyon ölçme saati yerleştirilir. Hidrolik krikonun yükü tuğla yan yüzeyine düzgün olarak vermesini sağlayacak tedbirler alındıktan sonra yükleme yapılır. Deney boyunca uygulanan yük ve kayma deformasyonu elektronik olarak ölçülür, veri toplama ünitesine kaydedilir ve yük – kayma deformasyonu diyagramı çizilir. Deney tuğlasının sabit yük altında sürekli kaymaya başladığı zaman deney sona erdirilir.

Sonuçlara göre kayma hesaplarının hesabında ortalama salt harç kayma dayanımı değeri olarak 0.3 Mpa kullanılabilir.



Test Numunesi :	Tuğla
Test Noktası	Zemin Kat
Test Numunesinin Boyu (a, mm) :	250
Test Numunesinin Eni (b, mm):	130
Test Numunesinin Yüksekliği (c, mm)	50
Derzlerin Durumu	İyi
Test Numunesinin Birim Ağırlığı (kN/m ³)	18
Test Numunesinin Derz Alanı (mm ²)	32500
Toplam Alt-Üst Harçlı Derz Alanı (mm ²)	65000
Duvar Tipi	Yığma Tuğla Duvar
P _{max} (kN):	77.8
δ (P _{max} değerindeki kayma) (mm):	0.78
Kırılma Tipi	Kayma
H _{duvar} (m)	17.4
τ _s (P _{max} değerindeki kayma direnci) (MPa)	0,89

Şekil 2. 107 Deneyin Şeması Ve Sonuç Tablosu

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜK BİNASI
TAŞIYICI TUĞLA DUVARLAR VE BETONARME DÖŞEMELER
MALZEME RAPORU

Hazırlayan
Prof. Dr. TURAN ÖZTURAN

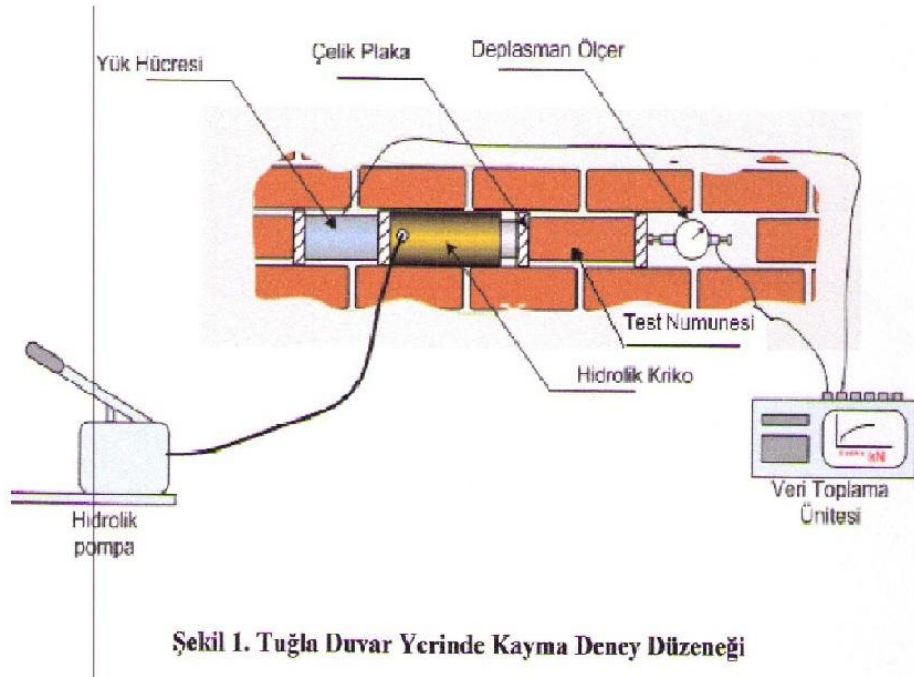
Haziran 2011



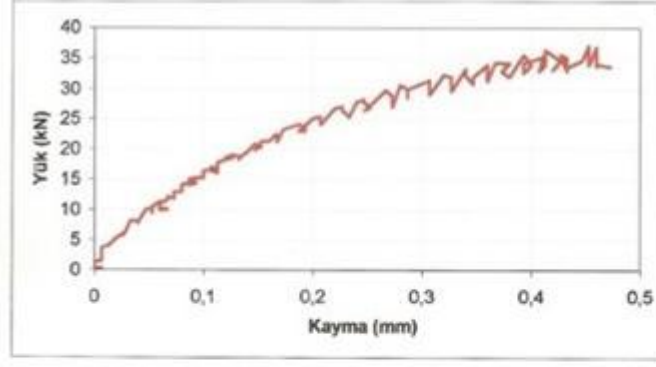
34342 Bebek - İstanbul

Telefon: (0212) 359 54 00

Faks: (0212) 287 24 57



Şekil 2. 108 Deneyin Hazırlayan Onayı



Deney Düzeni

Şekil 2. 109 Deneyin Şekil Ve Kayma Deformasyon Grafiği

2.4.2.3 Deney 3: İstanbul Üniversitesi Rektörlük Binası (Basınç Deneyi-BÜ Lab.)

Bu deney de 2011 yılında Boğaziçi Üniversitesinde yapıldı. Bu deney 3 numune üzerinde yapılmıştır.

İstanbul üniversitesi beyazıt yerleşkesinde bulunan Rektörlük binasının statik ve deprem güvence analizinin yapılabilmesi amacıyla taşıyıcı tuğla duvarlarında ve betonarme kat döşemelerinde malzeme özelliklerinin belirlenmesi talep edilmiştir. Bu amaçla Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemesi ekibi tarafından binanın yerinde incelenmesi sonucunda, zemin, iki normal ve bir çatı katından oluşan binanın zemin ve birinci katında taşıyıcı tuğla duvarlarından kompozit numune çıkarıp laboratuvarda basınç deneyi yapılarak duvar basınç dayanımı ve elastisite modülü tayin edilmesi ve birinci, ikinci ve çatı katı döşemelerinden beton numune alınarak döşeme betonu basınç dayanımlarının tayin edilmesi kararlaştırılmıştır.

Sonuç olarak binanın taşıyıcı tuğla duvarlarının elastisite modülü olarak 6177 Mpa, basınç dayanımı olarak 4.23 Mpa değerleri kullanılabilir.

Çizelge 2.14 Kompozit Duvar Numune Basınç Dayanımı Ve Elastisite Modülü

Numune no	Kat	Yükseklik	Genişlik	Derinlik	Basınç Dayanımı	Elastisite Modülü
		(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)
1	Çatı	330	400	230	4.23	6177



Şekil 2. 110 Kompozit Duvar Testi

2.4.2.4 Deney 4: Bakırköydaki Taş Mektep Binasını (Duvarın Basınç Dayanımı-BÜ)

120 yıllık Bakırköy okulundaki (Taş Mektep) yapılan deneyde 3 tane numune alınarak basınç testine tabi tutuldu. Basınç dayanımı 50 kg/cm² elde edilmiştir ve şartnameye göre güvenli tarafta kalabilmesi için 20 kg/cm² alır.



Şekil 2. 111 Deney Aşamaları

2.4.2.5 Deney 5: Bandın Dayanımı (Yeri/Tarihi : KOSGEP/28/12/2005)

Çizelge 2.18 Deney Sonuçları

Numune No	Kopma Mukavemeti
1a	(Epoksili / 28 adet CL300+ 4 adet WR3 cam elyafından oluşan ip) 9,98 kN = 998 kg
1b	(Epoksisiz / 28 adet CL300+ 4 adet WR3 cam elyafından oluşan ip)4,85 kN = 485 kg
2a	(Epoksili / 28 adet CL300)7,97 kN = 797 kg
2b	(Epoksisiz / 28 adet CL300)4,67 kN = 467 kg

Bandın dayanımı güvenli tarafta olması için tablodaki değerlerden daha az alınır.

2.4.2.6 Deney 6: Lamalı Ve Lamasız Duvar Testi (Boğaziçi Üni. Lab.)

Lama ile güçlendirilmiş duvarın dayanımı yüksek olduğu için çatlaklar oluşmamıştır. Ancak uzun süre geçtikten sonra lamalar dışarıda kaldığı için hava sıcaklık ve soğukluk etkisinden dolayı özeliğini kayıp eder.

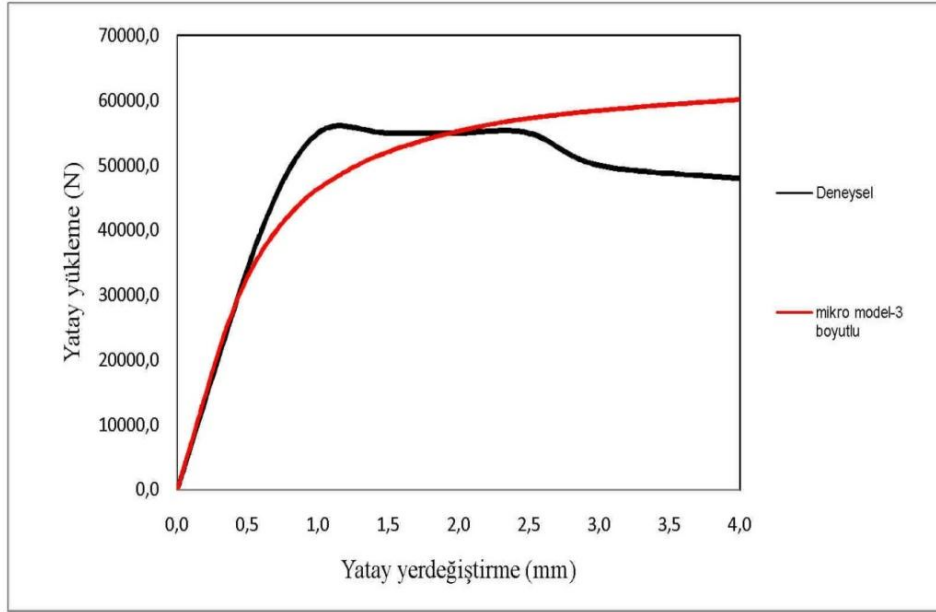


Şekil 2. 112 Lamasız Duvar

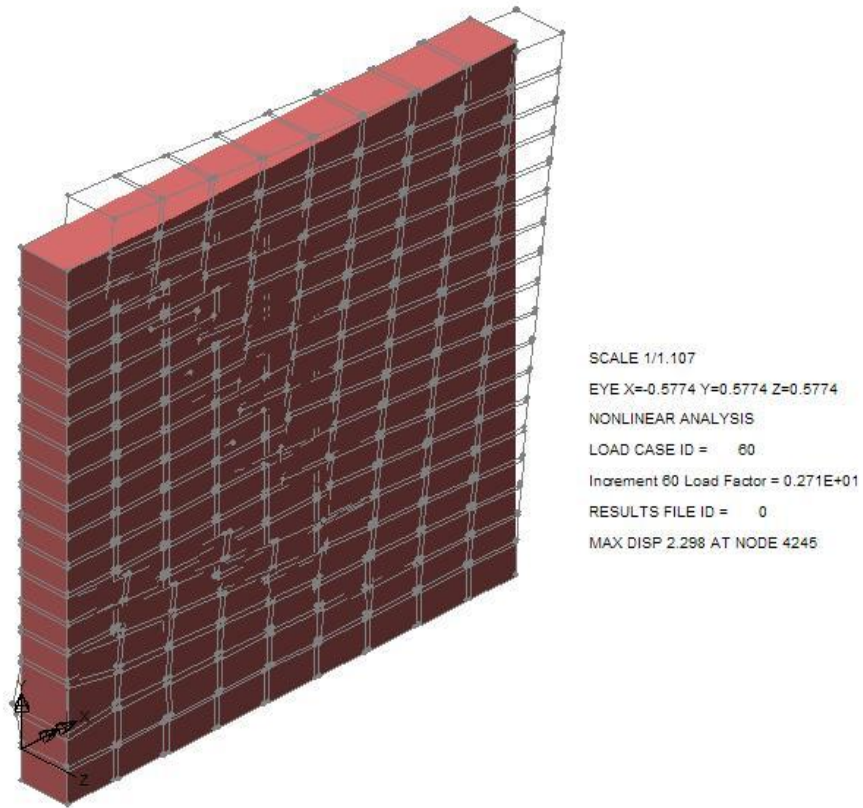


Şekil 2. 113 Lamalı Duvar

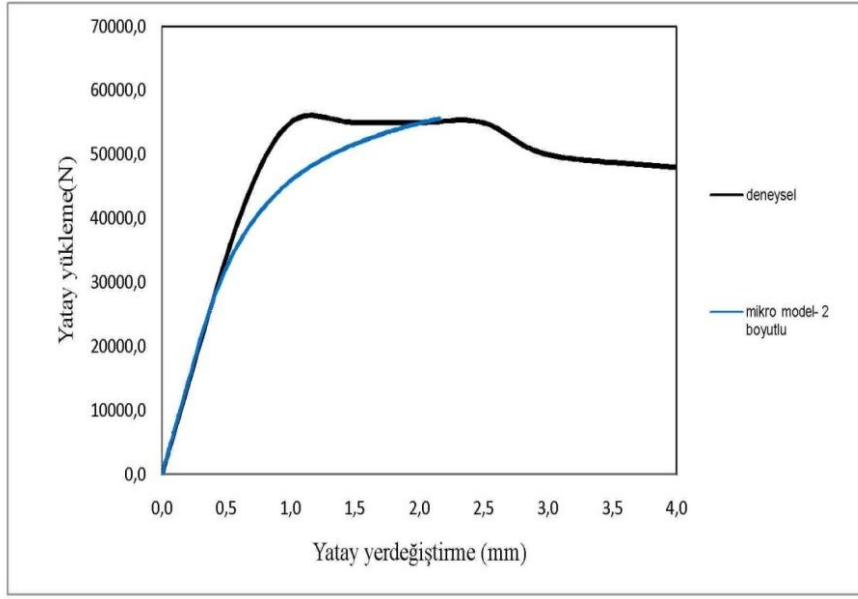
2.4.2.7 Deney 7: Duvar Bilgisayar Analitik Çözümü Deneyi (Boğaziçi Üniversitesi)



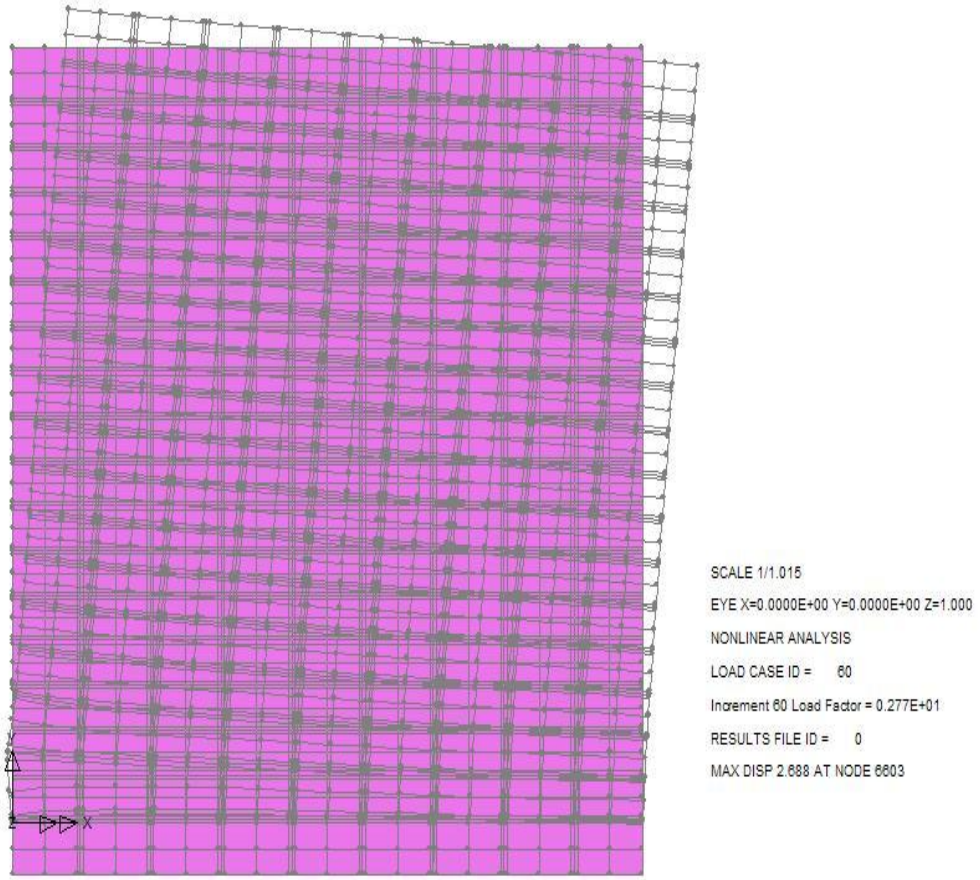
Şekil 2. 114 Deneysel Modelle Yapılan Karşılaştırmalarda Duvarın Sağ En Üst Noktası İçin Yatay Yük Yer Değiştirme Grafiği



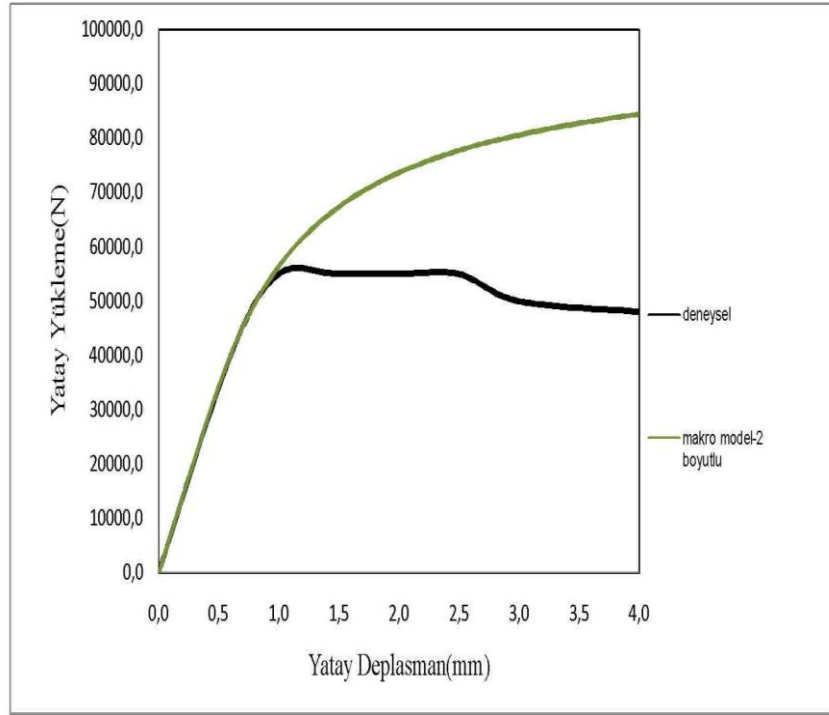
Şekil 2. 115 Üç Boyutlu Mikro Sonlu Elaman Ağı İçin Şekil Değiştirmiş Durum



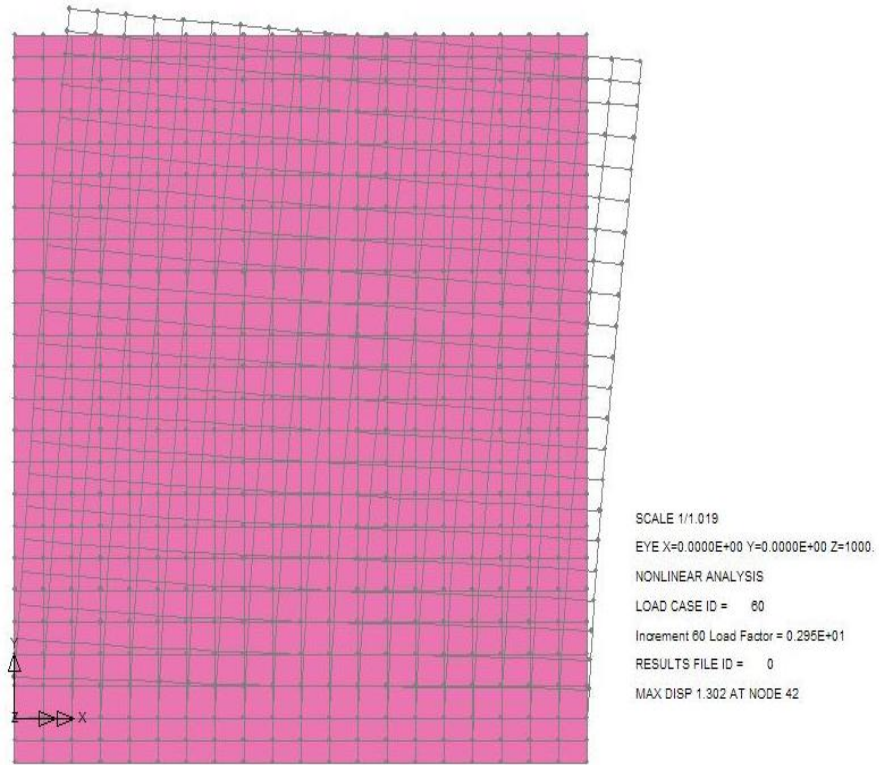
Şekil 2. 116 Deneysel Ve 2 Boyutlu Mikro Model İçin Yatay Yük–Yer Değiştirme Grafiği



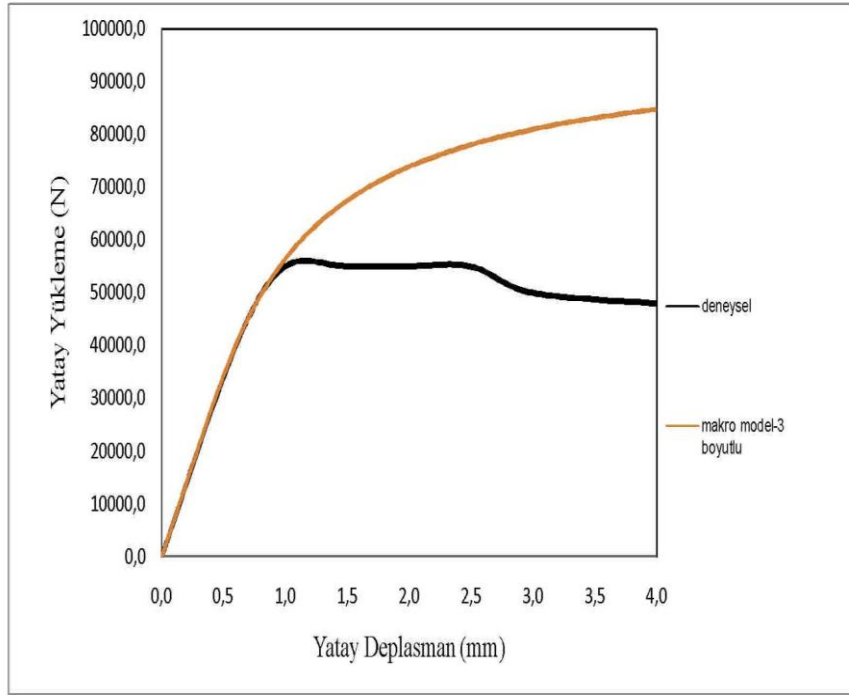
Şekil 2. 117 Mikro Modelde 2 Boyutlu Sonlu Elaman Ağı İçin Şekil Değiştirmiş Durum



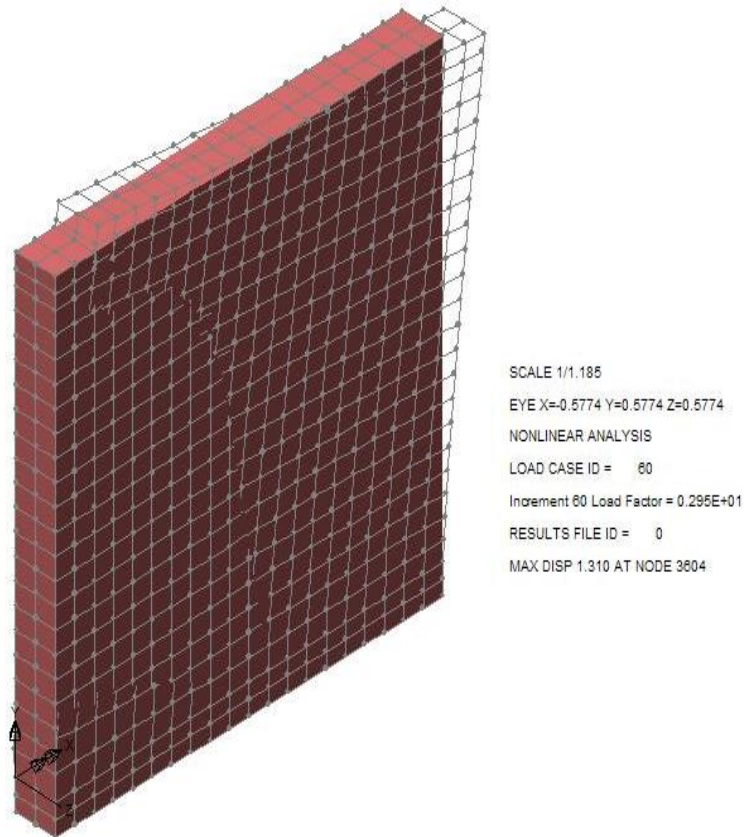
Şekil 2. 118 İki Boyutlu Makro Model Ve Deneysel Yatay Yük-Yer Değiştirme Grafiği



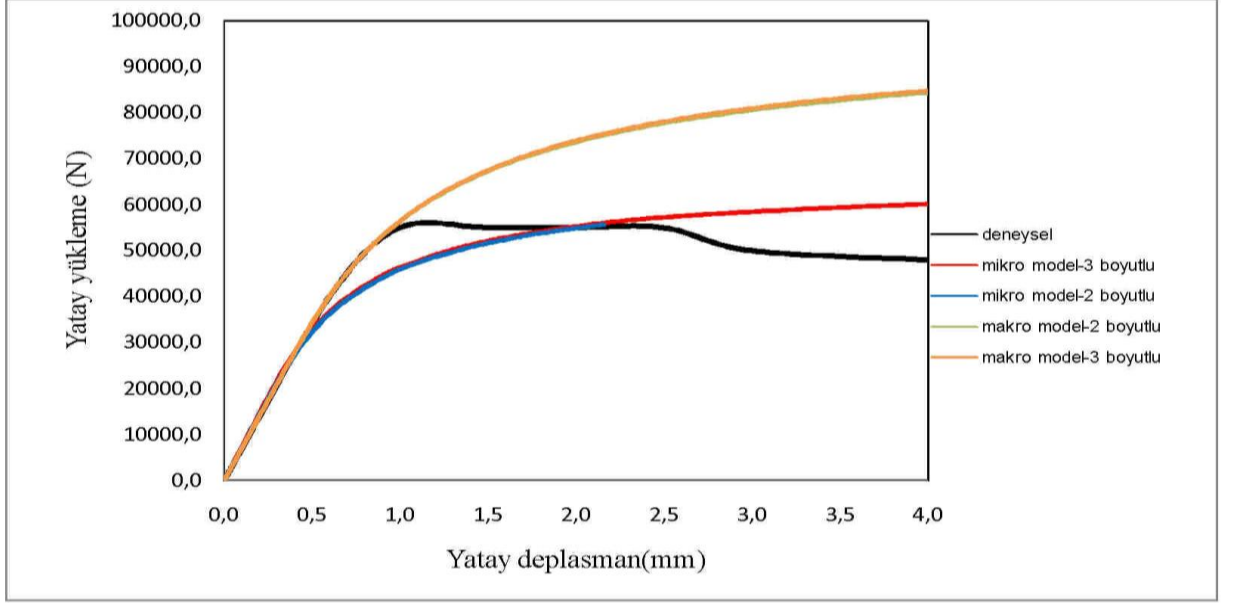
Şekil 2. 119 İki Boyutlu Makro Modelde Şekil Değiştirmiş Durum



Şekil 2. 120 Üç Boyutlu Makro Model Ve Deneysel Yatay Yük-Yer Değişirme Grafiği



Şekil 2. 121 Üç Boyutlu Makro Modelde Şekil Değiştirmiş Durum



Şekil 2. 122 Makro Ve Mikro Modelde 3 Boyutlu Ve 2 Boyutlu Sonlu Elemanların, Deneysel Yatay Yük-Yer Değişirme Eğrileri İle Karşılaştırılması

ÇİNİLİ KARAKOLU BİNASI

3. Yapının Güçlendirme Aşamaları

3.1 Yapının Genel Tanımı

Üsküdar'da Çocuk Şube Müdürlüğü'nün hizmet verdiği "Çinili Karakolu", 2 asırlık geçmişle dikkatı çekiyor. Bina, Abdülmecid Han'ın talimatıyla Tanzimat Fermanı'nda yer alan inşa edildi. Bu çalışmada Yapının statik analizlerinin yapılması, yatay ve düşey taşıyıcı sistemlerinin incelenmesi, konumuzdur.

Bu çalışmada binanın sonlu elemanlar yöntemi ile matematiksel modelinin oluşturulmasına ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Binanın yapısal davranışı hakkında bilgi edinebilmek için sonlu elemanlar yöntemi ile modelleme çalışması yapılmıştır. Yapısal davranışı en doğru şekilde belirleyebilmek amacıyla, modelleme çalışmalarında yapı geometrisine büyük ölçüde uyulmuş ve üç boyutlu olarak modellenmiştir.



Şekil 3. 1 Sol:1880 – Sağ: 2013

3.2 Genel Analiz Tanımı Ve Spekturum

3.2.1 Matematiksel Modelleme Çalışmaları

Binanın matematiksel modelin oluşturulmasına, yapılan mimari çalışmalardan yararlanılması neticesinde CAD ortamında 3 boyutlu yapı modelinin oluşturulması ile başlanmıştır. taşıyıcı elemanlara ilişkin bilgiler ve zemin etüt hesaplarından alınan veriler derlenmiş ve derlenen bu veriler hazırlanan model üzerine işlenmiştir.

CAD ortamında yapının geometrisi tanımlandıktan sonra, hazırlanan geometrik model SAP2000 programına aktarılmıştır. Taşıyıcı duvarları SAP2000 programında kabuk (shell) elemanlar yardımıyla tanımlanmıştır. Tespit edilen mevcut ahşap kolon ve kirişler ise çubuk (frame) elemanlar yardımıyla modele dâhil edilmiştir.

Modelleme çalışmalarında, statik açıdan kritik kesimlerde sonlu elemanlar daha fazla parçaya bölünerek bu bölgelerde daha hassas sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

Sonlu elemanlara ayrıştırma işlemi sırasında farklı elemanların birbirleriyle kesiştiği düğüm noktalarının birbiriyle uyumlu olması ve süreksizlik yaratmaması sağlanmıştır.

Bundan sonraki aşamada ise, yapının belirlenmiş olan geometrik koşulları doğrultusunda sınır koşulları, mesnetlerin ve düğüm noktalarının serbestlik dereceleri ve model üzerine etkileyen yükler belirlenerek Sap2000 ortamında girilmiş ve böylece model analize hazır hale gelmiştir.

Modelin analiz edilmesinde, yapının geometrik ve malzeme olarak lineer olmayan davranışı ve yapılabilecek hataların yanlış sonuçlar doğurabileceği ihtimaline karşı dikkate alınmamıştır. Sonuç olarak yapı lineer elastik teoriye göre analiz edilmiştir.

Lineer elastik teoride, yapı malzemelerinin çekme ve basınç gerilmelerine karşı lineer-elastik davranış gösterdiği kabulü ile hesap yapılmaktadır. Bina taşıyıcı ahşap kargır duvarı için, basınç gerilmeleri altında lineer elastik davranış kabulü gerçeğe yakın sonuçlar verebilen bir yaklaşımdır. Çekme gerilmeleri için benzer durum söz konusu olmamasına rağmen, duvarın çekme gerilmelerine maruz bölgelerinin belirlenmesi ve bu bölgelerde çekme gerilmelerine karşı önlem alınması (oluşabilecek çatlamalara karşı) için lineer elastik davranış yaklaşımı önemli olmaktadır.

3.2.2 Analizlerde Kullanılan Yükle

Analizlerde 3 boyutlu model üzerinde kullanılan yükle aşağıda sıralanmıştır.

3.2.2.1 Zati (Ölü) Yükle

Hesaplarda yapı zati ağırlıkları dikkate alınmış olup, bu yükle program tarafından otomatik olarak hesaba dâhil edilmiştir. Bunun dışında yapılan tüm hesaplarda TS 498 belirtilen yükle alınmış ve ilgili yönetmelikte belirtilen yük miktarları tüm katlarda $1,5\text{kN/m}^2$ alınmıştır.

3.2.2.2 Hareketli Yükle

TS 498 de mesken türü yapılarda hareketli yük olarak $q=5\text{kN/m}^2$ değeri verilmektedir. Bu yük değeri döşemeler üzerinde düzgün yayılı yük olarak tanımlanmıştır.

3.2.2.3 Deprem Yükle

Yapının deprem etkilerinin hesabında hem eşdeğer deprem yük yöntemi kullanılmış olup hem de deprem spektrum Yük yöntemi de uygulanmıştır.

Deprem Yönetmeliğinde (D.B.Y.B.H.Y. 2007) ahşap kargır binaların deprem analizlerinde spektral ivme analizi kullanılmaktadır. Bu durumu R katsayısı 2.5 alınabilir. Spektral analizde kullanılan zemin sınıfı ve deprem bölge derecesine göre spektral eğrisi kullanılarak yapılmıştır.

Deprem yükle binanın her iki asal doğrultusu için (X ve Y yönlerinde) ayrı ayrı analizlere dâhil edilmiştir.

3.2.3 Taşıyıcı Elemanları Ve Kullanılan Malzemeler

Yapının mevcut dış duvarları taştır. Duvar kalınlığının 90 cm olması nedeni ile, duvar modellenirken 3 tabaka halinde modellenmiştir. En dış duvar tabakası duvar-1, orta tabaka duvar-2, iç tabaka ise duvar-3 olarak isimlendirilmiştir. Aşağıda her duvar tabakası için elastisite modülü değeri verilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3. 1 Elastisite modülü değerleri

Duvar-1	4.000.000 kN/m ²
Duvar-2	500.000 kN/m ²
Duvar-3	3.000.00 kN/m ²

Yapının restitüsyon projesine göre yenileme projesi hazırlanmıştır. Buna göre yapının mevcut dış duvarları korunacak, iç kısmına daha sonradan ilave edilen betonarme yapı sökülerek, tüm döşeme, kiriş, kolon sistemi ahşap elemanlar ile tertip edilmiştir.

Ahşap eleman için birinci sınıf çam kullanılacaktır. Malzemenin mekanik özellikleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3. 2 Ahşap Malzemenin Mekanik özellikleri

Özgül Ağırlık	8 kN/m ³
Basınç Mukavemeti	11.000 kN/m ²
Elastisite Modülü	10.000.000 kN/m ²
Çekme Mukavemeti	10.000 kN/m ²

3.2.4 Matematiksel Model Ve Taşıyıcı Sistem Analizi

Yukarıda yapılan açıklamalar ışığında bina sonlu elemanlar yöntemi ile SAP2000 programında modellenmiştir. Yapının statik analizini yaparken rölövelerden elde ettiğimiz cephe ve plan çizimlerinden faydalanarak oluşturduğumuz üç boyutlu model analiz yapılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3. 3 Modellemede kullanılan parametreler

Sıra No	Yapısal Analiz Parametresinin Adı	Değeri/Açıklama
1	Kat Adedi	3
5	Deprem Katsayısı (A_0)	0,40
6	Yapı Tipi Katsayısı	2.50
7	Yapı Önem Katsayısı (I)	1.5
8	Hareketli Yük Azaltma Katsayısı	0,40
9	Zemin Hakim Titreşim Periyodu (T_a/T_b)	Z2 (0,15/0,40)
11	Zemin Emniyet Taşıma Gücü(kg/cm^2)	1,50
12	Zemin Yatak Katsayısı (t/m^3)	1800
21	Zemin Sıvılaşma Riski	Bulunmamaktadır

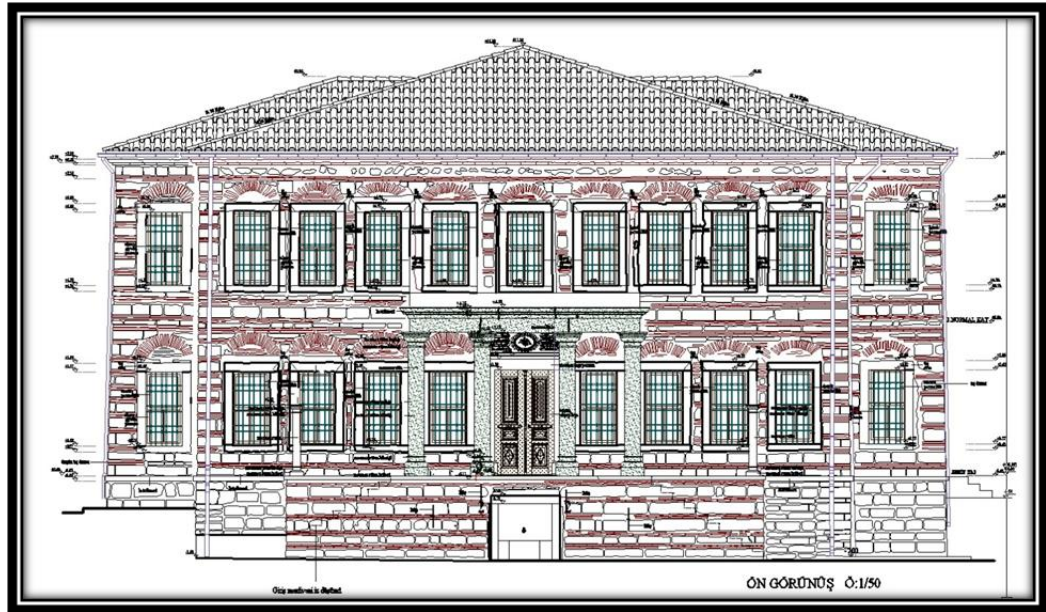
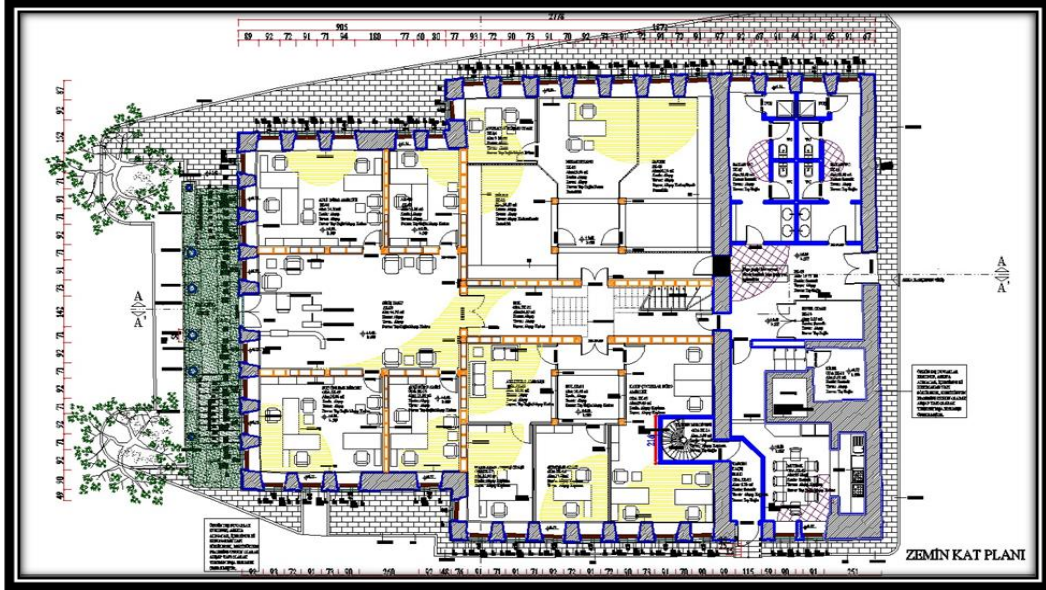
Yapısal sistemi gösteren program çıktıları müteakip sayfalarda verilmiştir.

Modellemenin ardından sistem sınır koşullarına uygun olarak tanımlı yükler altında analiz edilmiştir. Analizlere ait program çıktıları da müteakip sayfalarda verilmiştir.

Yapılan analizlerde taş duvarda taşıyabileceğinden fazla çekme ve basınç gerilmeleri oluşan bölgeler tespit edilmiştir.

3.2.5 Mimari Çizimler

Mimari çizimlerden 3 tane örnek olarak göstermektedir (Üstten, Yandan ve kesit görüşleri).



Şekil 3. 2 Mimari çizimleri

3.2.6 Deprem Spektrumu

Bölgeye ait Spektrum değerleri hem grafik ve hem nümerik burada verilmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3. 4 Spektrum değerleri

Period (S)	Elastic			Inelastic		Input SAP2000		
	Spectral Coeff.	Spectral Acc.	Spectral Acc.		Spectral Acc.	Freq. (Hz)	Period (S)	Acc. (m/s ²)
T	S(T)	A ₀ I S(T)	A(T)	Ra(T)	A(T)/Ra(T)	F	T	A(T)
0,000	1,00	0,60	5,886	1,50	3,92	100,00	0,000	3,924
0,075	1,75	1,05	10,301	2,00	5,15	13,33	0,075	5,150
0,150	2,50	1,50	14,715	2,50	5,89	6,67	0,150	5,886
0,400	2,50	1,50	14,715	2,50	5,89	2,50	0,400	5,886
0,450	2,28	1,37	13,392	2,50	5,36	2,22	0,450	5,357
0,500	2,09	1,25	12,309	2,50	4,92	2,00	0,500	4,924
0,550	1,94	1,16	11,406	2,50	4,56	1,82	0,550	4,562
0,600	1,81	1,08	10,639	2,50	4,26	1,67	0,600	4,255
0,700	1,60	0,96	9,404	2,50	3,76	1,43	0,700	3,762
0,800	1,44	0,86	8,452	2,50	3,38	1,25	0,800	3,381
0,900	1,31	0,78	7,692	2,50	3,08	1,11	0,900	3,077
1,150	1,07	0,64	6,322	2,50	2,53	0,87	1,150	2,529
1,400	0,92	0,55	5,401	2,50	2,16	0,71	1,400	2,161
1,900	0,72	0,43	4,231	2,50	1,69	0,53	1,900	1,692
2,400	0,60	0,36	3,509	2,50	1,40	0,42	2,400	1,404
2,900	0,51	0,31	3,016	2,50	1,21	0,34	2,900	1,207
3,400	0,45	0,27	2,656	2,50	1,06	0,29	3,400	1,062
10,000	0,19	0,11	1,120	2,50	0,45	0,10	10,000	0,448

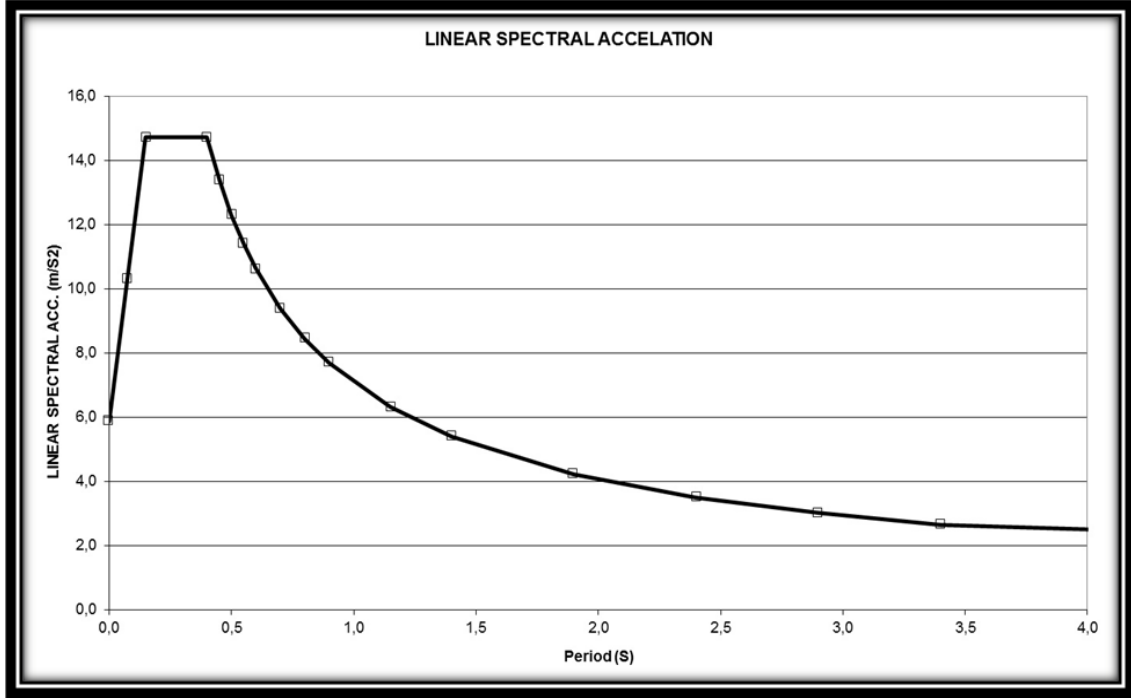
Tablo 6.4	Soil	z2
Tablo 6.2	A ₀ =	0,40
Tablo 6.3	I	1,50
Tablo 6.4	T _A	0,15
Tablo 6.4	T _B	0,40
Tablo 6.5	R=	2,50
	Gravity=	9,81
	T	

Input blue values from table 6.4, 6.2 & 6.5	z2	Soil Type (Z)
	1	Earthquake Zone Type
	1,50	Importance Factor
	2,50	Reduction Factor
	1,00	No Reduction For Elastic

FORMULAS:

(6.1)	A(T)= A ₀ I S(T)=	0,600	S(T)
(6.2a)	S(T)=1+1.5T/T _A =		(0<T<T _A)
(6.2b)	S(T)=2.5=		(T _A <T<T _B)
(6.2c)	S(T)=2.5(T _B /T) ^{0.8} =		(T>T _B)
(6.3a)	Ra(T)=1.5+(R-1.5)T/T _A =		(0<T<T _A)
(6.3b)	Ra(T)=R=	2,50	(T>T _A)

TABLO 6.2.		TABLO 6.4.		
Etkin yer ivmesi katsayısı		Spektrum karakteristik periotları		
deprem bölgesi	A ₀	Zemin Sınıfı	T _A (S)	T _B (S)
1,00	0,40	Z1	0,10	0,30
2,00	0,30	Z2	0,15	0,40
3,00	0,20	Z3	0,15	0,60
4,00	0,10	Z4	0,20	0,90



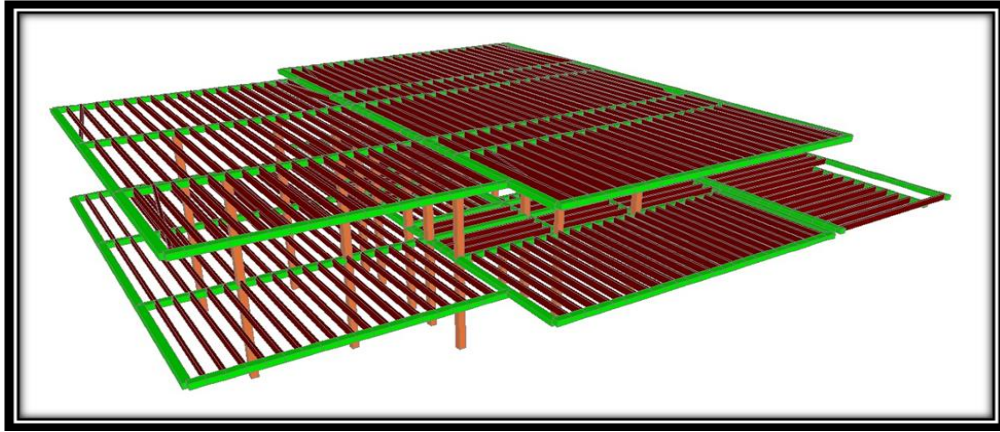
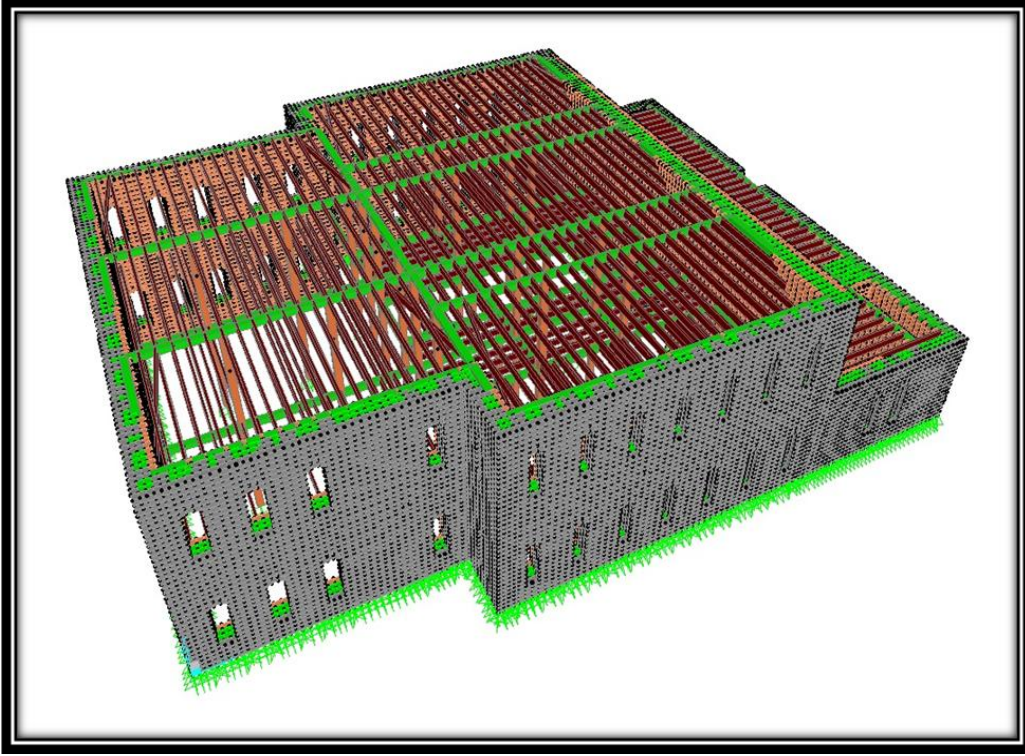
Şekil 3. 3 Spektrum grafiği

3.3 Sonlu Eleman Modeli

3.3.1 Üç Boyutlu Model İso metrik Cephe Görünüşleri

Bu bölümde röleve teknik çizimlerden faydalanılarak hazırlanmış üç boyutlu modelin Sap2000 programına aktarıldıktan sonra üç boyutlu kabuk ve çubuk elemanlardan oluşan modelden elde ettiğimiz cephe görünüşlerinden örnek olarak yer vereceğiz.

Model üzerindeki renk farklılıkları farklı karakteristik veya özellikteki elemanları temsil etmektedir.



Şekil 3. 4 Üç boyutlu model isometrik cephe görünüşleri

3.3.2 Statik Model İçin Yüklemeler

Yapı modelin döşemesine 150 kg/m^2 , ayrıca hareketli yük olarak ta 500 kg/m^2 uygulanmıştır.

3.4 Deformasyon

3.4.1 Genel

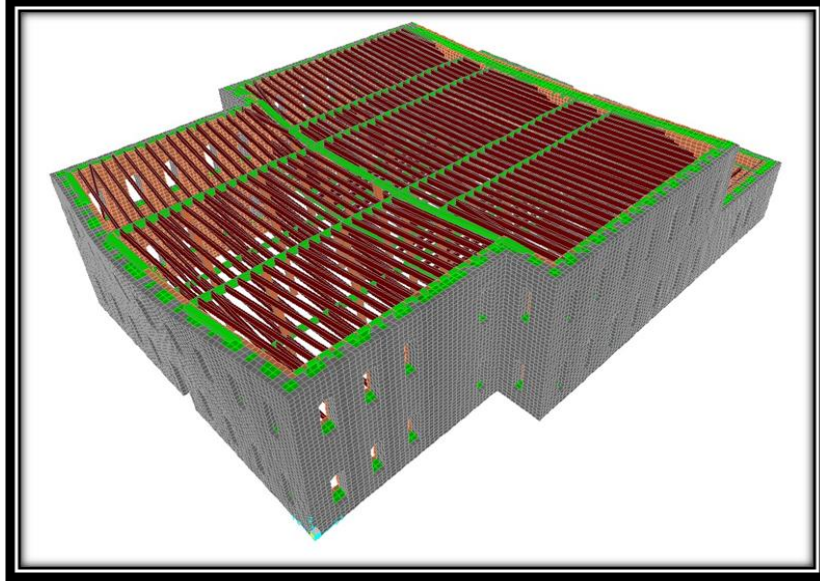
Zati, Kaplama, Kar, Hareketli ve deprem yüklerinin meydana getirdiği deformasyon şekilleri elde edilecektir.

3.4.2 Kat Deformasyon Değerleri

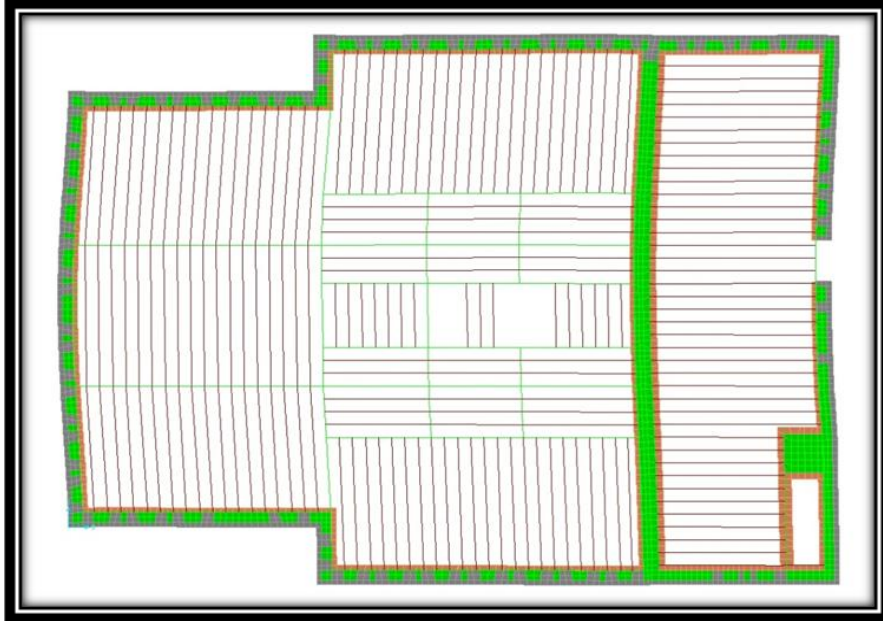
Deformasyonların genel değerleri sadece kombinasyonlar için hesaplanacaktır.

3.4.3 Modal Analiz

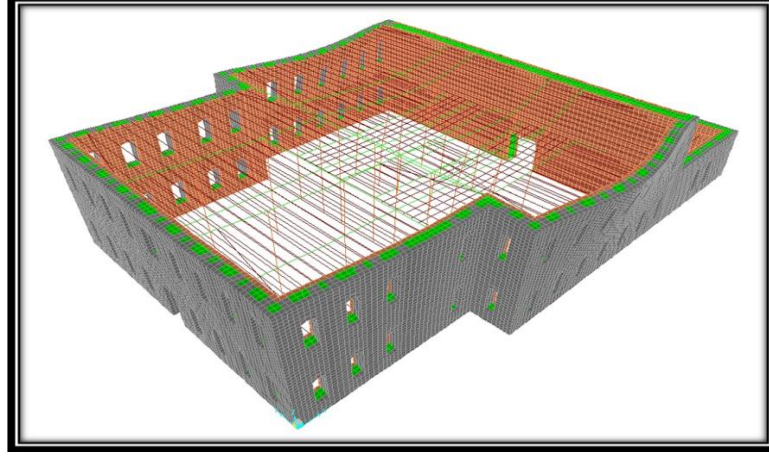
Burada modal analizden meydana gelen deformasyonların değişik cephelerden görünüşleri verilmiştir (1.modal örnek olarak göstermektedir).



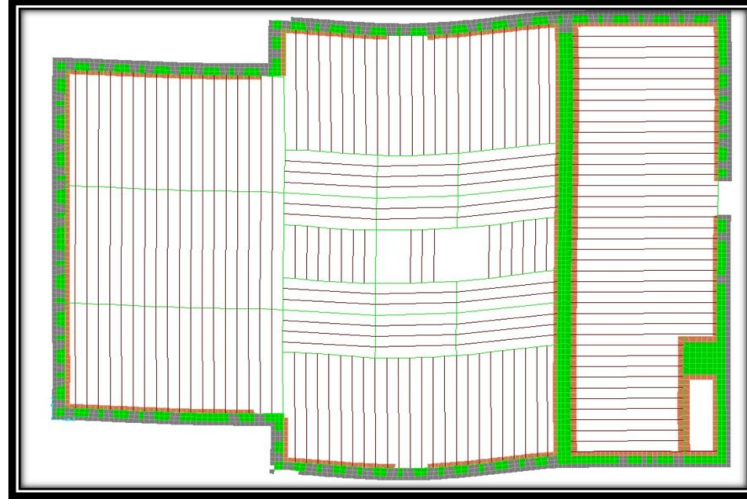
Şekil 3. 5 1.Modda cephenin görünümü



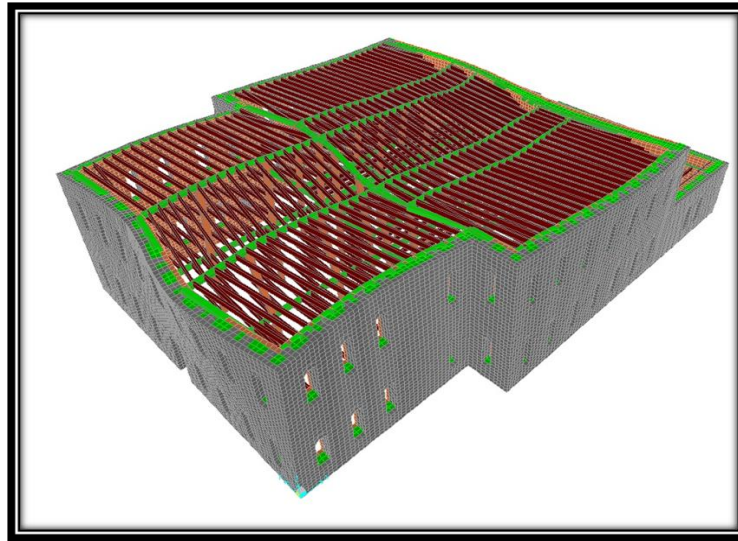
Şekil 3. 6 1.Modda plandan görünüş



Şekil 3. 7 2.Modda cephenin görünümü



Şekil 3. 8 2.Modda plandan görünüşü



Şekil 3. 9 5.Modda cepheden görünüş



Şekil 3. 10 5.Modda plandan görünüş

3.4.4 Modal Analiz Değerleri

Bu çalışmada, yapının özdeğerlerini hesaplamak için Ritz Vektör Metodu kullanılmıştır. Yapının modal periyotları, frekansları ve modal etkin kütle oranları ile toplam etkin kütle oranları ilk 15 modları hesaplanmıştır. Yapının geometri durumu düzensiz olduğu için farklı açılarda modal değerler hesaplanmaktadır.

Çizelge 3. 5 Modal Analiz Değerleri

DEPREMLİ SPEKTRUM

TABLE: Joint Displacements					
Joint No	Loading	Type	U1 mm	U2 mm	U3 mm
K-01	4-S000X	Max	0.37	0.11	0.1
K-01	4-S000X	Min	-0.39	-0.10	-0.2
K-02	4-S000X	Max	1.11	0.06	0.1
K-02	4-S000X	Min	-1.28	-0.05	-0.2
K-03	4-S000X	Min	-0.62	-0.17	-0.2
K-03	4-S000X	Max	0.61	0.17	0.1
K-04	4-S000X	Max	1.57	0.78	0.1
K-04	4-S000X	Min	-1.60	-0.76	-0.5
K-05	4-S000X	Min	-1.50	-0.56	-0.7
K-05	4-S000X	Max	1.58	0.59	0.1
K-06	4-S000X	Min	-1.88	-0.64	-0.7
K-06	4-S000X	Max	1.91	0.60	0.3
K-07	4-S000X	Max	2.93	0.27	-2.8
K-07	4-S000X	Min	-2.89	-0.34	-2.8
K-08	4-S000X	Min	-3.07	-0.26	-7.0
K-08	4-S000X	Max	3.09	0.21	-6.6
K-09	4-S000X	Min	-3.60	-0.26	-0.4
K-09	4-S000X	Max	3.66	0.22	-0.1
K-10	4-S000X	Max	4.53	0.05	-0.2
K-10	4-S000X	Min	-4.66	-0.12	-0.6
K-11	4-S000X	Max	3.08	0.25	-0.4
K-11	4-S000X	Min	-3.06	-0.31	-0.4
K-12	4-S000X	Max	3.08	0.27	-5.5
K-12	4-S000X	Min	-3.05	-0.37	-6.3
K-13	4-S000X	Min	-2.06	-0.52	-0.6
K-13	4-S000X	Max	2.11	0.45	0.3
K-14	4-S000X	Min	-1.96	-0.77	-0.6
K-14	4-S000X	Max	1.91	0.67	0.1
K-15	4-S000X	Max	1.93	0.45	0.2
K-15	4-S000X	Min	-1.94	-0.56	-0.6

Joint No	Loading	Type	U1 mm	U2 mm	U3 mm
K-01	4-S000Y	Min	-0.13	-0.10	-0.1
K-01	4-S000Y	Max	0.12	0.11	0.0
K-02	4-S000Y	Max	0.04	0.09	0.0
K-02	4-S000Y	Min	-0.21	-0.09	-0.1
K-03	4-S000Y	Max	0.18	0.18	0.0
K-03	4-S000Y	Min	-0.19	-0.18	-0.2
K-04	4-S000Y	Min	-0.27	-3.07	-0.6
K-04	4-S000Y	Max	0.23	3.09	0.2
K-05	4-S000Y	Min	-0.80	-1.18	-0.8
K-05	4-S000Y	Max	0.87	1.22	0.2
K-06	4-S000Y	Min	-0.47	-2.29	-0.6
K-06	4-S000Y	Max	0.50	2.25	0.3
K-07	4-S000Y	Min	-0.30	-3.22	-2.8
K-07	4-S000Y	Max	0.34	3.14	-2.8
K-08	4-S000Y	Max	0.27	2.56	-6.8
K-08	4-S000Y	Min	-0.25	-2.60	-6.9
K-09	4-S000Y	Min	-0.28	-2.13	-0.3
K-09	4-S000Y	Max	0.34	2.09	-0.2
K-10	4-S000Y	Max	0.32	0.86	-0.3
K-10	4-S000Y	Min	-0.45	-0.93	-0.4
K-11	4-S000Y	Max	0.27	3.05	-0.4
K-11	4-S000Y	Min	-0.24	-3.12	-0.4
K-12	4-S000Y	Min	-0.28	-3.30	-6.4
K-12	4-S000Y	Max	0.30	3.20	-5.4
K-13	4-S000Y	Min	-0.48	-2.25	-0.6
K-13	4-S000Y	Max	0.53	2.18	0.3
K-14	4-S000Y	Max	0.27	3.06	0.2
K-14	4-S000Y	Min	-0.32	-3.16	-0.6
K-15	4-S000Y	Min	-0.87	-1.25	-0.7
K-15	4-S000Y	Max	0.86	1.13	0.3

Çizelge 3. 6 Modal Analiz Değerleri

TABLE: Joint Displacements					
Joint	Loading		U1	U2	U3
No		Type	mm	mm	mm
K-01	2-gq		-0.01	0.00	-0.1
K-02	2-gq		-0.08	0.00	0.0
K-03	2-gq		-0.01	0.00	-0.1
K-04	2-gq		-0.02	0.01	-0.2
K-05	2-gq		0.04	0.02	-0.3
K-06	2-gq		0.02	-0.02	-0.2
K-07	2-gq		0.02	-0.04	-2.8
K-08	2-gq		0.01	-0.02	-6.8
K-09	2-gq		0.03	-0.02	-0.2
K-10	2-gq		-0.06	-0.03	-0.4
K-11	2-gq		0.01	-0.03	-0.4
K-12	2-gq		0.01	-0.05	-5.9
K-13	2-gq		0.02	-0.03	-0.2
K-14	2-gq		-0.02	-0.05	-0.2
K-15	2-gq		0.00	-0.06	-0.2

Joint	Loading		U1	U2	U3
No		Type	mm	mm	mm

ZATİ + HAREKTLİ

EŞDEĞER DEPREMLİ

K-01	3-e000Y		-0.01	0.00	-0.1
K-02	3-e000Y		-0.08	0.00	0.0
K-03	3-e000Y		-0.01	0.00	-0.1
K-04	3-e000Y		-0.02	0.01	-0.2
K-05	3-e000Y		0.04	0.02	-0.3
K-06	3-e000Y		0.02	-0.02	-0.2
K-07	3-e000Y		0.02	-0.04	-2.8
K-08	3-e000Y		0.01	-0.02	-6.8
K-09	3-e000Y		0.03	-0.02	-0.2
K-10	3-e000Y		-0.06	-0.03	-0.4
K-11	3-e000Y		0.01	-0.03	-0.4
K-12	3-e000Y		0.01	-0.05	-5.9
K-13	3-e000Y		0.02	-0.03	-0.2
K-14	3-e000Y		-0.02	-0.05	-0.2
K-15	3-e000Y		0.00	-0.06	-0.2

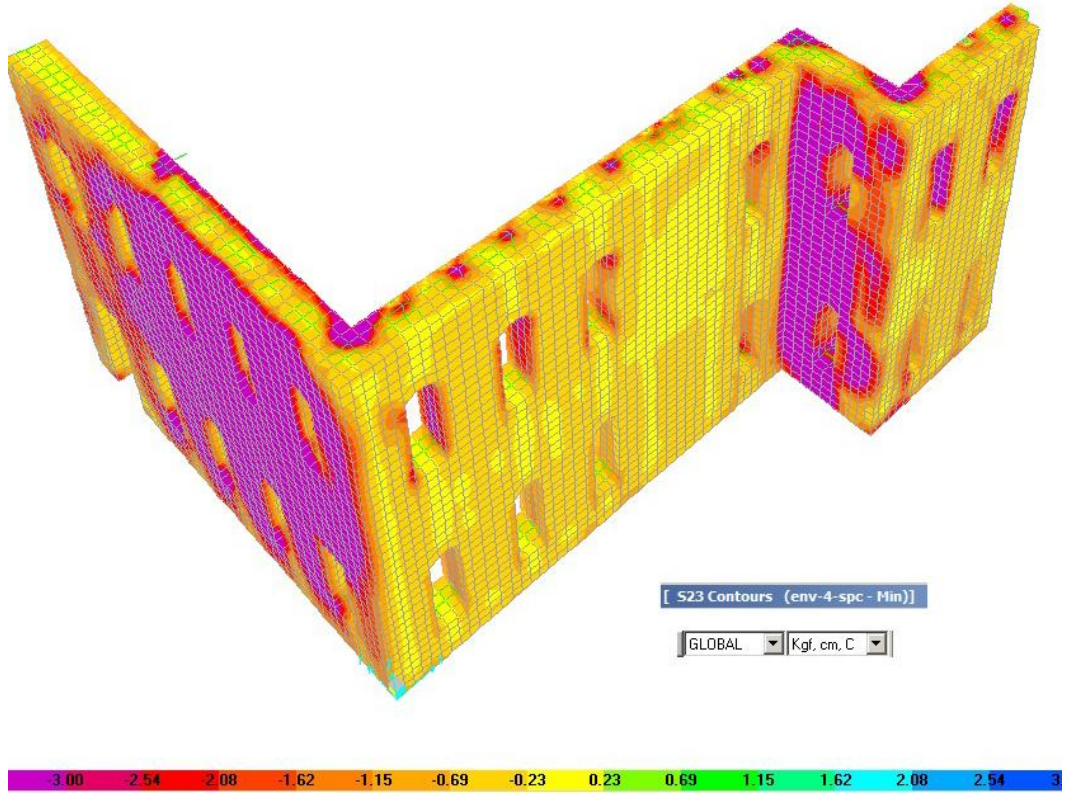
K-01	3-e000X		-0.01	0.00	-0.1
K-02	3-e000X		-0.08	0.00	0.0
K-03	3-e000X		-0.01	0.00	-0.1
K-04	3-e000X		-0.02	0.01	-0.2
K-05	3-e000X		0.04	0.02	-0.3
K-06	3-e000X		0.02	-0.02	-0.2
K-07	3-e000X		0.02	-0.04	-2.8
K-08	3-e000X		0.01	-0.02	-6.8
K-09	3-e000X		0.03	-0.02	-0.2
K-10	3-e000X		-0.06	-0.03	-0.4
K-11	3-e000X		0.01	-0.03	-0.4
K-12	3-e000X		0.01	-0.05	-5.9
K-13	3-e000X		0.02	-0.03	-0.2
K-14	3-e000X		-0.02	-0.05	-0.2
K-15	3-e000X		0.00	-0.06	-0.2

Çizelge 3. 7 Modal Analiz Değerleri

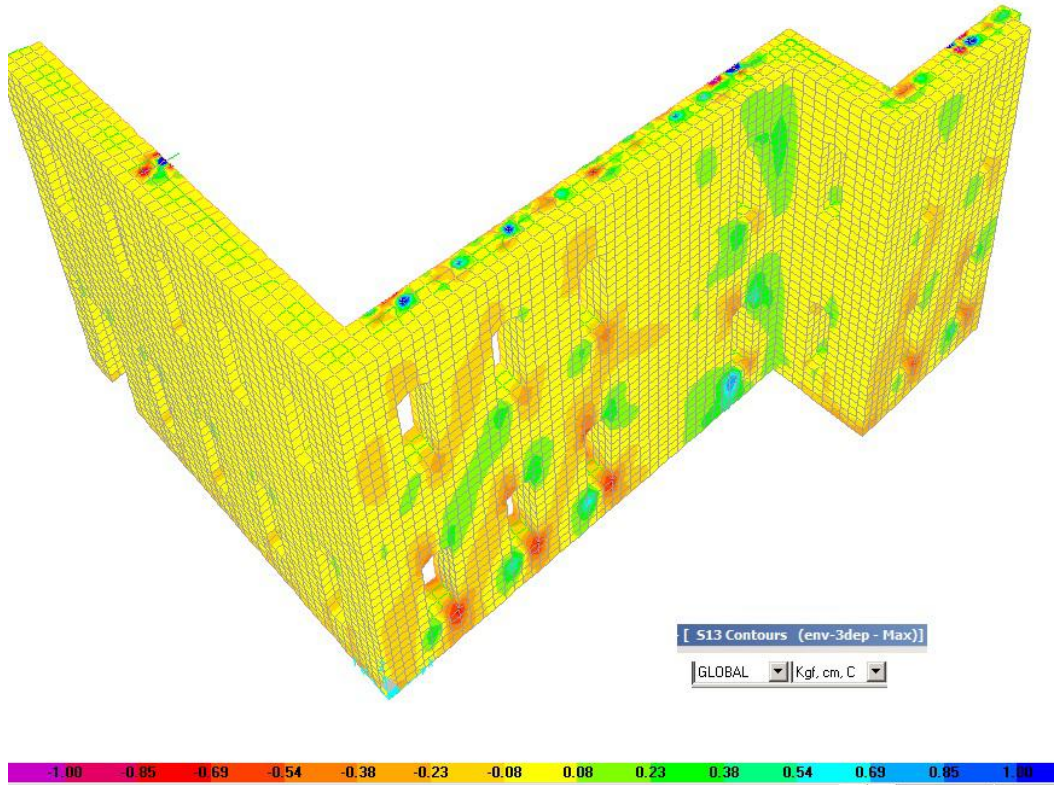
DEPREMLİ MAK. Ve
MİN'LER

TABLE: Joint Displacements					
Joint No	Loading	Type	U1 mm	U2 mm	U3 mm
K-01	env-3dep	Max	-0.01	0.00	-0.1
K-01	env-3dep	Min	-0.01	0.00	-0.1
K-02	env-3dep	Max	-0.08	0.00	0.0
K-02	env-3dep	Min	-0.08	0.00	0.0
K-03	env-3dep	Max	-0.01	0.00	-0.1
K-03	env-3dep	Min	-0.01	0.00	-0.1
K-04	env-3dep	Max	-0.02	0.01	-0.2
K-04	env-3dep	Min	-0.02	0.01	-0.2
K-05	env-3dep	Min	0.04	0.02	-0.3
K-05	env-3dep	Max	0.04	0.02	-0.3
K-06	env-3dep	Max	0.02	-0.02	-0.2
K-06	env-3dep	Min	0.02	-0.02	-0.2
K-07	env-3dep	Max	0.02	-0.04	-2.8
K-07	env-3dep	Min	0.02	-0.04	-2.8
K-08	env-3dep	Max	0.01	-0.02	-6.8
K-08	env-3dep	Min	0.01	-0.02	-6.8
K-09	env-3dep	Max	0.03	-0.02	-0.2
K-09	env-3dep	Min	0.03	-0.02	-0.2
K-10	env-3dep	Min	-0.06	-0.03	-0.4
K-10	env-3dep	Max	-0.06	-0.03	-0.4
K-11	env-3dep	Max	0.01	-0.03	-0.4
K-11	env-3dep	Min	0.01	-0.03	-0.4
K-12	env-3dep	Min	0.01	-0.05	-5.9
K-12	env-3dep	Max	0.01	-0.05	-5.9
K-13	env-3dep	Min	0.02	-0.03	-0.2
K-13	env-3dep	Max	0.02	-0.03	-0.2
K-14	env-3dep	Max	-0.02	-0.05	-0.2
K-14	env-3dep	Min	-0.02	-0.05	-0.2
K-15	env-3dep	Max	0.00	-0.06	-0.2
K-15	env-3dep	Min	0.00	-0.06	-0.2

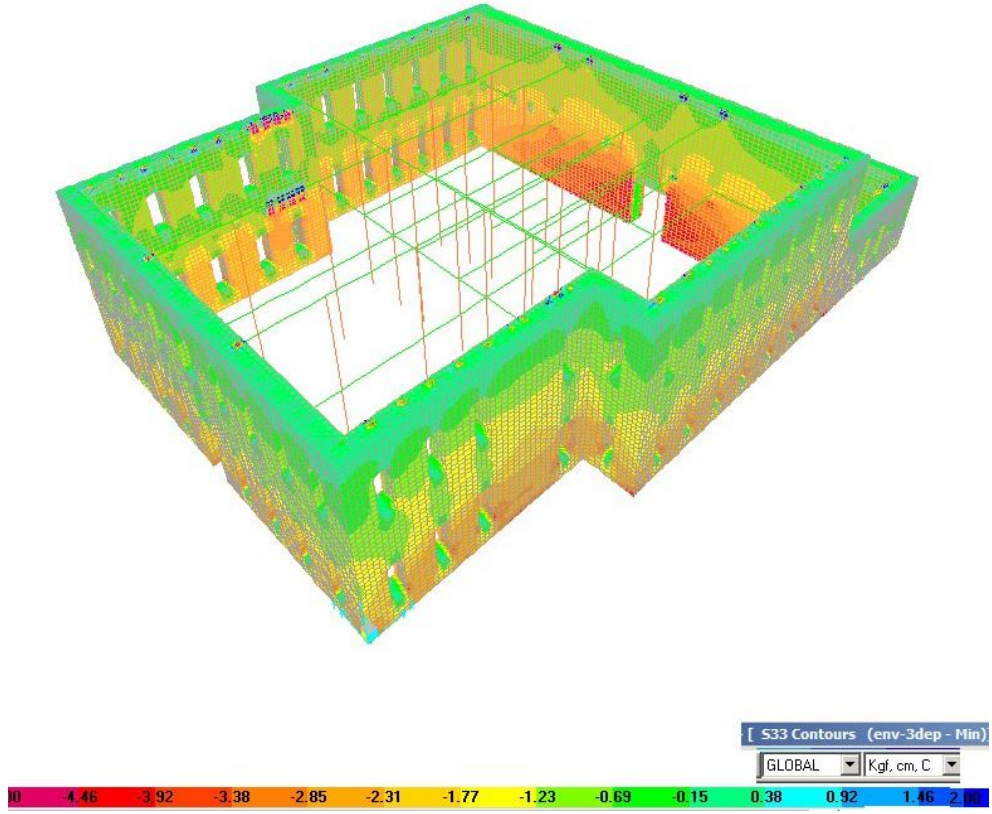
Joint No	Loading	Type	U1 mm	U2 mm	U3 mm
K-01	env-4-spc	Min	-0.39	-0.10	-0.2
K-01	env-4-spc	Max	0.37	0.11	0.1
K-02	env-4-spc	Max	1.11	0.09	0.1
K-02	env-4-spc	Min	-1.28	-0.09	-0.2
K-03	env-4-spc	Min	-0.64	-0.23	-0.3
K-03	env-4-spc	Max	0.63	0.23	0.1
K-04	env-4-spc	Min	-1.60	-3.15	-0.7
K-04	env-4-spc	Max	1.57	3.16	0.3
K-05	env-4-spc	Min	-1.50	-1.18	-0.8
K-05	env-4-spc	Max	1.58	1.22	0.2
K-06	env-4-spc	Max	1.97	2.32	0.5
K-06	env-4-spc	Min	-1.93	-2.36	-0.8
K-07	env-4-spc	Min	-2.89	-3.22	-2.8
K-07	env-4-spc	Max	2.93	3.14	-2.8
K-08	env-4-spc	Min	-3.07	-2.60	-7.0
K-08	env-4-spc	Max	3.09	2.56	-6.6
K-09	env-4-spc	Max	3.66	2.09	-0.1
K-09	env-4-spc	Min	-3.60	-2.13	-0.4
K-10	env-4-spc	Max	4.53	0.86	-0.2
K-10	env-4-spc	Min	-4.66	-0.93	-0.6
K-11	env-4-spc	Min	-3.06	-3.12	-0.4
K-11	env-4-spc	Max	3.08	3.05	-0.4
K-12	env-4-spc	Max	3.08	3.20	-5.4
K-12	env-4-spc	Min	-3.05	-3.30	-6.4
K-13	env-4-spc	Max	2.11	2.18	0.3
K-13	env-4-spc	Min	-2.06	-2.25	-0.6
K-14	env-4-spc	Min	-1.96	-3.16	-0.6
K-14	env-4-spc	Max	1.91	3.06	0.2
K-15	env-4-spc	Max	2.10	1.22	0.4
K-15	env-4-spc	Min	-2.11	-1.33	-0.8



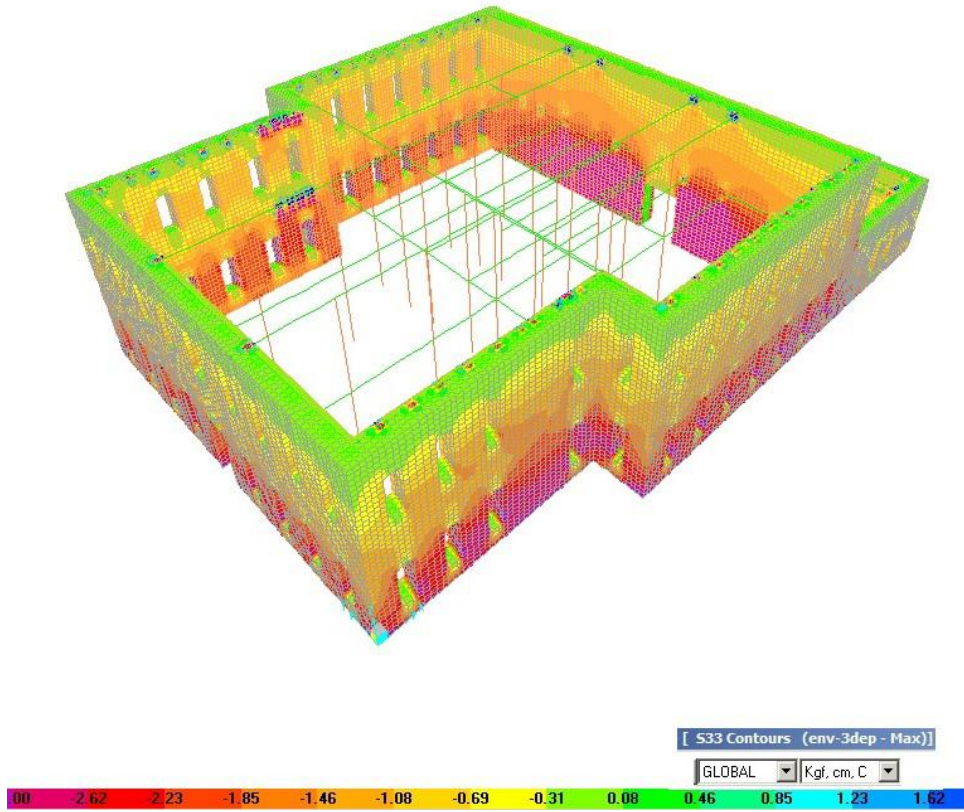
Şekil 3. 11 S23 Spektrum-Min



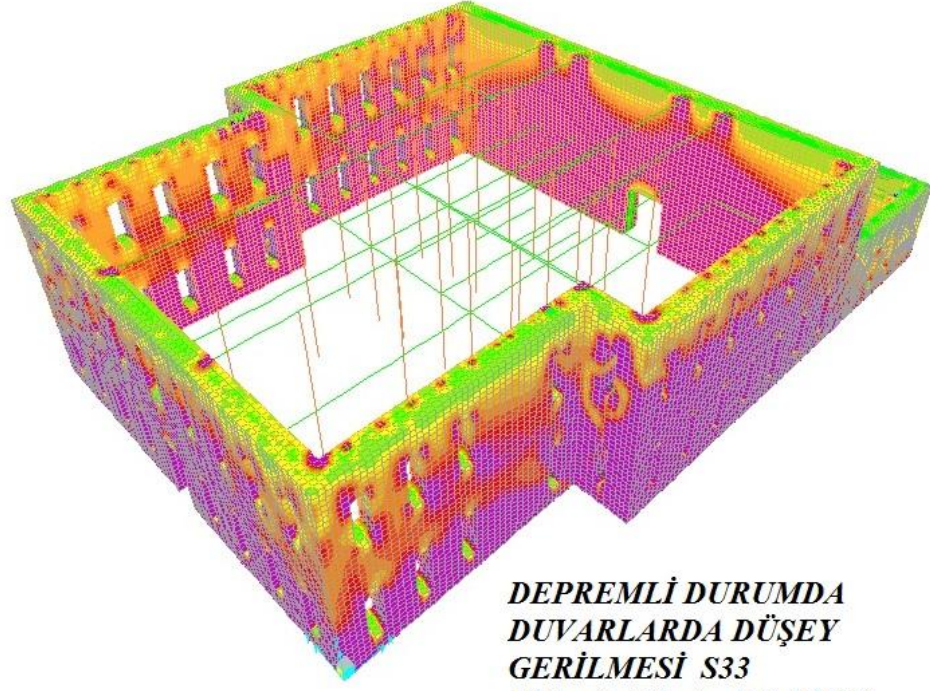
Şekil 3. 12 S13 Deprem-Max



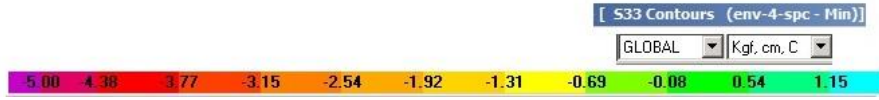
Şekil 3. 13 S33 Deprem-Min



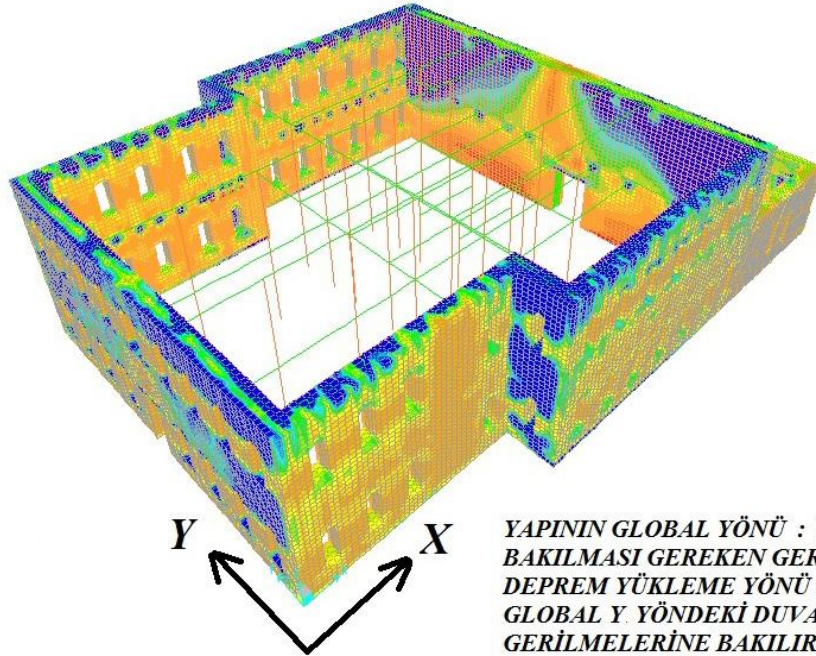
Şekil 3. 14 S33 Deprem-Max



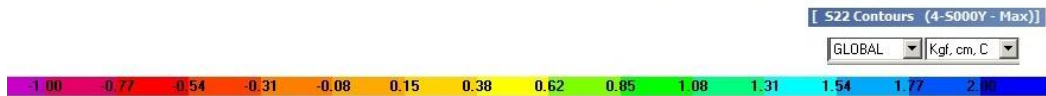
**DEPREMLİ DURUMDA
DUVARLARDA DÜŞEY
GERİLMESİ S33
S33 = 4 -6 kg/cm2 BASINÇ**



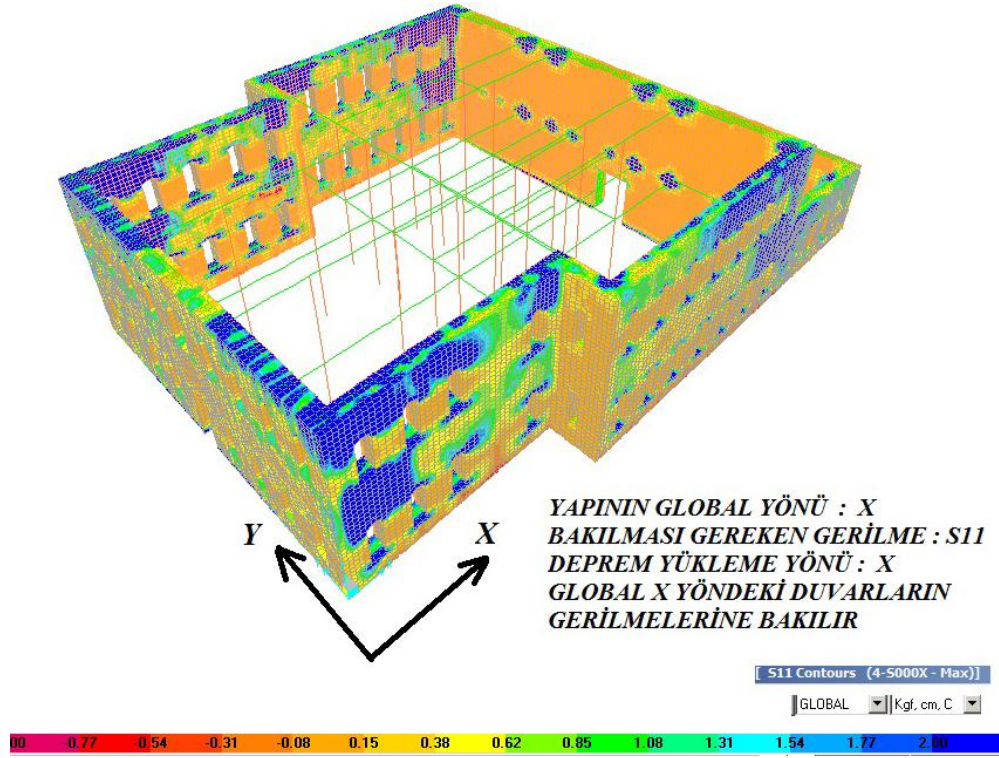
Şekil 3. 15 S33 Spectrum–Min



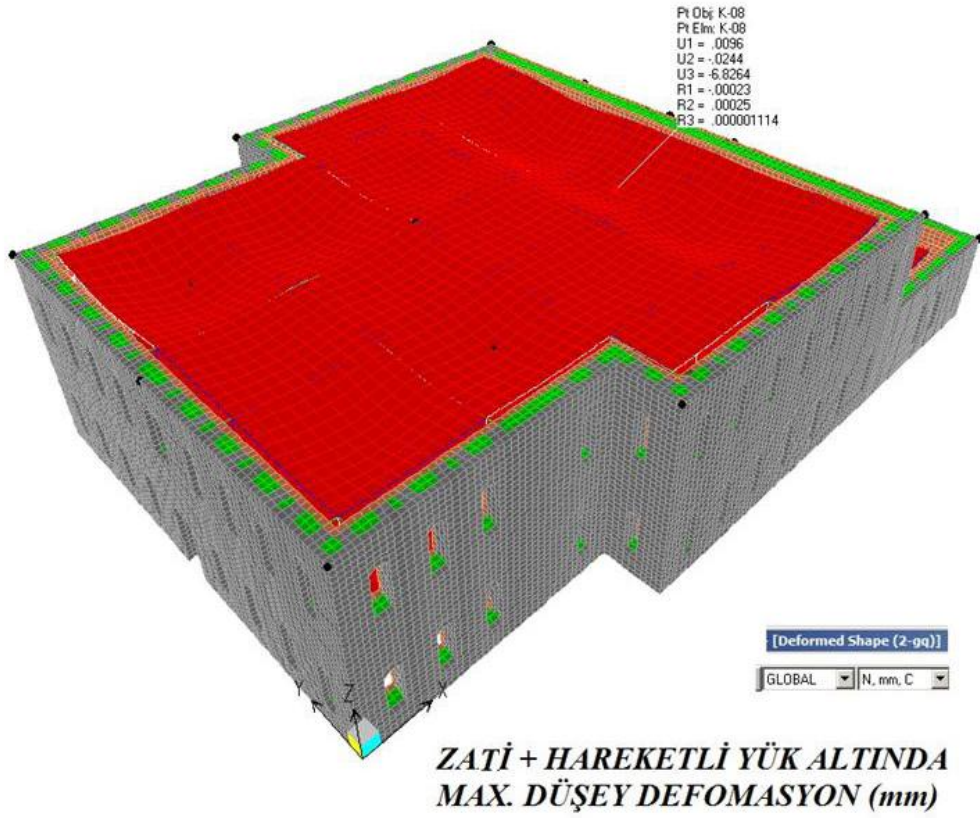
**YAPININ GLOBAL YÖNÜ : Y
BAKILMASI GEREKEN GERİLME : S22
DEPREM YÜKLEME YÖNÜ : Y
GLOBAL Y YÖNDEKİ DUVARLARIN
GERİLMELERİNE BAKILIR**



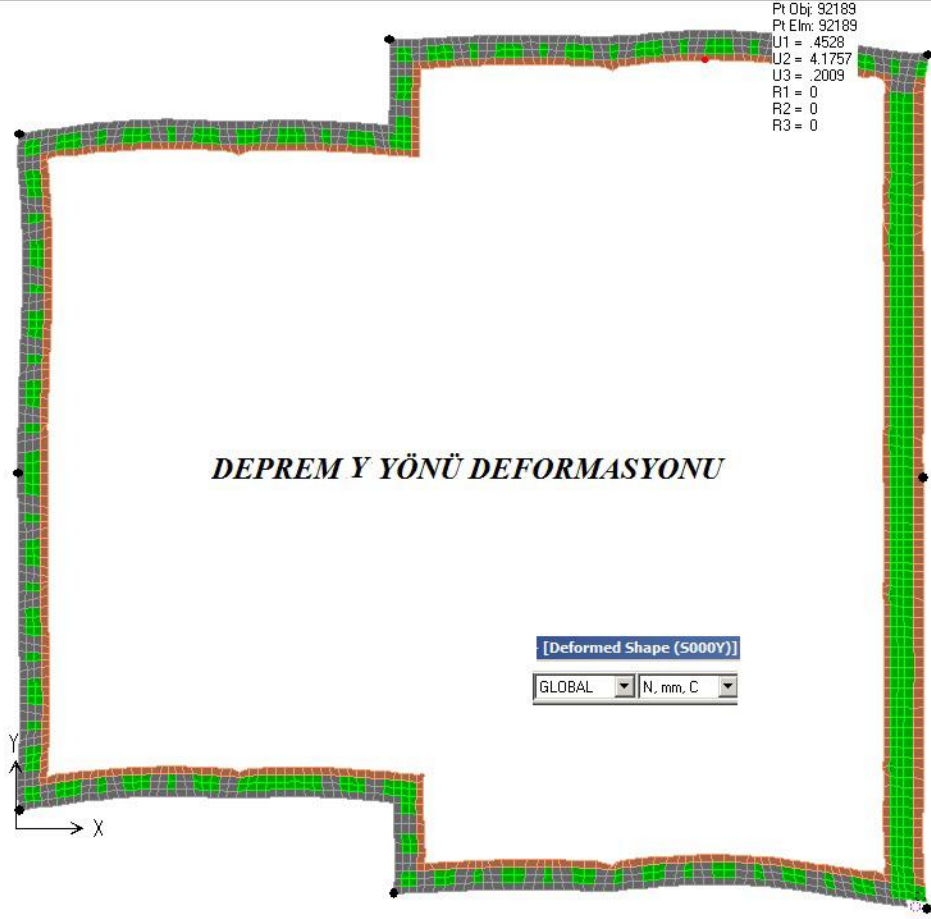
Şekil 3. 16 S22 Y Doğrultusunda-Max



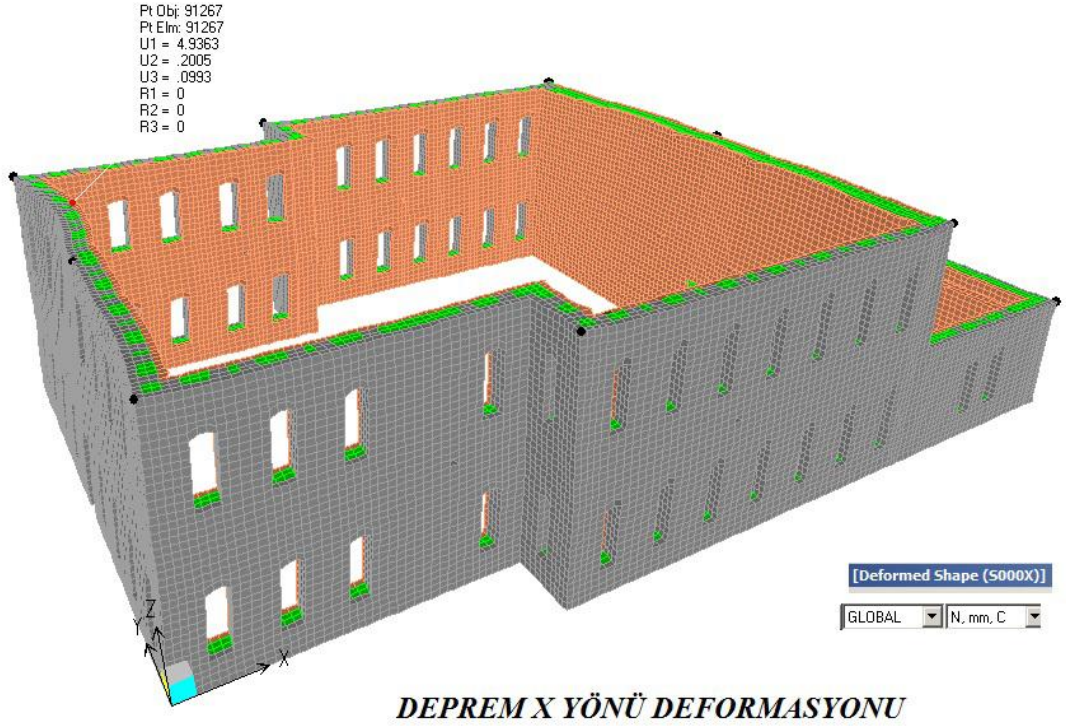
Şekil 3. 17 S11 X Doğrultusunda-Max



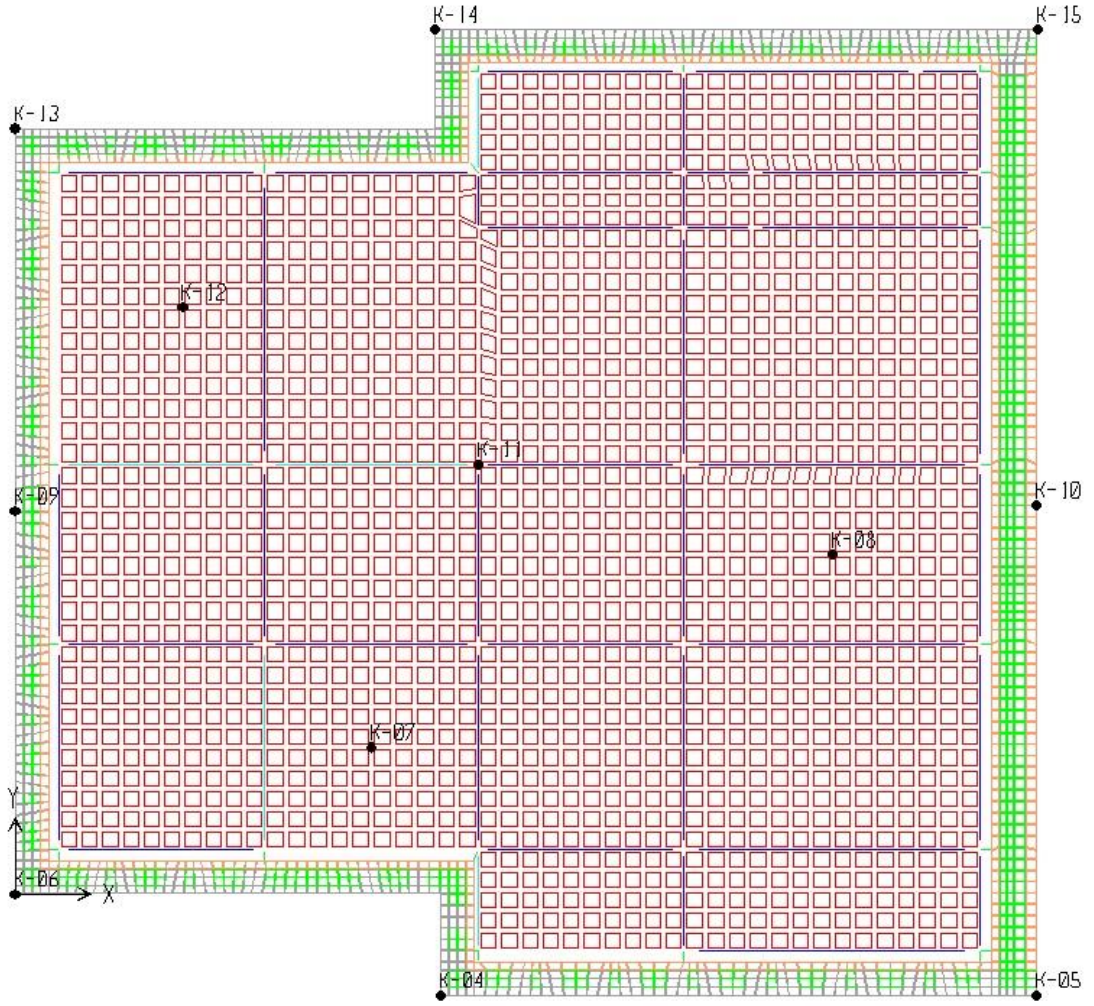
Şekil 3. 18 Deformasyon



Şekil 3. 19 Deformasyon



Şekil 3. 20 Deformasyon



İŞARETLİ YERLERDE DEFORMASYON DEĞERLER GÖSTERİLMİŞTİR

Şekil 3. 21 Deformasyon Noktaları

3.5 Eleman iç Kuvvetleri

3.5.1 Genel

Kolon ve kirişlerdeki iç kuvvetler burada tablo halinde gösterilmiştir

Burada kolaylık olsun ve daha rahat kontrol edilmesi için elemanlar bu şekilde numaralanmıştır:

Kolonlar k_0- ve numarası

kirişler k_x- ve numarası Global X doğrultusunda

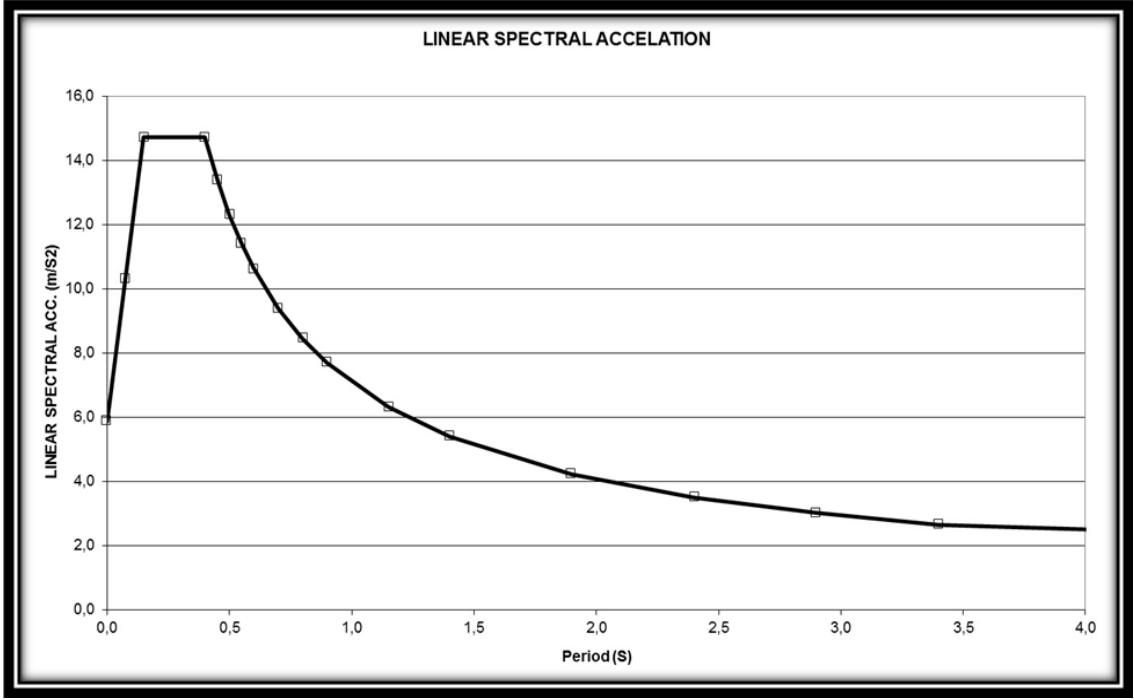
Kirişler k_y- ve numarası loba Y doğrultusunda

payanda p_y- ve numarası.

Duvarların kabuk eleman olarak modellenmiş.

3.5.2 Yığma Duvar İç Kuvvetleri

Duvarların kabuk eleman olarak modellenmiş ve iç kuvvetleri yatay ve düşey doğrultularda burda grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. 22 Spektrum grafiği

3.6 Eleman Tasarımı Ve Tahkikleri

3.6.1 Genel

Önceki bölümden elde edilen eleman iç kuvvetleri burada tasarımı ve tahkiki ve güçlendirmeleri yapılacaktır.

Çubuk eleman (frame) olan ahşap kolon ve kirişlerin iç kuvvetlerinden meydana gelen gerilmeler kapasitesine göre tasarlanmıştır ve sonuçlar burada tablo halinde verilmiştir. Bu değerler otomatik olarak bilgisayar hesaplamaktadır.

Kabuk eleman (shell) olan yığma duvarların yatay çekmeleri hesaplanıp bu çekmelerin miktarlarınca taşıyacak olan çekme bantların yerleştirilecektir.

3.6.2 İzgara Kirişlerin Yük Tahkiki

Genelde döşemeler izgara şeklinde hazırlanmaktadır ve örnek bir hesap aşağıda verilmiştir. Yapıda kullanılan ahşap asmolen döşeme kirişlerinin birbiri arasındaki minimum mesafe 40 cm'dir.

TS647 Ahşap yapıların yapım kuralları yönetmeliğinde belirtilen şartları sağlayan en ekonomik kesit hesaplanıp tasarım yapılmıştır (Çizelge 3. 8).

AHŞAP YAPIDA KULLANILAN IZGARA (ASMOLEN) KIRIŞLARI YÜK TAHKİKİ

Kullanılan Yükler

Normal Kat Döşemesinde Kullanılan Yükler

Sabit Yükler	100 kg/m ²
Hareketli Yükler	200 kg/m ²
Toplam (TY)	300 kg/m²

Çatı Kat Döşemesinde Kullanılan Yükler

Sabit Yükler	75 kg/m ²
Hareketli Yükler	200 kg/m ²
Toplam (TY)	275 kg/m²

Max. Toplam Yük 300 kg/m²

Yapıda kullanılan tüm yükler **TS498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri** yönetmeliğinden alınmıştır

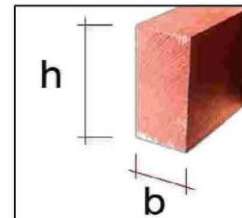
Yapıda Maximum İzgara Elmanı Uzunluğu (L)	3,9 m
Yapıda İki İzgara arası açıklık (d)	0,4 m

Asmolen Kirişe Metrede Gelen Max. Yük Miktarı = $Y_{max} = (TY)_{max} \times d = 120 \text{ kg/m}$

Asmolen Kirişlerine Gelen Max. Moment Miktarı = $M_{max} = (L^2 \times Y_{max}) / 8 = 228,15 \text{ kg.m}$

Kullanılan Asmolen Kirişin Kesit Değerleri =

TS 647 Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları yönetmeliğinde birinci sınıf iğne yapraklılar grubunda verilen kabul edilebilir eğilme değeri 130kg/cm² dir.



Çizelge 3. 8 Gerilme Değerleri

Kesitler	Eni	Yüksekliği	w	Kesitler İçin Kırıtık Gerilme Değeri	
				σ (kg/m ²)	σ (kg/cm ²)
5x20	0,05	0,20	0,0003333	684450,0	68,4
10x20	0,10	0,20	0,0006667	342225,0	34,2
15x20	0,15	0,20	0,001	228150,0	22,8
5x15	0,05	0,15	0,0001875	1216800,0	121,7
6x17	0,06	0,17	0,000289	789446,4	78,9

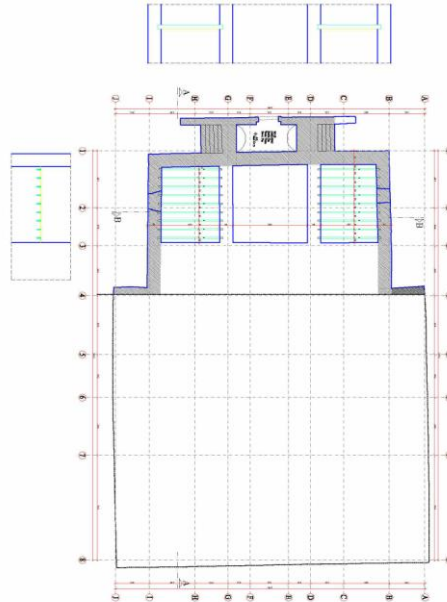
$$w = b \cdot h^2 / 12 \quad \sigma = M_{\max} / w$$

Hesapları esas tutarak değerlendirdiğimizde yapıda asmolen ızgara kirişi 6x17 kesitini kullandık.

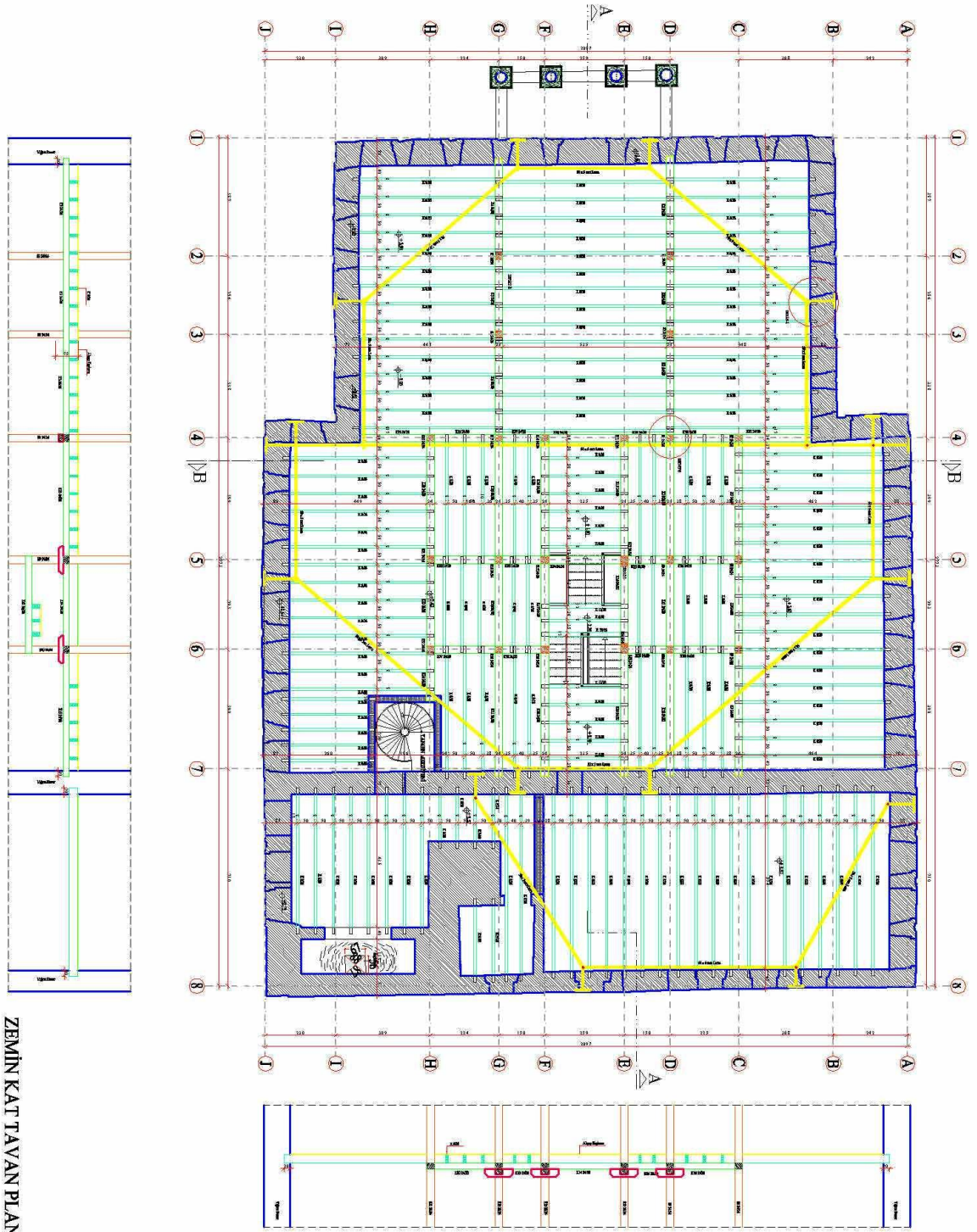
3.6.3 Kolon ve Ana Kirişlerin kapasite Tahkikleri

3.6.4 Yığma duvarların tahkikleri ve Güçlendirmeleri

Yığma duvarların yatay çekme miktarlarını önceki bölümde elde edilen değerlerini bu bölümde güçlendirme hesaplarında kullanılacaktır. Bu çekme miktarlarına muadil çekme eleman yerleştirilecektir. Burada çekme eleman olarak I profil putreller kullanılacaktır.



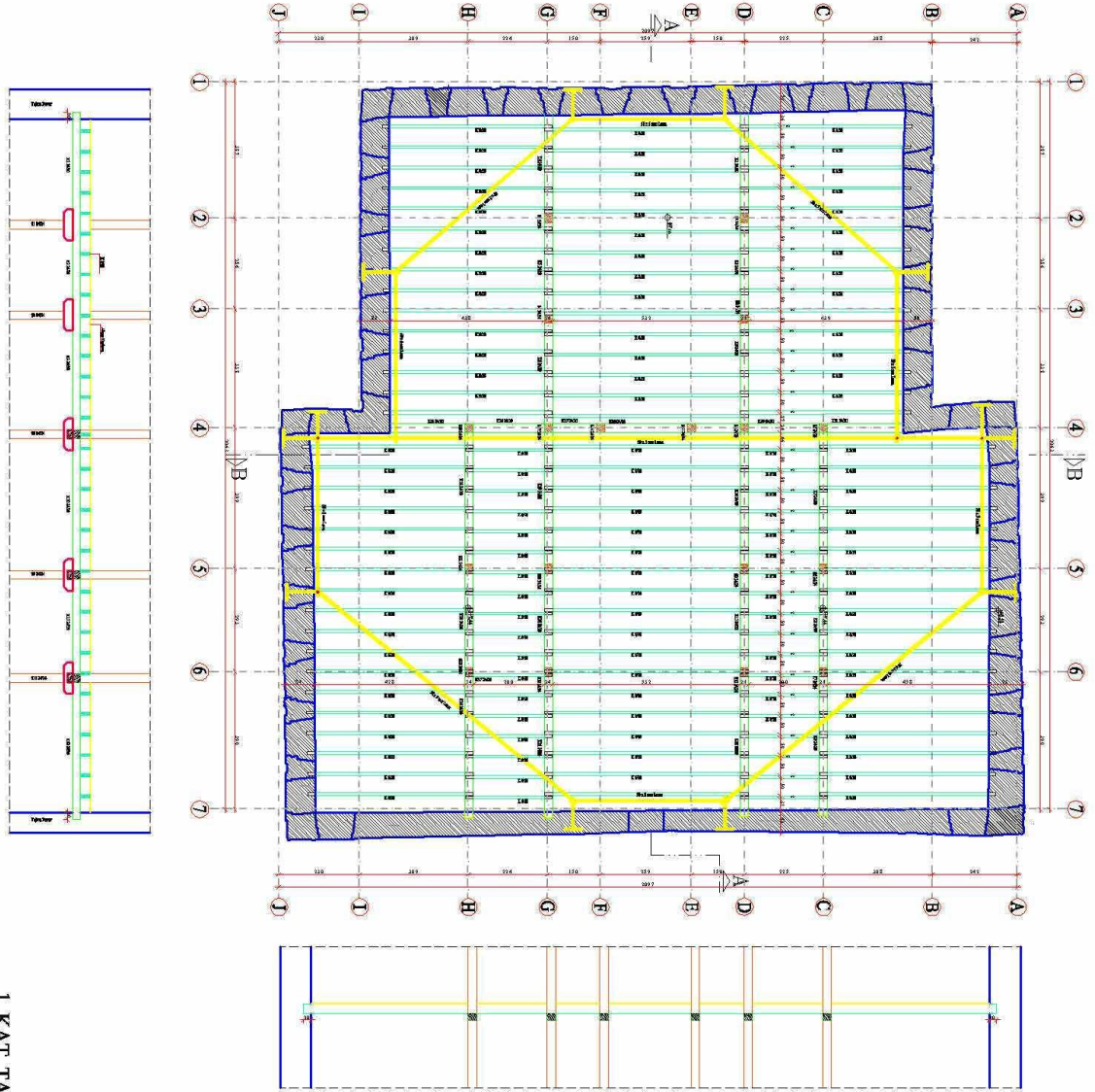
Şekil 3. 23 Plan



ZEMİN KAT TAVAN PLANI

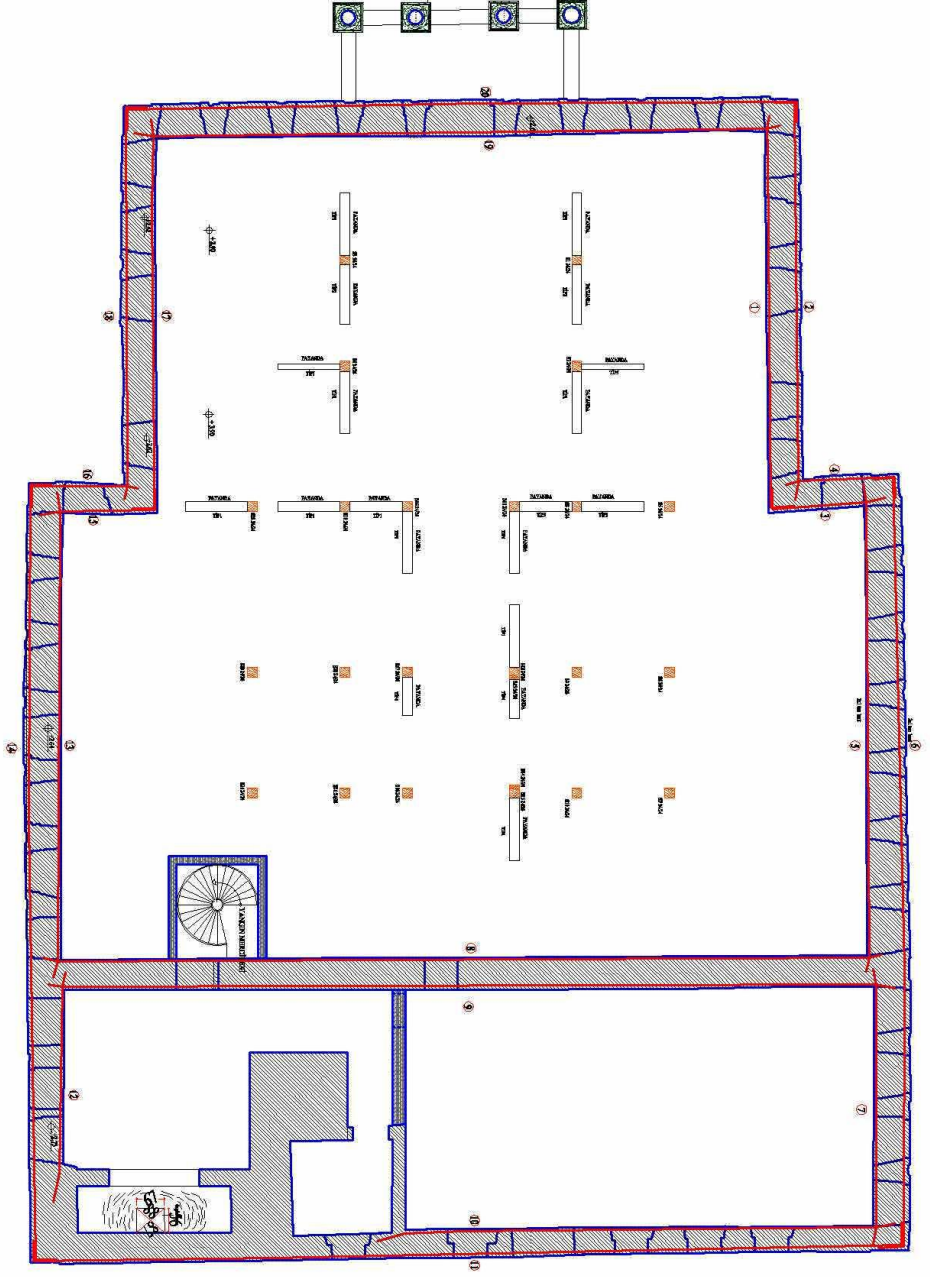
Şekil 3. 24 Zemin kat planı

1. KAT TAVAN PLANI



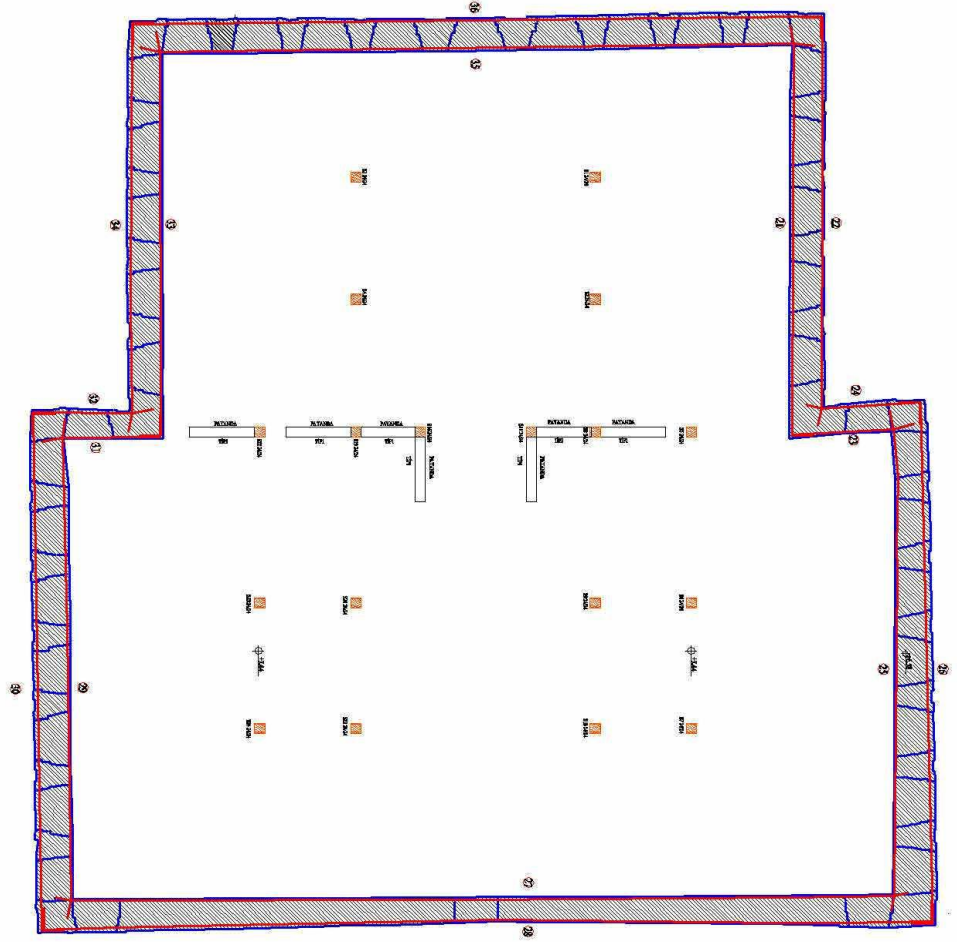
Şekil 3. 25 1.kat planı

ZEMİN KAT PAYANDA VE KARBONT BANT YERLEŞİM PLANI



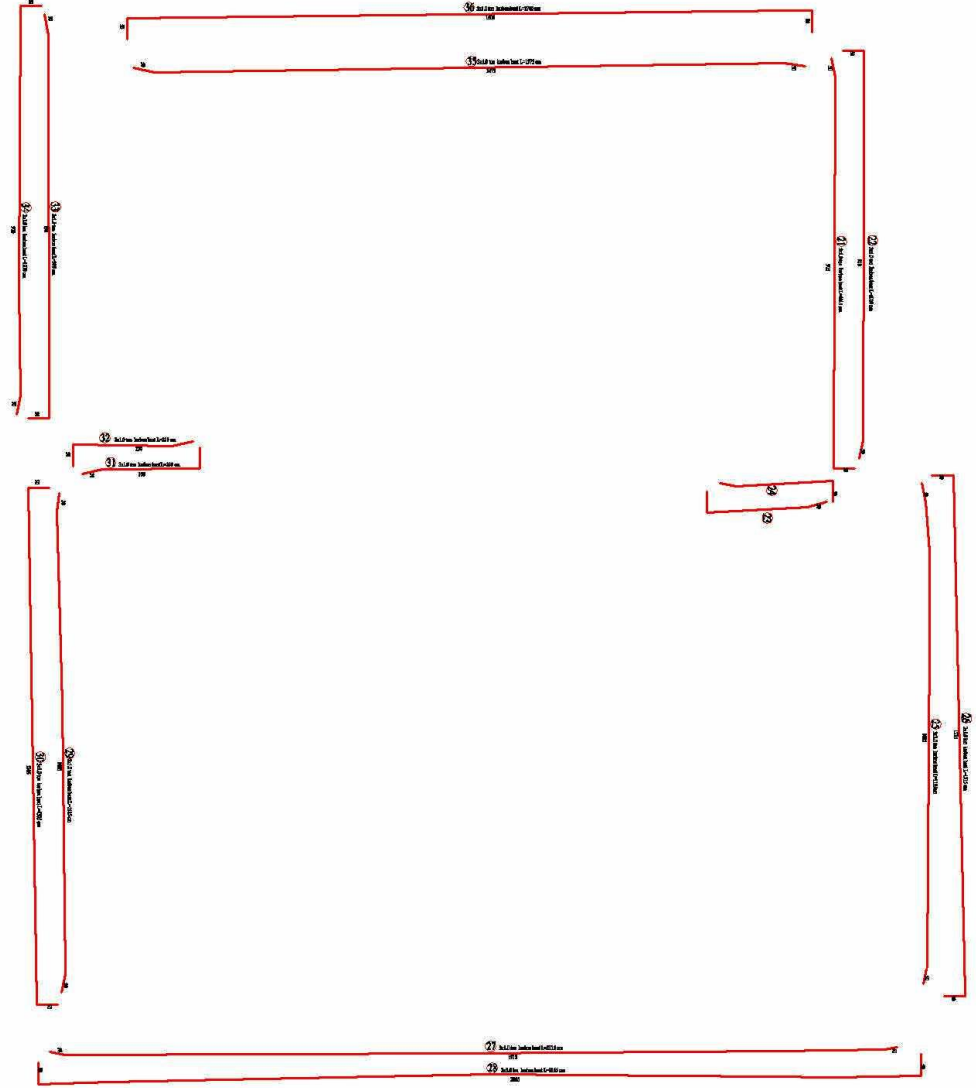
Şekil 3. 26 Zemin kat güçlendirmesi

ZEMİN KAT PAYANDA VE KARBONT BANT YERLEŞİM PLANI

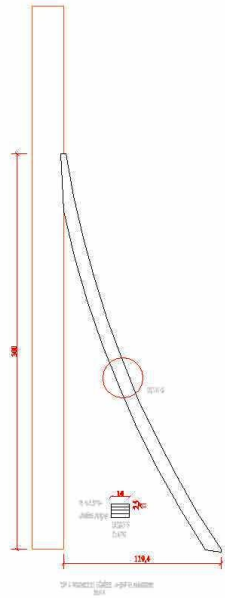
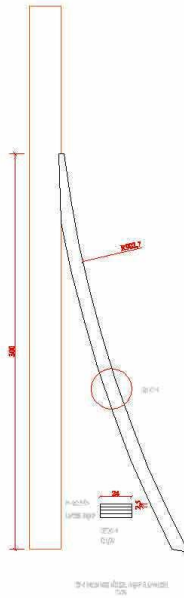
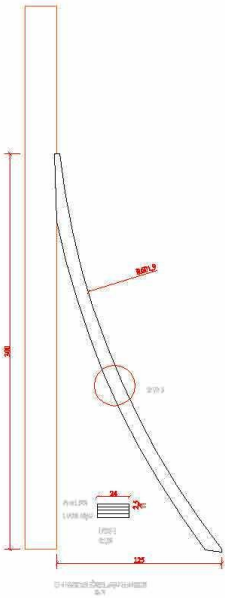
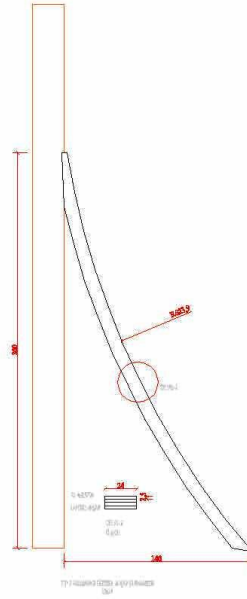
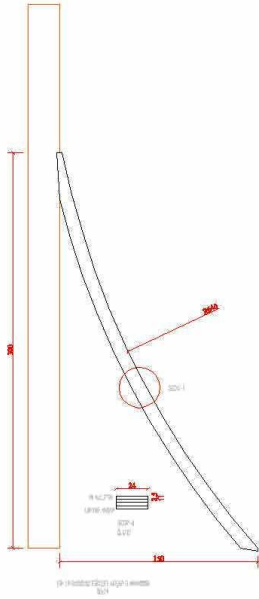


Şekil 3. 27 Zemin kat güçlendirmesi

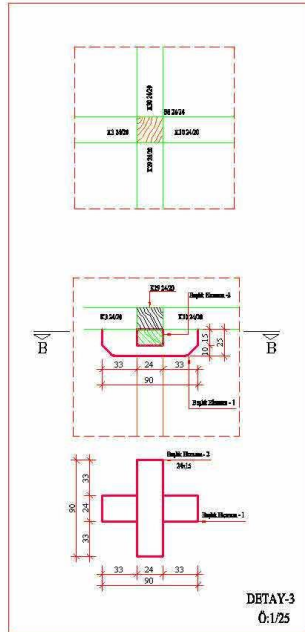
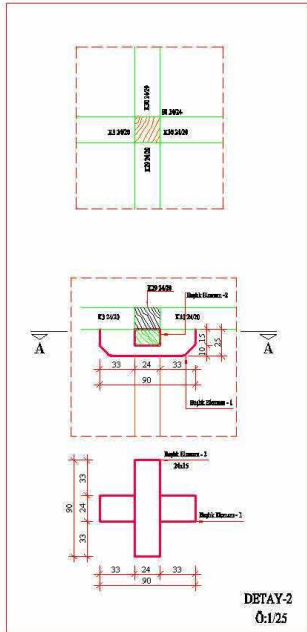
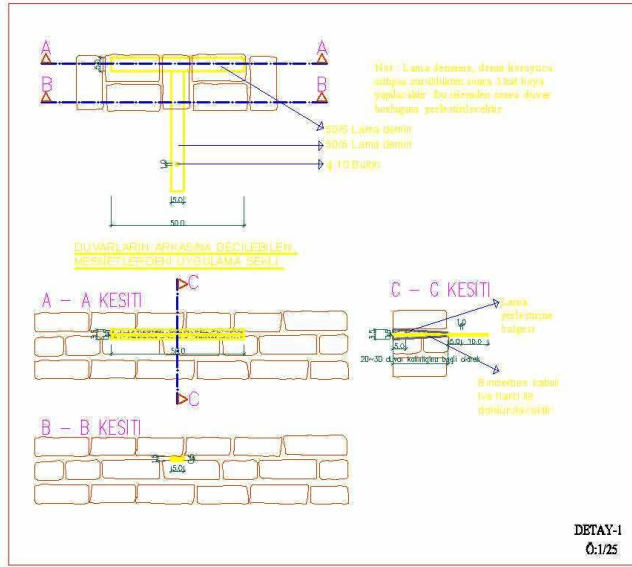
PAYANDA VE KARBONT BANT DETAYLARI



Şekil 3. 28 Bant detayları



Şekil 3. 29 Ahşap payanda



ÇELİK LAMA DETAYLARI

Şekil 3. 30 Çelik lama detayları

FATİH İLKÖĞRETİM OKULU BİNASI

4. Yapının Güçlendirme Aşamaları

4.1 Yapının Tanımı

Fatih İlköğretim Okulu Fatih ilçesi Kirmasti mahallesinde bulunan, Mustafa Reşit Paşa'nın ismine izafeten 1869 yılında Fatih Askeri Rüştiyesi adıyla eğitime başlamış okullardan bir tanesidir.

4.1.1 Genel

Bu çalışmada yapının değişik analizlerinin yapılması, yatay ve düşey taşıyıcı sistemlerinin incelenmesi ve en sonunda güçlendirme analizleri yapmak için hazırlanmıştır.

Bu çalışmada binanın sonlu elemanlar yöntemi ile matematiksel modelinin oluşturulmasına ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Taşıyıcı sisteme sahip binanın yapısal davranışı hakkında bilgi edinebilmek için sonlu elemanlar yöntemi ile modelleme çalışması yapılmıştır. Yapısal davranışı en doğru şekilde belirleyebilmek amacıyla, modelleme çalışmalarında yapı geometrisine büyük ölçüde uyulmuş ve üç boyutlu olarak modellenmiştir.

Malzemeler Bilgiler

Beton (BS25)

$f_{ck} = 25 \text{ Mpa}$ (28 günlük karakteristik basınç dayanımı)

$f_{cd} = 17 \text{ Mpa}$ (28 günlük tasarım basınç dayanımı)

Çelik S420 (BCIII)

$F_{yk} = 420 \text{ Mpa}$ (Çeliğin karakteristik çekme dayanımı)

$F_{yd} = 365 \text{ Mpa}$ (Çeliğin tasarım çekme dayanımı)

Deprem hesap değerleri

Deprem Bölgesi :1 ($A_0=0,4$)

Yapı önem katsayısı=1.4

Hareketli yük katılım katsayısı= $n=0.6$

Zemin Bilgileri

Zemin Sınıfı : Z2 ($T_A=0,15$ $T_B=0,40$)

Zemin Emniyet Gerilmesi : $\sigma_{zem}=200\text{KN/m}^2$

Zemin Yatak Katsayısı: $K=30000\text{KN/m}^3$

Yönetmelikler

Hesaplarda göz önünde bulundurulmuş ve kullanılan yönetmelikler:

TS498 [EK-B] Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri

TS500 [EK-A] Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları

Deprem Yönetmeliği [EK-C] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar

4.2 Genel Analiz Tanımı Ve Spekturum

4.2.1 Matematiksel Modelleme Çalışmaları

Binanın matematiksel modelin oluşturulmasına, yapılan mimari çalışmalar göz önünde bulundurularak taşıyıcı sistemin düzenlenmesi ile başlanmıştır.

SAP2000 programında modelleme çalışmalarında, statik açıdan kritik kesimlerde sonlu elemanlar daha fazla parçaya bölünerek bu bölgelerde daha hassas sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

Sonlu elemanlara ayırıştırma işlemi sırasında farklı elemanların birbirleriyle kesiştiği düğüm noktalarının birbiriyle uyumlu olması ve süreksizlik yaratmaması sağlanmıştır.

Bundan sonraki aşamada ise, yapının belirlenmiş olan geometrik koşulları doğrultusunda sınır koşulları, mesnetlerin ve düğüm noktalarının serbestlik dereceleri ve model üzerine etkiyen yükler belirlenerek program ortamında girilmiş ve böylece model analize hazır hale gelmiştir.

Modelin analiz edilmesinde, yapının geometrik ve malzeme olarak lineer olmayan davranışı ve yapılabilecek hataların yanlış sonuçlar doğurabileceği ihtimaline karşı dikkate alınmamıştır. Sonuç olarak yapı lineer elastik teoriye göre analiz edilmiştir.

4.2.2 Analizlerde Kullanılan Yükler

Analizlerde 3 boyutlu model üzerinde kullanılan yükler aşağıda sıralanmış olup ayrıca ana hesaplarında detaylı olarak verilmiştir.

4.2.2.1 Zati (Ölü) Yükler:

Hesaplarda yapı zati ağırlıkları dikkate alınmış olup, bu yükler program tarafından otomatik olarak hesaba dâhil edilmiştir. Bunun dışında yapılan tüm hesaplarda TS 498 belirtilen yükler alınmış ve ilgili yönetmelikte belirtilen yük miktarları normal katlarda $3,5 \text{ kN/m}^2$ dir.

4.2.2.2 Hareketli Yükler:

TS 498 de okul türü yapılarda hareketli yük değeri sınıflarda 3.5 kN/m^2 olarak koridor, spor salonu, kütüphane ve merdivenlerde 5.0 kN/m^2 olarak verilmektedir. Bu yük değeri döşemeler üzerinde düzgün yayılı yük olarak tanımlanmıştır.

4.2.2.3 Deprem Yükleri:

Yapının deprem etkilerinin hesabında spektral ivme analizi yöntemi kullanılmıştır.

Bu durumu R katsayısı 4 alınabilir. Spektral analizde kullanılan zemin sınıfı ve deprem bölge derecesine göre spektral eğrisi kullanılarak yapılmıştır.

Deprem yükleri binanın her iki asal doğrultusu için (X ve Y yönlerinde) ayrı ayrı analizlere dâhil edilmiştir.

4.2.3 Taşıyıcı Elemanları Ve Kullanılan Malzemeler

Taşıyıcı elemanların tanımlanması sırasında malzeme olarak St420 sınıfında elik ve C35 sınıfında beton kullanılmıştır. elik ve betonun elastisite modül değerleri aşağıda verilmiştir.

$$\text{elik}E= 200.000.000 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beton}E= 20.000.000 \text{ kN/m}^2$$

4.2.4 Matematiksel Model Ve Taşıyıcı Sistem Analizi

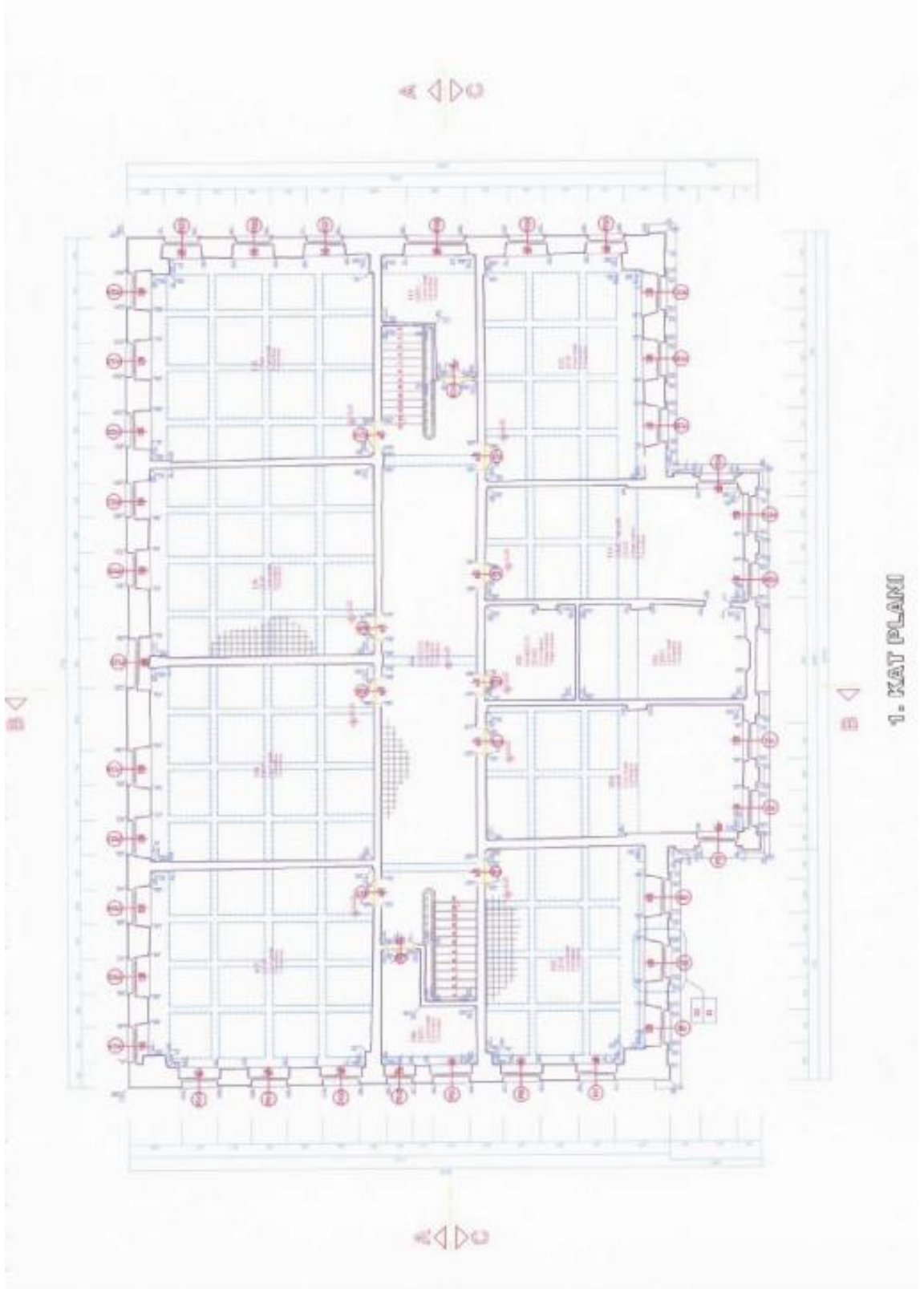
Yukarıda yapılan açıklamalar ışığında bina sonlu elemanlar yöntemi ile SAP2000 programında modellenmiştir. Yapının statik analizini yaparken rlevelerden elde ettiğimiz cephe ve plan çizimlerinden faydalanarak oluşturduğumuz üç boyutlu model analiz yapılmıştır.

Yapısal sistemi gösteren program ıktıları müteakip sayfalarda verilmiştir.

Modellemenin ardından sistem sınır koşullarına uygun olarak tanımlı yükler altında analiz edilmiştir. Analizlere ait program ıktıları da müteakip sayfalarda verilmiştir.

4.2.5 Mimari Çizimler

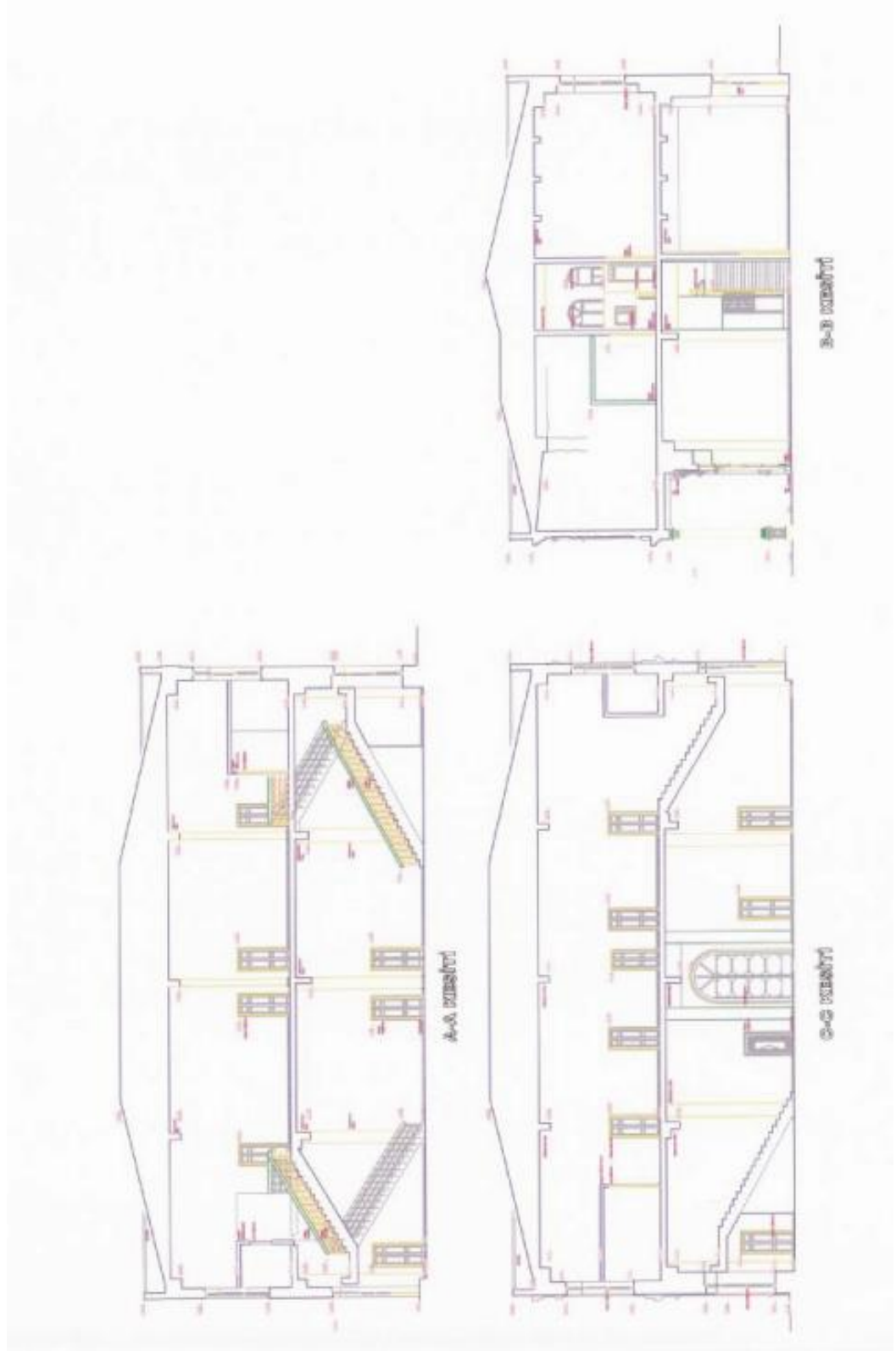
Örnek olarak 3 tane mimari çizim göstermektedir.



Şekil 4. 1 1. Kat planı



Şekil 4. 2 Cepheler



Şekil 4. 3 Kesitler

4.2.6 Deprem Spektrum

Deprem spektrumu ile ilgili parametreler ve ona bağlı değerler ve grafik gösterimler sonraki sayfalarda verilmiştir.

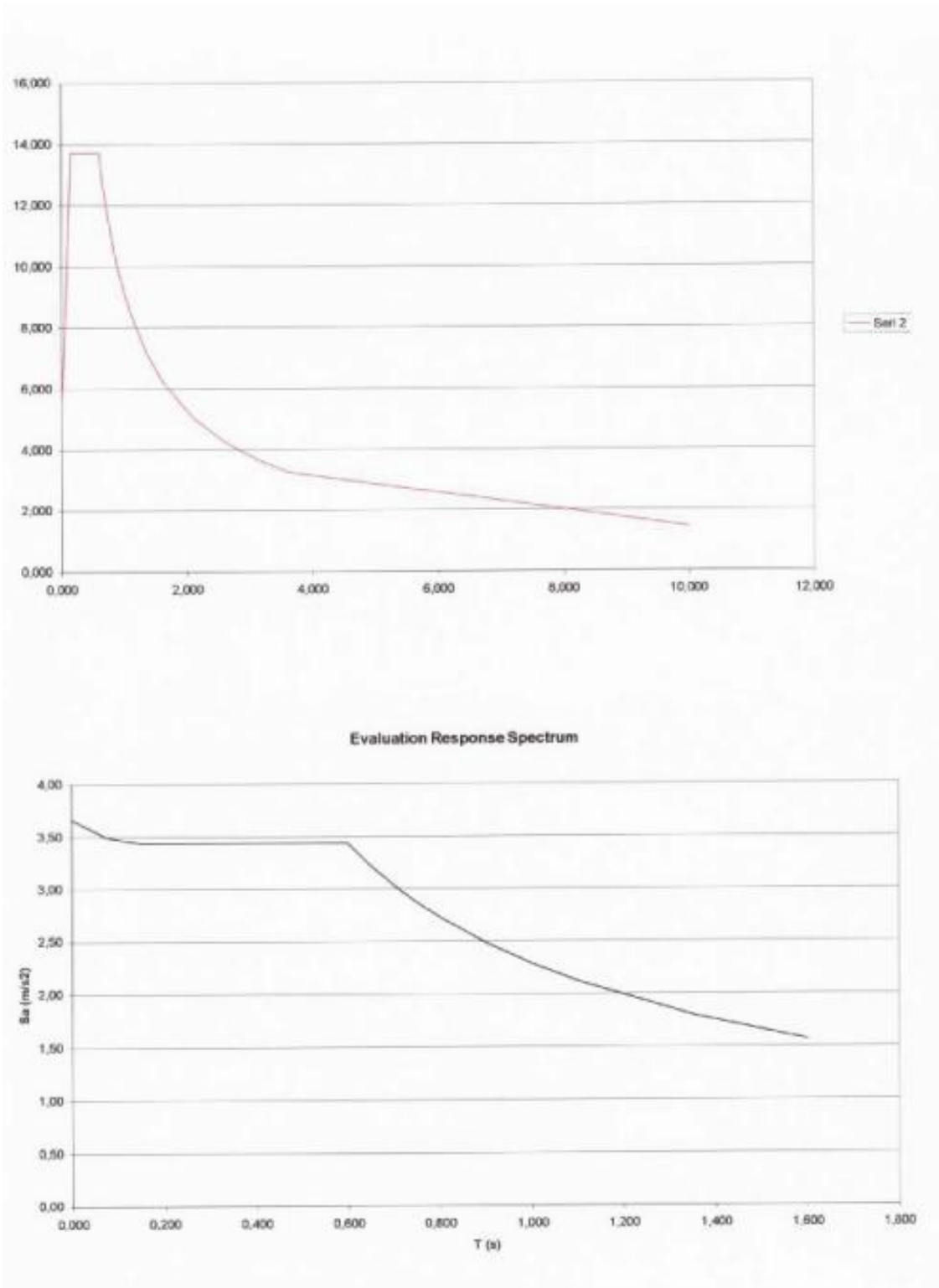
Çizelge 4. 1 Spektrumu ile ilgili parametreler

SPECTRUM				name: z2-q2-r2		Input SAP2000		
Period (S)	Elastic			Inelastic		Freq. (Hz)	Period (S)	Acc. (m/s ²)
	Spectral Coeff.	Spectral Acc.	Spectral Acc.	Spectral Acc.				
T	S(T)	A ₀ I(S(T))	A(T)	Ra(T)	A(T)/Ra(T)	F	T	A(T)
0.000	1.00	0.30	2.943	1.50	1.96	100.00	0.000	1.962
0.075	1.75	0.53	5.150	2.75	1.87	13.33	0.075	1.873
0.150	2.50	0.75	7.358	4.00	1.84	6.67	0.150	1.839
0.400	2.50	0.75	7.358	4.00	1.84	2.50	0.400	1.839
0.450	2.28	0.68	6.696	4.00	1.67	2.22	0.450	1.674
0.500	2.09	0.63	6.155	4.00	1.54	2.00	0.500	1.539
0.550	1.94	0.58	5.703	4.00	1.43	1.82	0.550	1.426
0.600	1.81	0.54	5.319	4.00	1.33	1.67	0.600	1.330
0.700	1.60	0.48	4.702	4.00	1.18	1.43	0.700	1.176
0.800	1.44	0.43	4.226	4.00	1.06	1.25	0.800	1.056
0.900	1.31	0.39	3.846	4.00	0.96	1.11	0.900	0.961
1.150	1.07	0.32	3.161	4.00	0.79	0.87	1.150	0.790
1.400	0.92	0.28	2.701	4.00	0.68	0.71	1.400	0.675
1.900	0.72	0.22	2.115	4.00	0.53	0.53	1.900	0.529
2.400	0.60	0.18	1.755	4.00	0.44	0.42	2.400	0.439
2.900	0.51	0.15	1.508	4.00	0.38	0.34	2.900	0.377
3.400	0.45	0.14	1.328	4.00	0.33	0.29	3.400	0.332
10.000	0.19	0.06	0.560	4.00	0.14	0.10	10.000	0.140

Input blue values from table 6.4, 6.2 & 6.5			
Tablo 6.4	Soil	Z2	Z2 Soil Type (Z)
Tablo 6.2	A ₀ =	0.30	2 Earthquake Zone Type
Tablo 6.3	I	1.00	1.00 Importance Factor
Tablo 6.4	T _A	0.15	
Tablo 6.4	T _B	0.40	
Tablo 6.5	R=	4.00	2.00 Reduction Factor
	Gravity=	9.81	
	T		

FORMULA:			
(6.1)	A(T)= A ₀ I S(T)=	0.300	S(T)
(6.2a)	S(T)=1+1.5T/T _A =		(0<T<T _A)
(6.2b)	S(T)=2.5=		(T _A <T<T _B)
(6.2c)	S(T)=2.5(T _B /T) ^{0.8} =		(T>T _B)
(6.3a)	Ra(T)=1.5+(R-1.5)T/T _A =		(0<T<T _A)
(6.3b)	Ra(T)=R=	4.00	(T>T _A)

TABLO 6.2. Etkin yer ivmesi katsayısı		TABLO 6.4. Spektrum karakteristik periotları		
deprem bölgesi	A ₀	Zemin Sınıfı	T _A (S)	T _B (S)
1.00	0.40	Z1	0.10	0.30
2.00	0.30	Z2	0.15	0.40
3.00	0.20	Z3	0.15	0.60
4.00	0.10	Z4	0.20	0.90

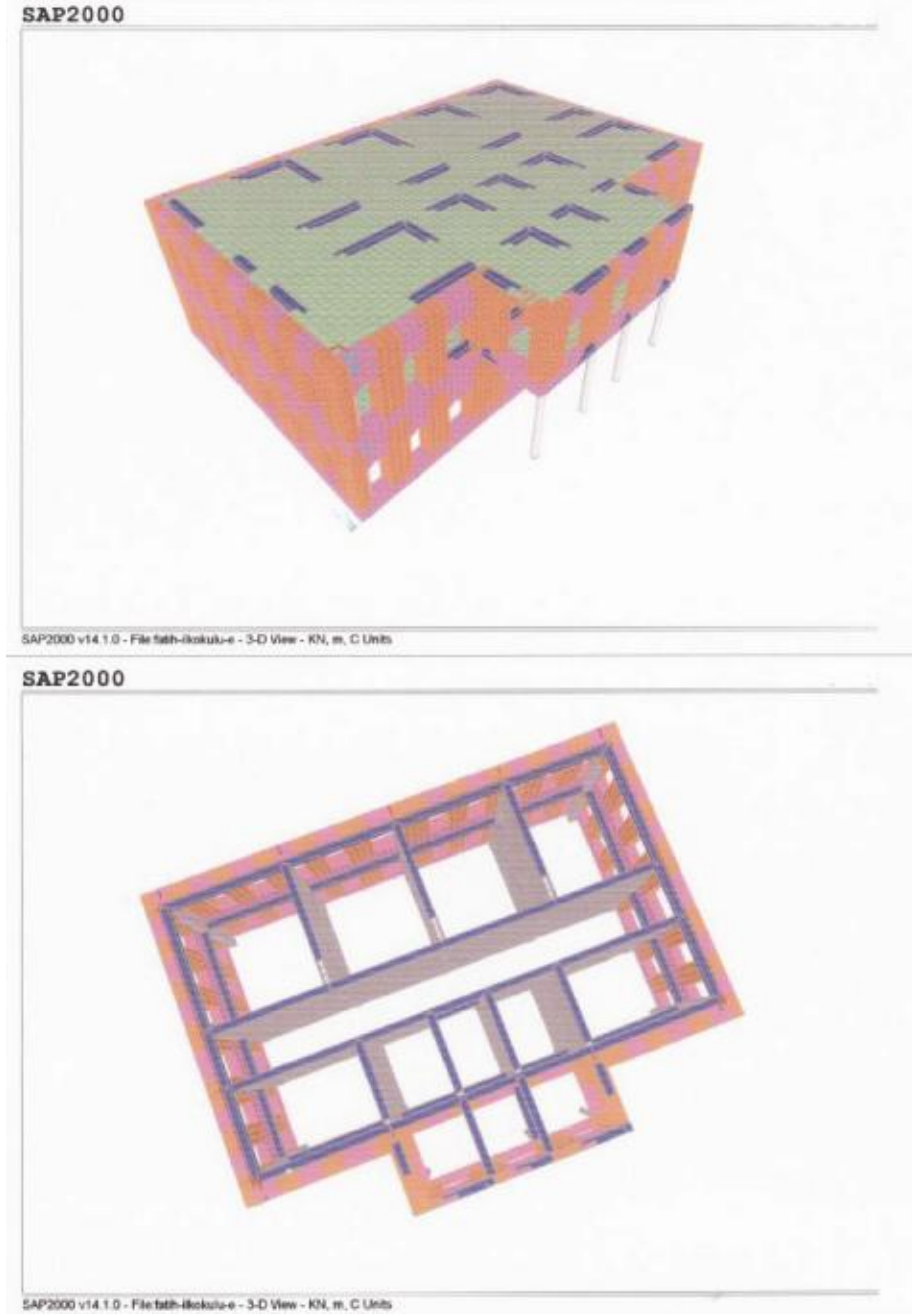


Şekil 4. 4 Spektrum grafiği

4.3 Sonlu Eleman Modeli

4.3.1 Üç boyutlu Model İzometrik Görünüşleri

Bu bölümde röleve teknik çizimlerden faydalanılarak hazırlanmış yapının üç boyutlu modeli bilgisayar ortamında gösterilmiştir.



Şekil 4. 5 Üç boyutlu model izometrik görünüşleri

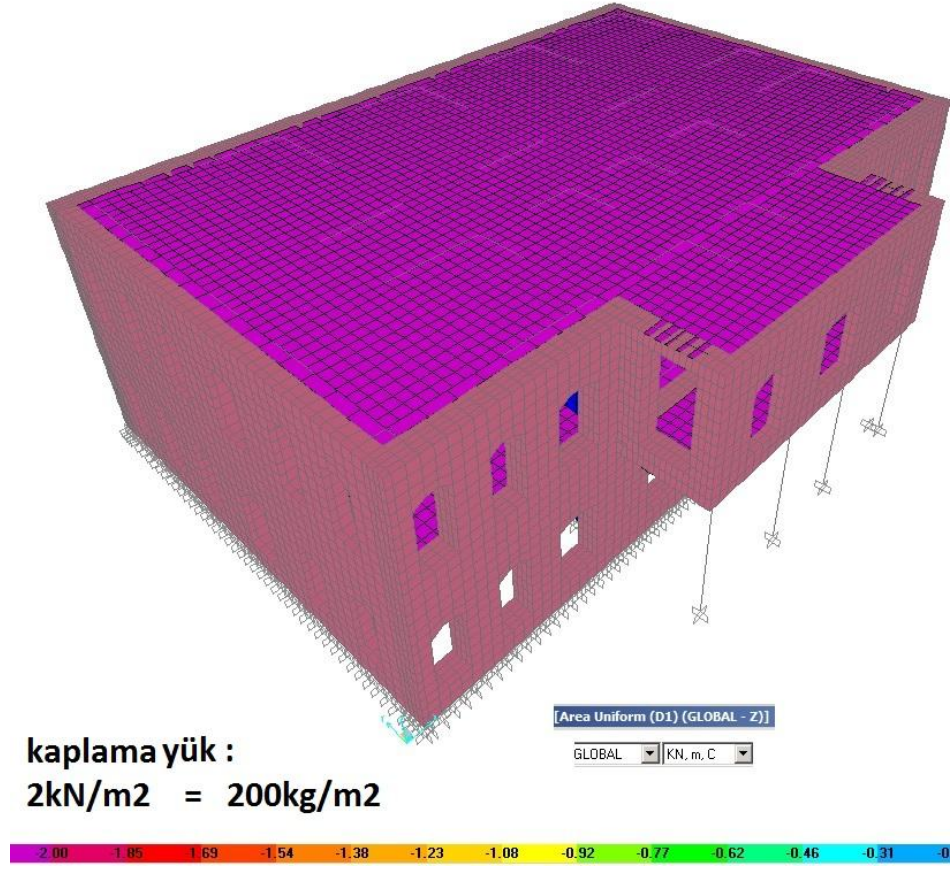
4.3.2 Statik Model İçin Yüklemeler

Detaylı olarak bütün yüklemeler listesinde ana hesap kısmında verilmiştir.

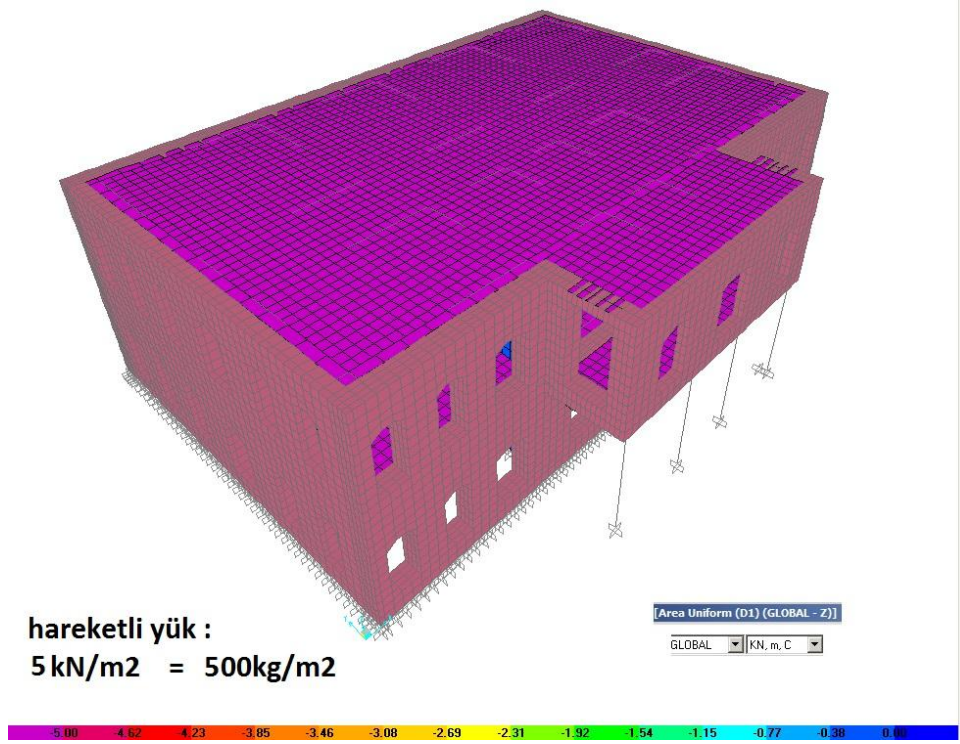
Çizelge 4. 2 Statik model için yüklemeler

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
modal	Mode	1	0.934	0.000	0.783	0.000	0.000	0.783	0.000
modal	Mode	2	0.836	0.678	0.000	0.000	0.678	0.783	0.000
modal	Mode	3	0.762	0.098	0.001	0.000	0.777	0.784	0.000
modal	Mode	4	0.281	0.000	0.109	0.000	0.777	0.893	0.000
modal	Mode	5	0.259	0.082	0.000	0.000	0.858	0.893	0.000
modal	Mode	6	0.228	0.033	0.000	0.000	0.891	0.893	0.000
modal	Mode	7	0.149	0.001	0.045	0.000	0.892	0.939	0.000
modal	Mode	8	0.142	0.036	0.002	0.000	0.929	0.941	0.000
modal	Mode	9	0.108	0.028	0.003	0.002	0.956	0.944	0.002
modal	Mode	10	0.093	0.005	0.028	0.000	0.961	0.971	0.002
modal	Mode	11	0.070	0.032	0.006	0.003	0.992	0.977	0.006
modal	Mode	12	0.061	0.004	0.022	0.000	0.996	0.999	0.006

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	Frequency
Number	Sec							Cyc/sec
1	0.934	0.000	0.783	0.000	0.000	0.783	0.000	1.071
2	0.836	0.678	0.000	0.000	0.678	0.783	0.000	1.196
3	0.762	0.098	0.001	0.000	0.777	0.784	0.000	1.312
4	0.281	0.000	0.109	0.000	0.777	0.893	0.000	3.560
5	0.259	0.082	0.000	0.000	0.858	0.893	0.000	3.862
6	0.228	0.033	0.000	0.000	0.891	0.893	0.000	4.383
7	0.149	0.001	0.045	0.000	0.892	0.939	0.000	6.718
8	0.142	0.036	0.002	0.000	0.929	0.941	0.000	7.026
9	0.108	0.028	0.003	0.002	0.956	0.944	0.002	9.261
10	0.093	0.005	0.028	0.000	0.961	0.971	0.002	10.798
11	0.070	0.032	0.006	0.003	0.992	0.977	0.006	14.217
12	0.061	0.004	0.022	0.000	0.996	0.999	0.006	16.312
	TOTAL:	0.996	0.999	0.006				



Şekil 4. 6 Kaplama yükü

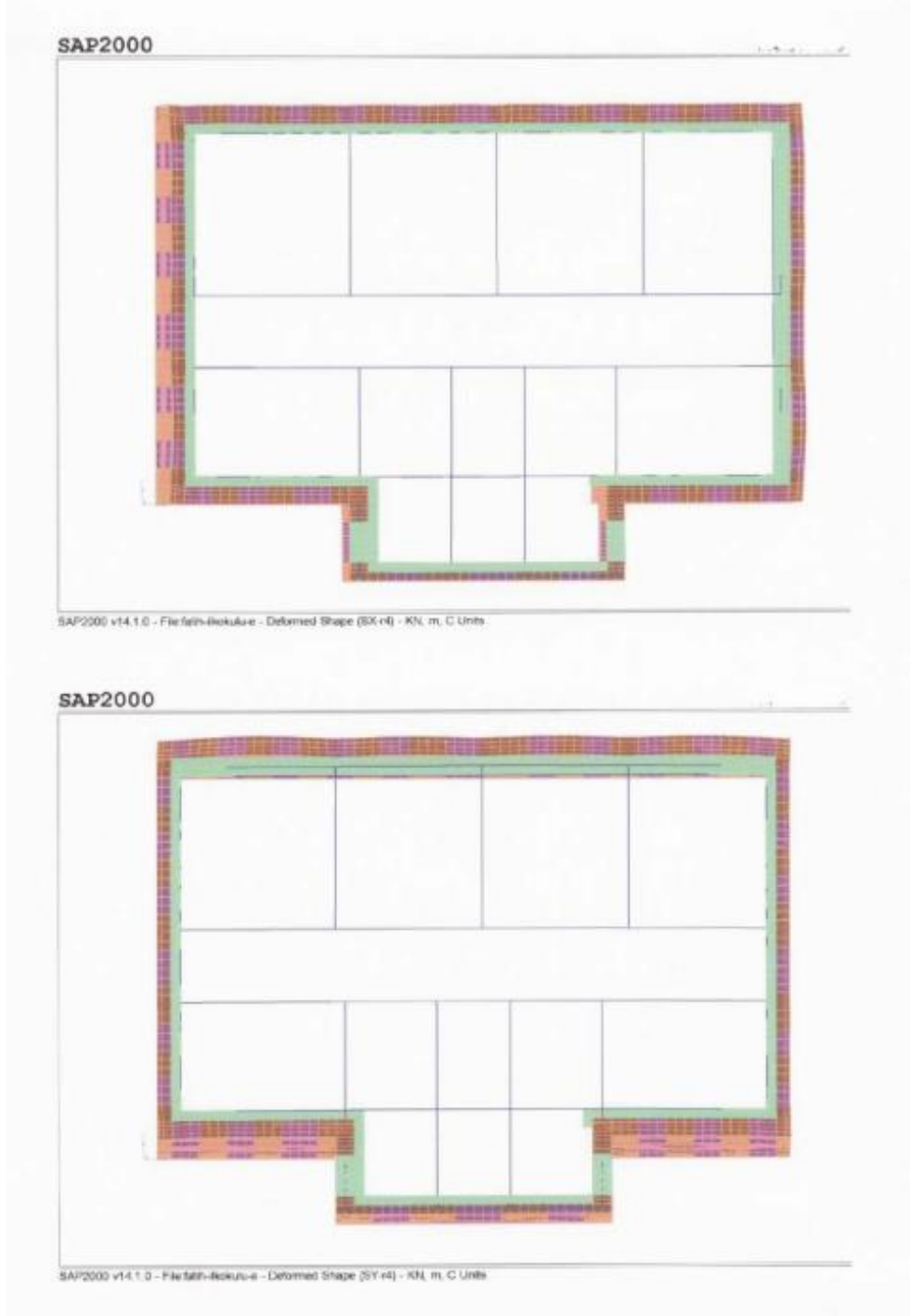


Şekil 4. 7 Hareketli yükü

4.4 Deformasyon

4.4.1 Genel Deformasyon Şekilleri

Zati, kaplama, Kar, Hareketli ve deprem yüklerinin meydana getirdiği deformasyon şekilleri Örnek Olarak 2 adet verilmiştir.



Şekil 4. 8 Deformasyon

4.4.2 Kat Deformasyon Değerleri

Daha hassas ve doğru bir analiz için yapının modelinde kullanılan eleman ve düğüm nokta sayısı oldukça fazladır. Bütün bu değerleri göstermek hem lüzumsuz ve hem de çok yer işgal etmektedir. Bunun için bazı önemli bölgeler seçilmiş (resimlerde X işareti ile gösterilen yerler) ve sadece yere ait düğüm noktaların deformasyon değerleri çıktı (output) olarak verilmiştir.

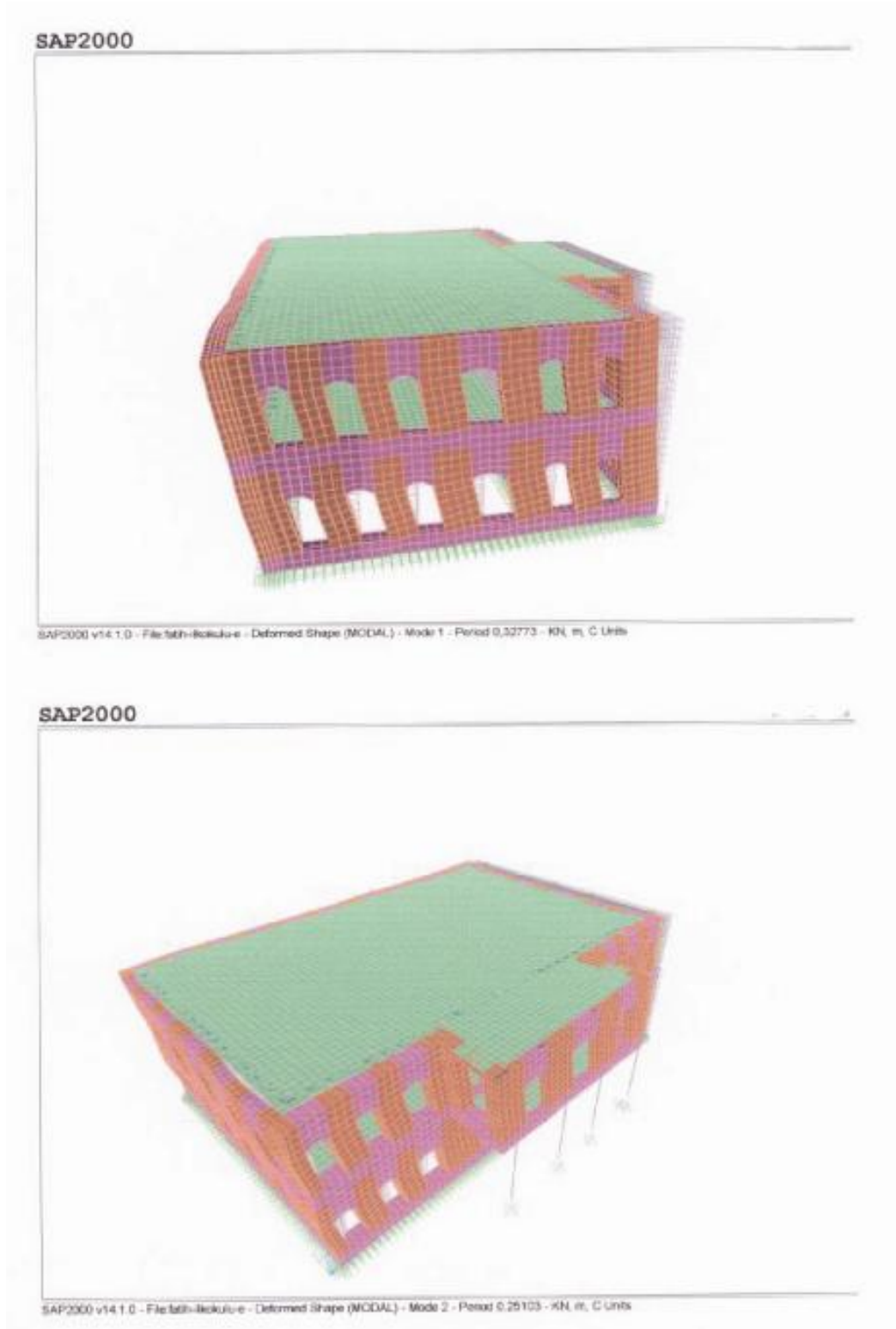
Çizelge 4. 3 Kat deformasyon değerleri

TABLE: Joint Displacements - KAT 1 KOLON BAŞLARINDA								
Joint	Case	Type	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	m	m	m	Radians	Radians	Radians
5975	env-all	Max	0,0031	0,0050	-0,0020	0,00185	0,00249	0,00003
5975	env-all	Min	-0,0035	-0,0049	-0,0023	0,00023	0,00137	-0,00001
5976	env-all	Max	0,0032	0,0049	-0,0032	0,00130	-0,00028	0,00001
5976	env-all	Min	-0,0033	-0,0049	-0,0043	0,00059	-0,00110	-0,00001
5977	env-all	Max	0,0033	0,0049	-0,0030	0,00122	0,00046	0,00001
5977	env-all	Min	-0,0033	-0,0048	-0,0041	0,00048	-0,00035	-0,00001
5978	env-all	Max	0,0034	0,0049	-0,0031	0,00125	0,00036	0,00001
5978	env-all	Min	-0,0032	-0,0049	-0,0041	0,00053	-0,00045	-0,00002
5979	env-all	Max	0,0035	0,0050	-0,0018	0,00169	-0,00086	0,00001
5979	env-all	Min	-0,0032	-0,0049	-0,0022	0,00009	-0,00198	-0,00003
5980	env-all	Max	0,0030	0,0048	-0,0015	-0,00012	0,00129	0,00004
5980	env-all	Min	-0,0032	-0,0050	-0,0020	-0,00166	0,00012	-0,00003
5981	env-all	Max	0,0030	0,0049	-0,0023	-0,00019	-0,00026	0,00002
5981	env-all	Min	-0,0031	-0,0049	-0,0032	-0,00096	-0,00129	-0,00002
5982	env-all	Max	0,0030	0,0048	-0,0018	-0,00024	0,00032	0,00001
5982	env-all	Min	-0,0030	-0,0048	-0,0030	-0,00069	-0,00028	-0,00002
5983	env-all	Max	0,0031	0,0049	-0,0022	-0,00018	0,00128	0,00002
5983	env-all	Min	-0,0030	-0,0049	-0,0032	-0,00098	0,00025	-0,00002
5984	env-all	Max	0,0030	0,0048	-0,0018	-0,00025	0,00029	0,00001
5984	env-all	Min	-0,0030	-0,0048	-0,0029	-0,00099	-0,00034	-0,00001
5985	env-all	Max	0,0033	0,0048	-0,0015	-0,00013	-0,00010	0,00003
5985	env-all	Min	-0,0030	-0,0050	-0,0020	-0,00166	-0,00129	-0,00003
5985	env-all	Max	0,0031	0,0049	-0,0024	0,00150	0,00080	0,00004
5985	env-all	Min	-0,0032	-0,0049	-0,0031	0,00046	0,00030	-0,00003
5987	env-all	Max	0,0031	0,0049	-0,0025	-0,00051	0,00104	0,00002
5987	env-all	Min	-0,0033	-0,0049	-0,0033	-0,00161	0,00055	-0,00003
5988	env-all	Max	0,0033	0,0049	-0,0024	0,00144	-0,00030	0,00003
5988	env-all	Min	-0,0031	-0,0049	-0,0032	0,00047	-0,00078	-0,00003
5989	env-all	Max	0,0033	0,0049	-0,0024	-0,00032	-0,00046	0,00002
5989	env-all	Min	-0,0031	-0,0049	-0,0032	-0,00151	-0,00090	-0,00002
5990	env-all	Max	0,0031	0,0049	-0,0037	0,00012	0,00027	0,00002
5990	env-all	Min	-0,0032	-0,0049	-0,0048	-0,00086	-0,00033	-0,00002
5991	env-all	Max	0,0031	0,0048	-0,0036	0,00020	0,00028	0,00001
5991	env-all	Min	-0,0031	-0,0048	-0,0047	-0,00077	-0,00028	-0,00001
5992	env-all	Max	0,0032	0,0049	-0,0035	0,00014	0,00026	0,00002
5992	env-all	Min	-0,0031	-0,0049	-0,0046	-0,00085	-0,00032	-0,00002
5993	env-all	Max	0,0031	0,0049	-0,0027	0,00064	0,00017	0,00001
5993	env-all	Min	-0,0031	-0,0049	-0,0038	-0,00038	-0,00048	-0,00002
5994	env-all	Max	0,0031	0,0048	-0,0018	0,00053	0,00017	0,00001
5994	env-all	Min	-0,0031	-0,0048	-0,0038	-0,00055	-0,00039	-0,00001
5995	env-all	Max	0,0031	0,0049	-0,0027	0,00063	0,00049	0,00002
5995	env-all	Min	-0,0031	-0,0049	-0,0038	-0,00039	-0,00017	-0,00001
5996	env-all	Max	0,0031	0,0048	-0,0018	0,00053	0,00039	0,00001
5996	env-all	Min	-0,0031	-0,0048	-0,0038	-0,00056	-0,00016	-0,00001
10185	env-all	Max	0,0032	0,0053	-0,0016	-0,00168	0,00216	0,00007
10185	env-all	Min	-0,0034	-0,0054	-0,0028	-0,00223	0,00120	-0,00010
10186	env-all	Max	0,0032	0,0049	-0,0025	-0,00159	0,00074	0,00006
10186	env-all	Min	-0,0033	-0,0050	-0,0028	-0,00266	0,00013	-0,00009
10187	env-all	Max	0,0033	0,0053	-0,0016	-0,00167	-0,00126	0,00010
10187	env-all	Min	-0,0032	-0,0054	-0,0027	-0,00215	-0,00205	-0,00008
10188	env-all	Max	0,0032	0,0049	-0,0025	-0,00159	0,00011	0,00007
10188	env-all	Min	-0,0033	-0,0050	-0,0028	-0,00265	-0,00063	-0,00007

MAX.	0,0035	0,0053	-0,0015	0,0018	0,0025	0,0001
MIN	-0,0035	-0,0054	-0,0048	-0,0027	-0,0021	-0,0001

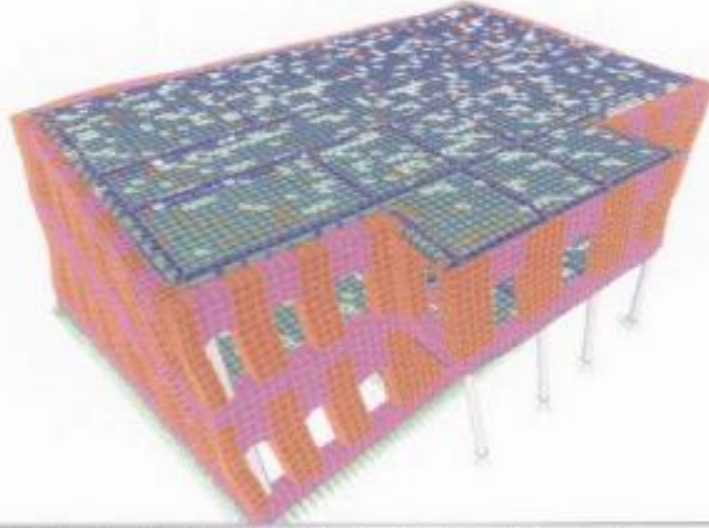
4.4.3 Mod Şekilleri

Modal analizden Meydana Gelen Deformasyon şekilleri burada verilmiştir.



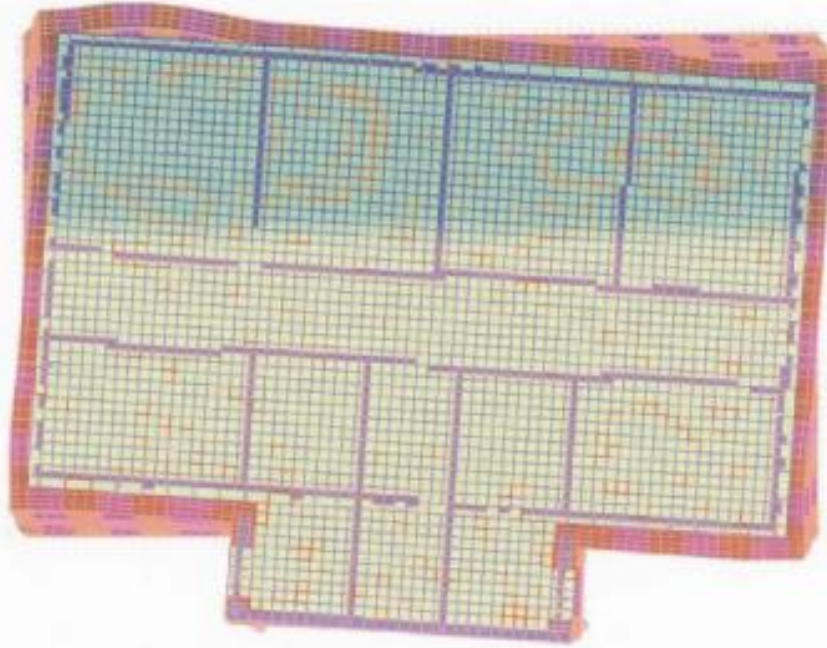
Şekil 4. 9 Deformasyon

SAP2000



SAP2000 v14.1.0 - File:141h-14okulu-e - Deformed Shape (MODAL) - Mode 3 - Periode 0,20458 - KN, m, C Units

SAP2000



SAP2000 v14.1.0 - File:141h-14okulu-e - Deformed Shape (MODAL) - Mode 3 - Periode 0,20458 - KN, m, C Units

Şekil 4. 10 Deformasyon

4.4.4 Modal Analiz Değerleri

Modal analiz sayısal değerleri burada verilmiştir.

Çizelge 4. 4 Modal analiz değerleri

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	1	0,239	0,000	0,820	0,000	0,000	0,820	0,000
MODAL	2	0,198	0,007	0,000	0,000	0,007	0,820	0,000
MODAL	3	0,193	0,815	0,000	0,000	0,821	0,820	0,000
MODAL	4	0,177	0,000	0,000	0,003	0,821	0,820	0,003
MODAL	5	0,164	0,000	0,000	0,013	0,821	0,820	0,016
MODAL	6	0,159	0,000	0,000	0,001	0,821	0,820	0,017
MODAL	7	0,148	0,000	0,000	0,006	0,821	0,820	0,023
MODAL	8	0,141	0,000	0,000	0,000	0,821	0,820	0,023
MODAL	9	0,129	0,000	0,000	0,052	0,821	0,820	0,075
MODAL	10	0,126	0,000	0,000	0,033	0,822	0,820	0,108
MODAL	11	0,122	0,000	0,000	0,003	0,822	0,820	0,111
MODAL	12	0,108	0,000	0,001	0,021	0,822	0,821	0,132
MODAL	13	0,104	0,000	0,000	0,002	0,822	0,821	0,135
MODAL	14	0,096	0,000	0,030	0,005	0,822	0,851	0,140
MODAL	15	0,089	0,000	0,053	0,000	0,822	0,904	0,140
MODAL	16	0,086	0,006	0,005	0,000	0,828	0,909	0,140
MODAL	17	0,081	0,087	0,000	0,000	0,915	0,909	0,140
MODAL	18	0,070	0,001	0,004	0,003	0,916	0,912	0,143
MODAL	19	0,066	0,002	0,001	0,000	0,918	0,913	0,143
MODAL	20	0,052	0,000	0,008	0,000	0,918	0,921	0,143
MODAL	21	0,046	0,005	0,000	0,000	0,923	0,921	0,143
MODAL	22	0,036	0,000	0,011	0,000	0,923	0,933	0,144
MODAL	23	0,030	0,009	0,000	0,000	0,932	0,933	0,144
MODAL	24	0,015	0,001	0,043	0,000	0,932	0,976	0,144
MODAL	25	0,013	0,047	0,000	0,000	0,979	0,976	0,144

Çizelge 4. 5 Modal analiz değerleri

TABLE: Modal Participation Factors											
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ	ModalMass	ModalStiff
Text	Text	Unitless	Sec	KN-s2	KN-s2	KN-s2	KN-m-s2	KN-m-s2	KN-m-s2	KN-m-s2	KN-m
MODAL	Mode	1	0.239	-0.081	49.724	0.082	-486,9	-1,8	892,6	1	692,5
MODAL	Mode	2	0.198	-4.489	0.227	-0.047	-2,7	-36,6	738,6	1	1005,7
MODAL	Mode	3	0.193	-49.567	-0.098	0.046	1,2	-473,2	438,7	1	1055,7
MODAL	Mode	4	0.177	0.069	-0.109	2.942	50,8	-6,4	-0,5	1	1255,2
MODAL	Mode	5	0.164	-0.002	0.108	-6.170	-105,3	24,1	2,4	1	1461,2
MODAL	Mode	6	0.159	0.060	0.125	-2.063	-34,9	40,9	2,5	1	1561,5
MODAL	Mode	7	0.148	0.051	0.069	-4.405	-73,9	68,6	1,6	1	1803,4
MODAL	Mode	8	0.141	-0.277	0.087	0.254	5,0	106,3	3,8	1	1986,2
MODAL	Mode	9	0.129	-0.044	0.167	12.521	208,8	-196,7	4,7	1	2389,3
MODAL	Mode	10	0.126	0.255	0.303	9.915	163,6	-220,6	-7,1	1	2486,2
MODAL	Mode	11	0.122	-0.374	-0.274	3.246	69,6	-66,0	29,5	1	2662,1
MODAL	Mode	12	0.108	0.077	-1.717	-7.939	-53,4	147,3	-40,3	1	3357,6
MODAL	Mode	13	0.104	-0.899	-0.068	-2.660	-18,5	146,6	9,7	1	3653,0
MODAL	Mode	14	0.096	0.071	9.460	-3.984	34,5	73,1	166,7	1	4321,9
MODAL	Mode	15	0.089	-0.703	-12.644	-0.173	-3,4	0,1	-178,2	1	4977,8
MODAL	Mode	16	0.086	-4.183	3.813	0.954	16,4	-31,5	247,3	1	5349,1
MODAL	Mode	17	0.081	-16.209	-0.488	-0.564	-2,8	37,3	119,2	1	6063,6
MODAL	Mode	18	0.070	-1.421	3.275	2.778	-35,3	-38,4	42,7	1	7973,9
MODAL	Mode	19	0.066	-2.957	-1.634	0.912	22,0	-4,7	-61,6	1	9022,0
MODAL	Mode	20	0.052	0.691	-4.908	-0.246	-51,4	-11,8	-90,6	1	14632,7
MODAL	Mode	21	0.046	3.744	1.079	0.945	27,6	-168,5	-42,5	1	18703,7
MODAL	Mode	22	0.036	-0.824	5.809	0.627	-16,2	3,6	114,3	1	30822,6
MODAL	Mode	23	0.030	5.084	0.862	-1.016	-24,3	77,0	-26,6	1	44838,3
MODAL	Mode	24	0.015	1.232	-11.347	0.427	-1,7	1,8	-214,5	1	182349,7
MODAL	Mode	25	0.013	11.878	1.195	0.669	13,6	-36,6	-113,3	1	238460,3

Çizelge 4. 6 Modal analiz değerleri

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0,238767	4,1882	26,315	692,49
MODAL	Mode	2	0,198124	5,0473	31,713	1005,7
MODAL	Mode	3	0,193382	5,1711	32,491	1055,7
MODAL	Mode	4	0,177346	5,6387	35,429	1255,2
MODAL	Mode	5	0,16437	6,0838	38,226	1461,2
MODAL	Mode	6	0,159004	6,2891	39,516	1561,5
MODAL	Mode	7	0,147956	6,7587	42,466	1803,4
MODAL	Mode	8	0,140985	7,093	44,566	1986,2
MODAL	Mode	9	0,129084	7,7469	48,675	2369,3
MODAL	Mode	10	0,12576	7,9517	49,962	2496,2
MODAL	Mode	11	0,121778	8,2117	51,596	2662,1
MODAL	Mode	12	0,108435	9,2221	57,944	3357,6
MODAL	Mode	13	0,103958	9,6193	60,44	3653
MODAL	Mode	14	0,095575	10,463	65,741	4321,9
MODAL	Mode	15	0,089056	11,229	70,553	4977,8
MODAL	Mode	16	0,085909	11,64	73,137	5349,1
MODAL	Mode	17	0,080689	12,393	77,869	6063,6
MODAL	Mode	18	0,070363	14,212	89,297	7973,9
MODAL	Mode	19	0,06615	15,117	94,984	9022
MODAL	Mode	20	0,05159	19,383	121,79	14833
MODAL	Mode	21	0,045943	21,766	136,76	18704
MODAL	Mode	22	0,035789	27,942	175,56	30823
MODAL	Mode	23	0,029673	33,701	211,75	44838
MODAL	Mode	24	0,014714	67,963	427,02	182350
MODAL	Mode	25	0,012867	77,719	488,32	238460

Çizelge 4. 7 Modal analiz değerleri

TABLE: Response Spectrum Modal Information												
OutputCase	ModalCase	StepType	StepNum	Period	DampRatio	U1Acc	U2Acc	U3Acc	U1Amp	U2Amp	U3Amp	
Text	Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	m/sec2	m/sec2	m/sec2	m	m	m	
SY-r4	MODAL	Mode	1	0.239	0.05	0	3.434	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	2	0.198	0.05	0	3.434	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	3	0.193	0.05	0	3.434	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	4	0.177	0.05	0	3.434	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	5	0.164	0.05	0	3.434	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	6	0.159	0.05	0	3.434	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	7	0.148	0.05	0	3.43569	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	8	0.141	0.05	0	3.44145	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	9	0.129	0.05	0	3.45129	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	10	0.126	0.05	0	3.45404	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	11	0.122	0.05	0	3.45733	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	12	0.108	0.05	0	3.46838	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	13	0.104	0.05	0	3.47208	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	14	0.095	0.05	0	3.47899	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	15	0.089	0.05	0	3.48438	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	16	0.086	0.05	0	3.48698	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	17	0.081	0.05	0	3.4913	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	18	0.070	0.05	0	3.50626	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	19	0.066	0.05	0	3.51559	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	20	0.052	0.05	0	3.54781	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	21	0.046	0.05	0	3.56031	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	22	0.038	0.05	0	3.58279	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	23	0.030	0.05	0	3.59632	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	24	0.015	0.05	0	3.62943	0	0	0	0	0
SY-r4	MODAL	Mode	25	0.013	0.05	0	3.63352	0	0	0	0	0

Çizelge 4. 8 Modal analiz değerleri

TABLE: Response Spectrum Modal Information

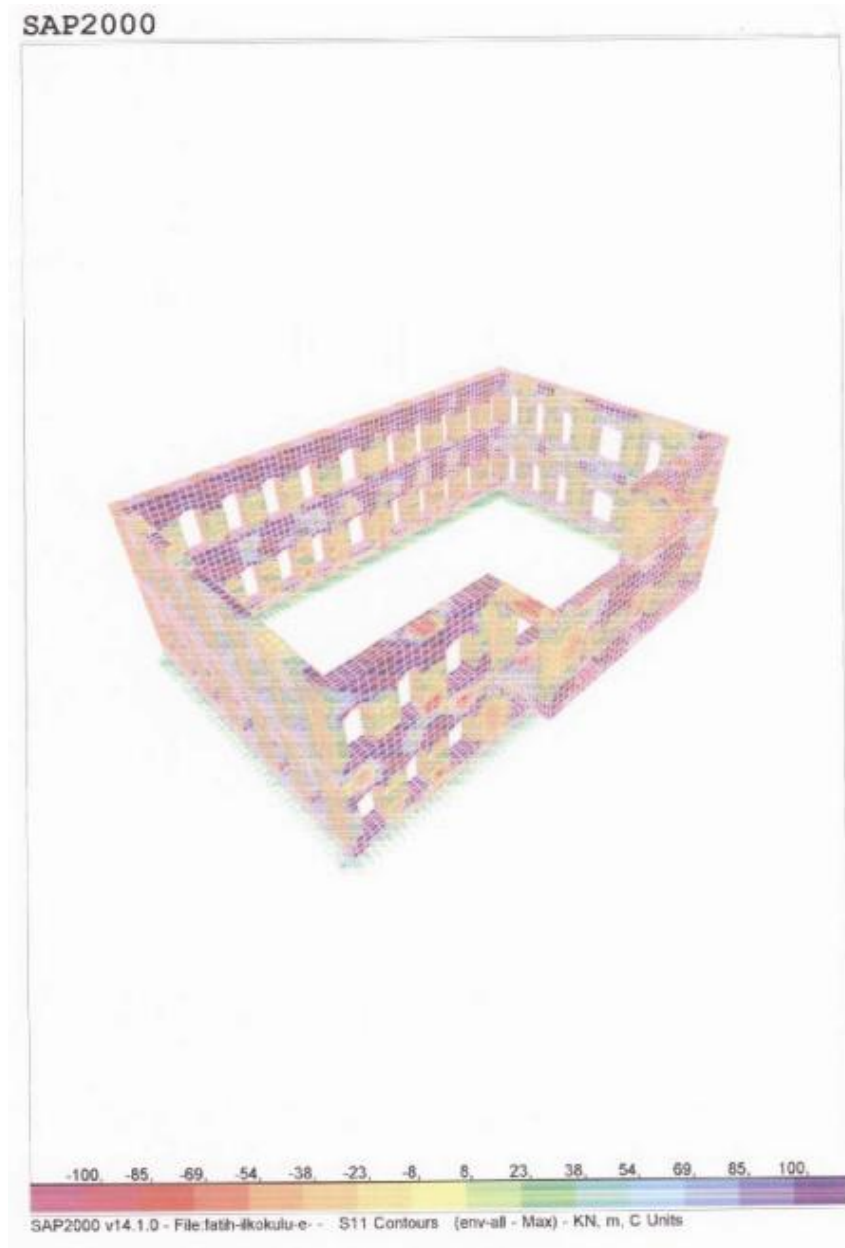
OutputCase	ModalCase	StepType	StepNum	Period	DampRatio	U1Acc	U2Acc	U3Acc	U1Amp	U2Amp	U3Amp
Text	Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	m/sec2	m/sec2	m/sec2	m	m	m
SX-r4	MODAL	Mode	1	0.239	0.05	3.434	0	0	-0.00040	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	2	0.198	0.05	3.434	0	0	-0.01533	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	3	0.193	0.05	3.434	0	0	-0.18124	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	4	0.177	0.05	3.434	0	0	0.00019	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	5	0.164	0.05	3.434	0	0	0.00000	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	6	0.159	0.05	3.434	0	0	0.00013	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	7	0.148	0.05	3.436	0	0	0.00010	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	8	0.141	0.05	3.441	0	0	-0.00048	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	9	0.129	0.05	3.451	0	0	-0.00006	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	10	0.126	0.05	3.454	0	0	0.00035	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	11	0.122	0.05	3.457	0	0	-0.00049	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	12	0.108	0.05	3.468	0	0	0.00008	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	13	0.104	0.05	3.472	0	0	-0.00085	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	14	0.098	0.05	3.479	0	0	0.00006	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	15	0.089	0.05	3.484	0	0	-0.00049	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	16	0.086	0.05	3.487	0	0	-0.00273	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	17	0.081	0.05	3.491	0	0	-0.00933	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	18	0.070	0.05	3.506	0	0	-0.00063	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	19	0.068	0.05	3.516	0	0	-0.00104	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	20	0.052	0.05	3.548	0	0	0.00017	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	21	0.046	0.05	3.560	0	0	0.00071	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	22	0.036	0.05	3.583	0	0	-0.00010	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	23	0.030	0.05	3.588	0	0	0.00041	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	24	0.015	0.05	3.629	0	0	0.00003	0	0
SX-r4	MODAL	Mode	25	0.013	0.05	3.634	0	0	0.00018	0	0

4.5 Eleman İç Kuvvetleri

4.5.1 Dolgu (Solid) Elemanların İç Kuvvetleri.

Yapının ana taşıyıcısı olarak dış duvarlar kat döşemelerden yük gelmediği için kayma mukavemeti azalmış olup yatay doğrultusunda çekme mukavemeti azalmıştır.

Burada her 2 katta değişik bölgelerde kesit alınarak toplam çekme miktarı hesaplanmış olup tablo halinde vermiştir.



Şekil 4. 11 Dolgu (Solid) eleman

Çizelge 4. 9 Çekme miktarı

TABLE: Section Cut Forces - Analysis						
SectionCut	OutputCase	Case	Type	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
k1-dx1-sc1	4DLX-r4	Comb	Max	12	11	396
k1-dx1-sc2	4DLX-r4	Comb	Max	73	13	537
k1-dx1-sc3	4DLX-r4	Comb	Max	-24	16	382
k1-dx1-sc4	4DLX-r4	Comb	Max	48	4	552
k1-dx2-sc1	4DLX-r4	Comb	Max	-21	7	436
k1-dx2-sc2	4DLX-r4	Comb	Max	-48	7	529
k1-dx2-sc3	4DLX-r4	Comb	Max	13	7	458
k1-dy1-sc1	4DLX-r4	Comb	Max	26	-24	34
k1-dy1-sc2	4DLX-r4	Comb	Max	4	-31	18
k1-dy2-sc1	4DLX-r4	Comb	Max	9	-9	25
k1-dy2-sc2	4DLX-r4	Comb	Max	43	-2	83
k2-dx1-sc1	4DLX-r4	Comb	Max	9	10	210
k2-dx1-sc2	4DLX-r4	Comb	Max	-15	4	132
k2-dx1-sc3	4DLX-r4	Comb	Max	2	0	195
k2-dx2-sc1	4DLX-r4	Comb	Max	28	17	159
k2-dx2-sc2	4DLX-r4	Comb	Max	80	13	194
k2-dx2-sc3	4DLX-r4	Comb	Max	18	18	182
k2-dy1-sc1	4DLX-r4	Comb	Max	2	6	9
k2-dy1-sc2	4DLX-r4	Comb	Max	28	28	-72
k2-dy2-sc1	4DLX-r4	Comb	Max	3	1	18
k2-dy2-sc2	4DLX-r4	Comb	Max	24	43	63
k1-dx1-sc1	4DLX-r4	Comb	Min	-70	-12	-489
k1-dx1-sc2	4DLX-r4	Comb	Min	-172	-3	-491
k1-dx1-sc3	4DLX-r4	Comb	Min	-56	-10	-366
k1-dx1-sc4	4DLX-r4	Comb	Min	-144	-12	-580
k1-dx2-sc1	4DLX-r4	Comb	Min	-62	-7	-435
k1-dx2-sc2	4DLX-r4	Comb	Min	-64	-6	-543
k1-dx2-sc3	4DLX-r4	Comb	Min	-123	-5	-458
k1-dy1-sc1	4DLX-r4	Comb	Min	-27	-50	-34
k1-dy1-sc2	4DLX-r4	Comb	Min	-6	-46	-52
k1-dy2-sc1	4DLX-r4	Comb	Min	-13	-63	-9
k1-dy2-sc2	4DLX-r4	Comb	Min	-39	-35	51
k2-dx1-sc1	4DLX-r4	Comb	Min	-32	0	-173
k2-dx1-sc2	4DLX-r4	Comb	Min	-25	-6	-116
k2-dx1-sc3	4DLX-r4	Comb	Min	-22	-11	-223
k2-dx2-sc1	4DLX-r4	Comb	Min	-59	-16	-150
k2-dx2-sc2	4DLX-r4	Comb	Min	-111	-12	-208
k2-dx2-sc3	4DLX-r4	Comb	Min	-47	-20	-156
k2-dy1-sc1	4DLX-r4	Comb	Min	-3	-27	-12
k2-dy1-sc2	4DLX-r4	Comb	Min	-49	-86	-89
k2-dy2-sc1	4DLX-r4	Comb	Min	-2	-15	-6
k2-dy2-sc2	4DLX-r4	Comb	Min	-38	-93	48

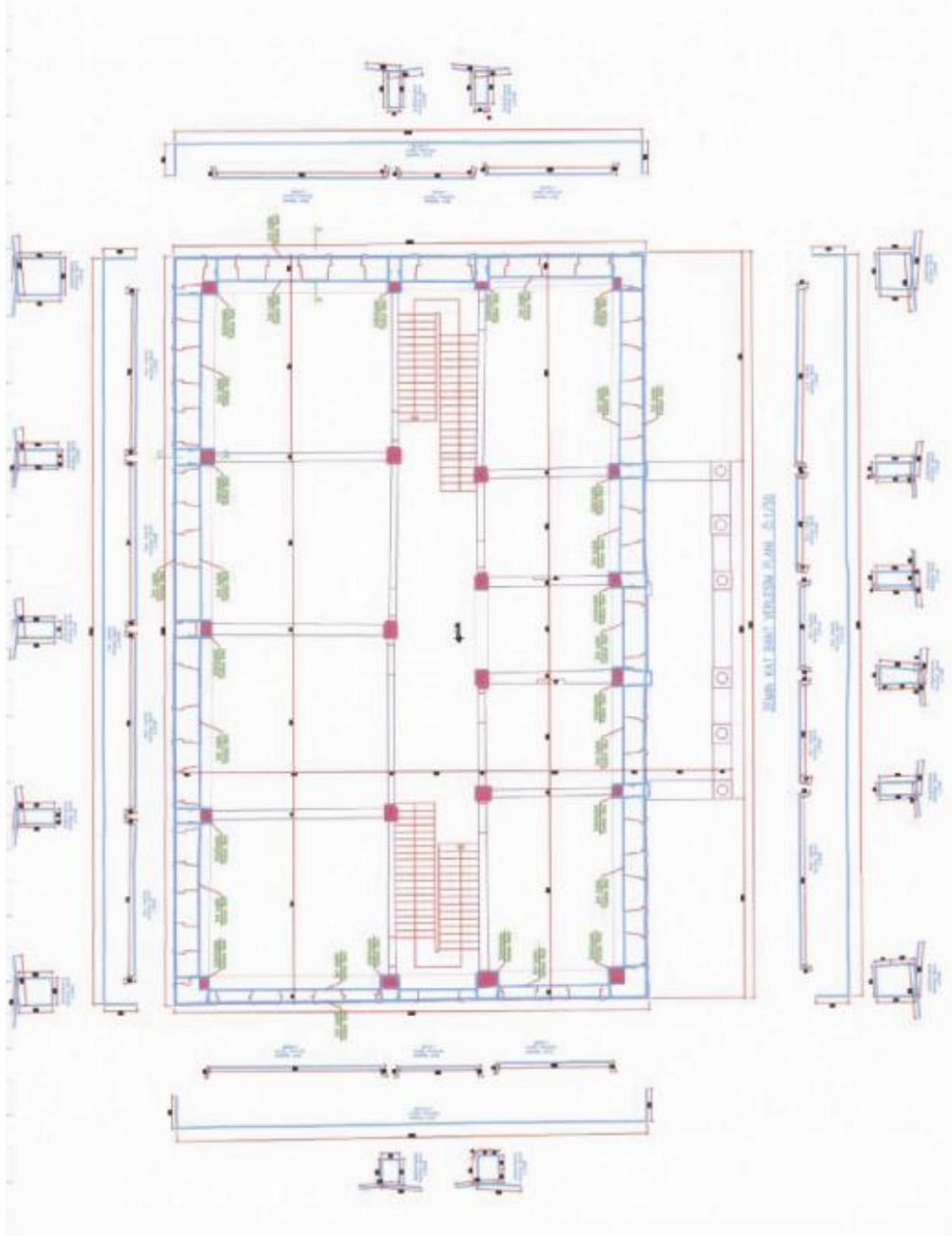
Çizelge 4. 10 Çekme miktarı (Çizelge 4. 10 Devamı)

TABLE: Section Cut Forces - Analysis						
SectionCut	OutputCase	Case	Type	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
k1-dx1-sc1	4DLY-r4	Comb	Max	1	21	-34
k1-dx1-sc2	4DLY-r4	Comb	Max	-31	21	45
k1-dx1-sc3	4DLY-r4	Comb	Max	-27	12	11
k1-dx1-sc4	4DLY-r4	Comb	Max	-25	10	11
k1-dx2-sc1	4DLY-r4	Comb	Max	-29	29	44
k1-dx2-sc2	4DLY-r4	Comb	Max	-41	48	53
k1-dx2-sc3	4DLY-r4	Comb	Max	-42	40	30
k1-dy1-sc1	4DLY-r4	Comb	Max	5	12	617
k1-dy1-sc2	4DLY-r4	Comb	Max	6	7	604
k1-dy2-sc1	4DLY-r4	Comb	Max	25	-34	617
k1-dy2-sc2	4DLY-r4	Comb	Max	13	37	623
k2-dx1-sc1	4DLY-r4	Comb	Max	32	8	22
k2-dx1-sc2	4DLY-r4	Comb	Max	-16	2	38
k2-dx1-sc3	4DLY-r4	Comb	Max	32	-2	-10
k2-dx2-sc1	4DLY-r4	Comb	Max	99	54	25
k2-dx2-sc2	4DLY-r4	Comb	Max	38	74	19
k2-dx2-sc3	4DLY-r4	Comb	Max	69	75	44
k2-dy1-sc1	4DLY-r4	Comb	Max	49	73	314
k2-dy1-sc2	4DLY-r4	Comb	Max	3	75	158
k2-dy2-sc1	4DLY-r4	Comb	Max	49	23	304
k2-dy2-sc2	4DLY-r4	Comb	Max	11	19	274
k1-dx1-sc1	4DLY-r4	Comb	Min	-59	-22	-59
k1-dx1-sc2	4DLY-r4	Comb	Min	-68	-11	2
k1-dx1-sc3	4DLY-r4	Comb	Min	-54	-6	5
k1-dx1-sc4	4DLY-r4	Comb	Min	-71	-18	-38
k1-dx2-sc1	4DLY-r4	Comb	Min	-53	-29	-43
k1-dx2-sc2	4DLY-r4	Comb	Min	-71	-46	-66
k1-dx2-sc3	4DLY-r4	Comb	Min	-68	-38	-30
k1-dy1-sc1	4DLY-r4	Comb	Min	-6	-85	-616
k1-dy1-sc2	4DLY-r4	Comb	Min	-7	-84	-639
k1-dy2-sc1	4DLY-r4	Comb	Min	-28	-38	-601
k1-dy2-sc2	4DLY-r4	Comb	Min	-9	-75	-489
k2-dx1-sc1	4DLY-r4	Comb	Min	-54	2	15
k2-dx1-sc2	4DLY-r4	Comb	Min	-23	-4	-23
k2-dx1-sc3	4DLY-r4	Comb	Min	-52	-9	-18
k2-dx2-sc1	4DLY-r4	Comb	Min	-129	-54	-16
k2-dx2-sc2	4DLY-r4	Comb	Min	-70	-72	-32
k2-dx2-sc3	4DLY-r4	Comb	Min	-98	-77	-18
k2-dy1-sc1	4DLY-r4	Comb	Min	-50	-95	-317
k2-dy1-sc2	4DLY-r4	Comb	Min	-25	-133	-318
k2-dy2-sc1	4DLY-r4	Comb	Min	-49	-37	-292
k2-dy2-sc2	4DLY-r4	Comb	Min	-25	-69	-163
MAX.				99	75	623
MIN				-172	-133	-639

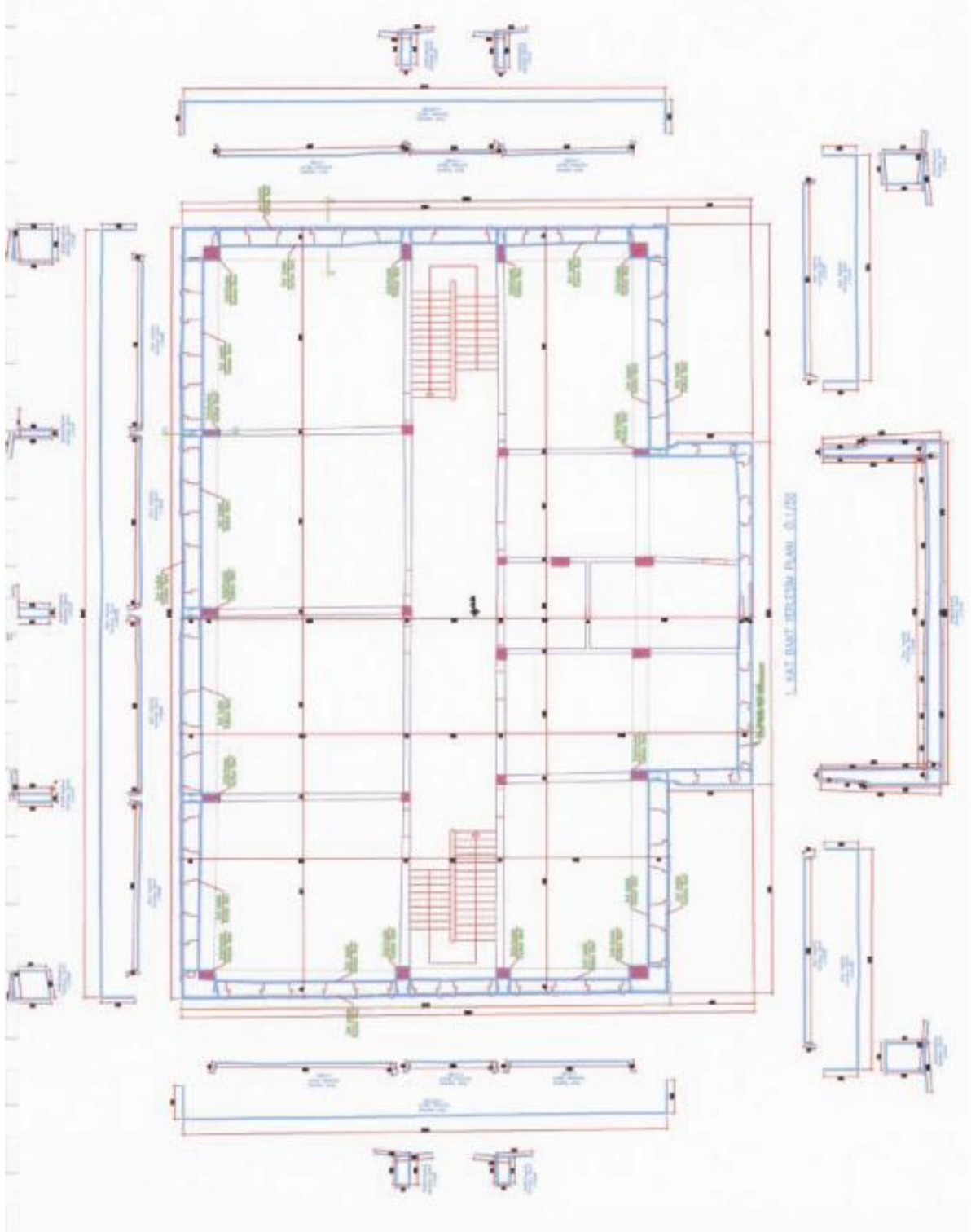
4.6 Güçlendirme Hesapları

4.6.1 Ana Duvarların Güçlendirilmesi

Önceki bölümde kesitlerdeki gerilmelerden meydana gelen toplam yatay çekme miktarları hesaplanmıştır. Bu çekmeleri taşıyabilecek elemanlar hesaplanmış olup ona mukabil çekme bantlarının miktarları hesaplanır.



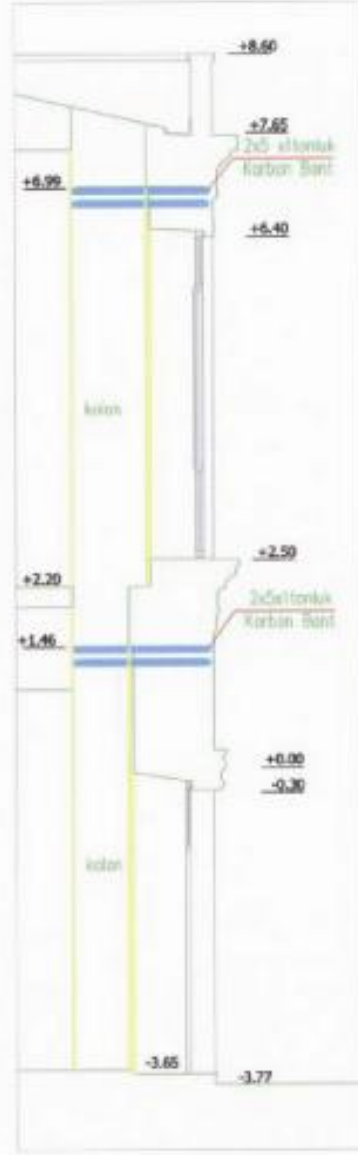
Şekil 4.12 Zemin kat güçlendirme planı



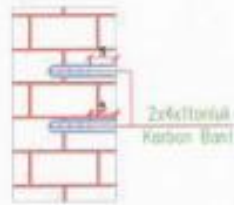
Şekil 4. 13 1.Kat güçlendirilmesi



A-AKESİTİ Ö:1/40



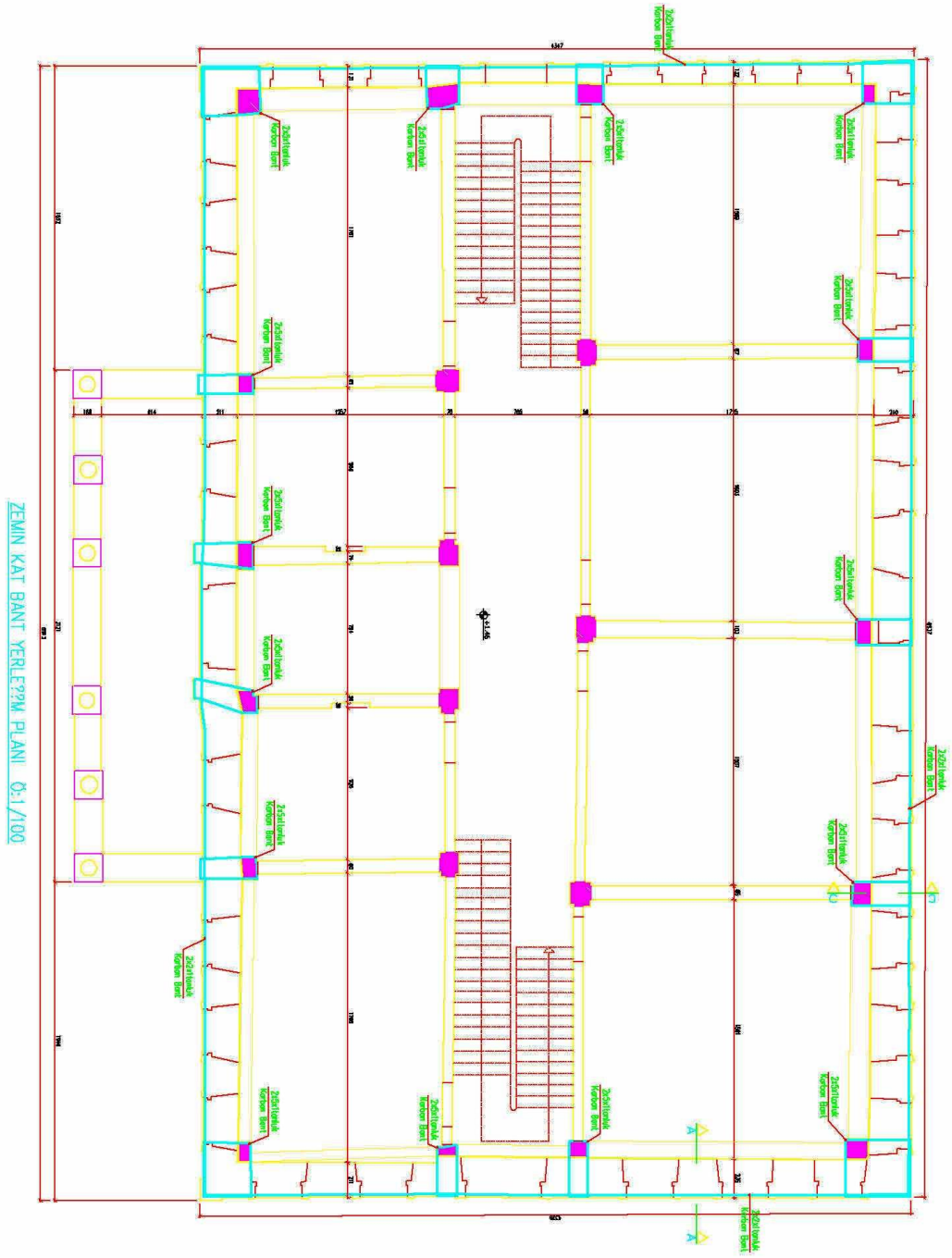
C-CKESİTİ Ö:1/40



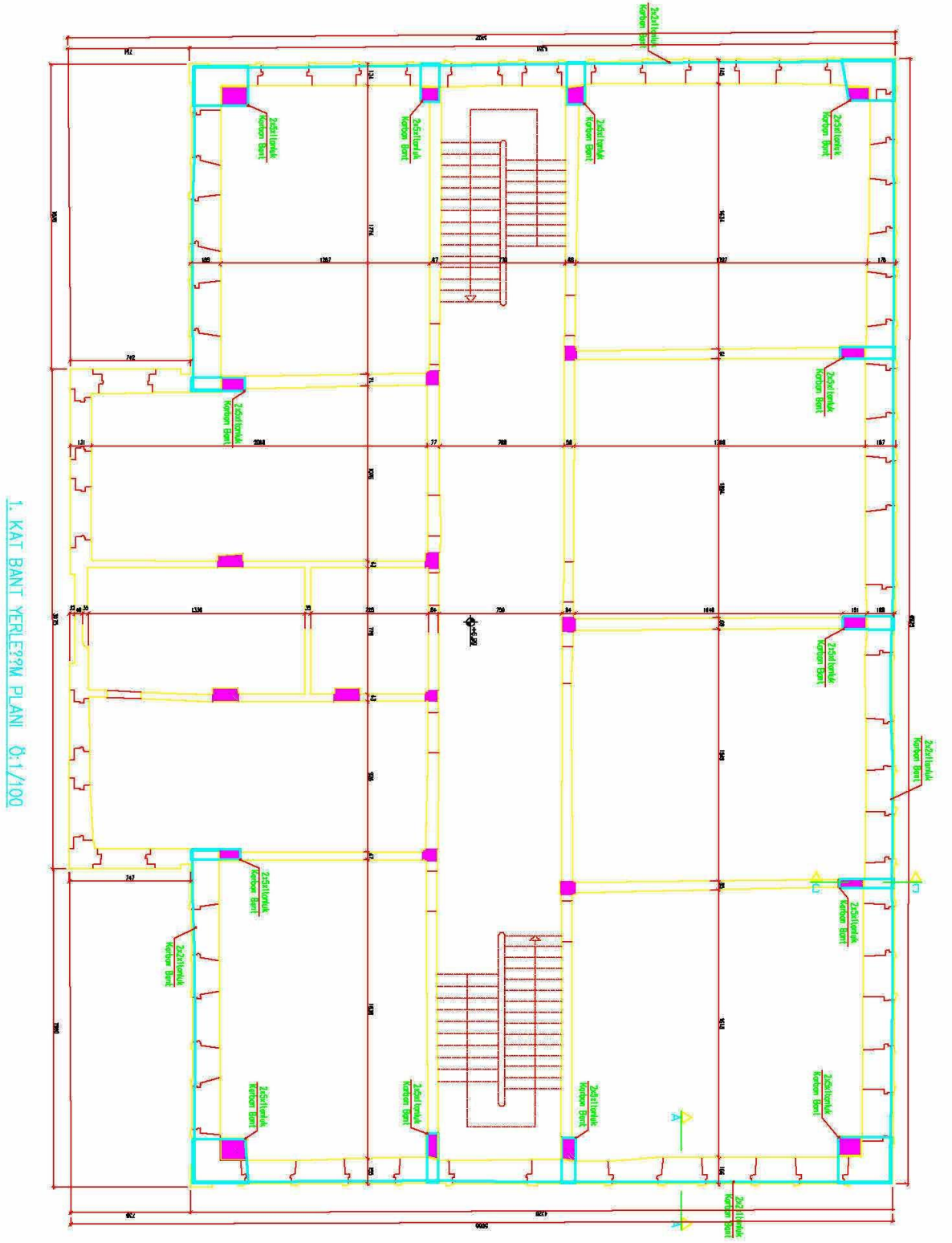
B DETAYI

NOTLAR:
- Ölçüleri: Sayfanın 1/50'si dir.

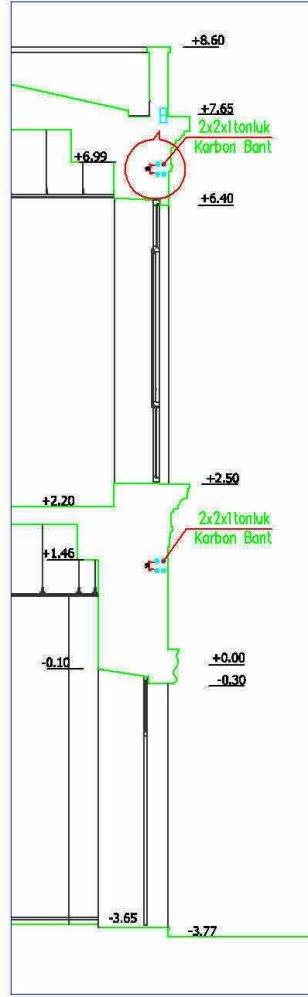
Şekil 4. 14 Güçlendirme



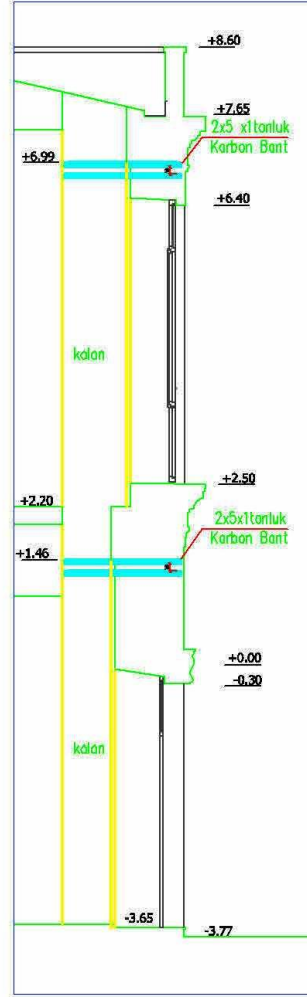
Şekil 4. 15 Zemin kat güçlendirmesi



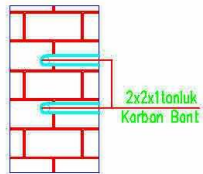
Şekil 4. 16 1.kat güçlendirmesi



A-AKESİT? Ö:1/40



C-CKESİT? Ö:1/40



B DETAYI

Şekil 4. 17 Güçlendirme

4.6.2 Kolonların Ana Duvarlarına Bağlanma Güçlendirilmesi

Dış duvarların yanında bulunan iç kolonlar bu duvarlara bağlanması için çekme bantlar hesaplanmıştır. Bunun için sonlu eleman modelinde bu kolonların tepesinde mafsallı bir elemanla dış duvara bağlanmıştır (Bar element). Analiz sonucunda meydana gelen çekme miktarı için eşdeğer çekme bantlar kullanılmıştır. Bu binada sonuçta betonarme kullanıldı ama 100 yıl önce ahşap olduğu için muhtemilen betonarme kaldırılacaktır ve kolonun üst kısımdan sadece delenip Karot ile bağlanacaktır. Daha karar verilmedi.

Çizelge 4. 11 Analiz değerleri

TABLE: Element Forces - Frames				TABLE: Element Forces - Frames			
Frame	OutputCase	Step	P	Frame	OutputCase	Step	P
Text	Text	Text	KN	Text	Text	Text	KN
120	env-all	Max	10,2	120	env-all	Min	-14,6
126	env-all	Max	7,4	126	env-all	Min	-12,7
127	env-all	Max	34,0	127	env-all	Min	-26,6
133	env-all	Max	19,4	133	env-all	Min	-14,4
134	env-all	Max	32,9	134	env-all	Min	-14,4
139	env-all	Max	14,7	139	env-all	Min	-12,3
140	env-all	Max	36,6	140	env-all	Min	-1,8
145	env-all	Max	5,1	145	env-all	Min	-6,1
146	env-all	Max	21,3	146	env-all	Min	5,4
15	env-all	Max	40,7	15	env-all	Min	-14,3
151	env-all	Max	13,1	151	env-all	Min	-14,2
152	env-all	Max	56,8	152	env-all	Min	12,4
155	env-all	Max	30,5	155	env-all	Min	-20,0
160	env-all	Max	56,2	160	env-all	Min	9,3
162	env-all	Max	21,8	162	env-all	Min	5,7
166	env-all	Max	8,8	166	env-all	Min	-10,8
168	env-all	Max	28,0	168	env-all	Min	-18,8
170	env-all	Max	27,8	170	env-all	Min	-18,9
21	env-all	Max	28,0	21	env-all	Min	-2,9
22	env-all	Max	30,1	22	env-all	Min	-36,3
28	env-all	Max	29,3	28	env-all	Min	-14,8
29	env-all	Max	23,8	29	env-all	Min	-23,8
34	env-all	Max	27,5	34	env-all	Min	-3,9
35	env-all	Max	27,7	35	env-all	Min	-7,1
40	env-all	Max	19,7	40	env-all	Min	4,3
41	env-all	Max	31,1	41	env-all	Min	3,7
46	env-all	Max	23,0	46	env-all	Min	0,0
47	env-all	Max	84,5	47	env-all	Min	-122,7
50	env-all	Max	29,5	50	env-all	Min	-15,3
51	env-all	Max	42,9	51	env-all	Min	-20,8
53	env-all	Max	45,2	53	env-all	Min	-20,1
55	env-all	Max	88,2	55	env-all	Min	-116,2
57	env-all	Max	31,9	57	env-all	Min	-0,6
61	env-all	Max	19,9	61	env-all	Min	0,2
63	env-all	Max	29,8	63	env-all	Min	-13,1
65	env-all	Max	30,0	65	env-all	Min	-11,2

max	88,2

min	-122,7

5. Yapının Güçlendirme Aşamaları

5.1 Yapının Tanımı

5.1.1 Genel

Bu bölüm Eminiönü – Sirkeci eski Ptt binası karşısındaki 1895 yılında inşa edilen tarihi binanın güçlendirmesiyle ilgilidir. Yapının değişik analizlerinin yapılması, yatay ve düşey taşıyıcı sistemlerinin incelenmesi için hazırlanmıştır.

Bu çalışmada binanın sonlu elemanlar yöntemi ile matematiksel modelinin oluşturulmasına ilişkin bilgiler yer almaktadır.

Taşıyıcı sisteme sahip binanın yapısal davranışı hakkında bilgi edinebilmek için sonlu elemanlar yöntemi ile modelleme çalışması yapılmıştır. Yapısal davranışı en doğru şekilde belirleyebilmek amacıyla, modelleme çalışmalarında yapı geometrisine büyük ölçüde uyulmuş ve üç boyutlu olarak modellenmiştir.

5.2 Genel Analiz Tanımı Ve Yüklemelr

5.2.1 Matematiksel Modelleme Çalışmaları

Binanın matematiksel modelin oluşturulmasına, yapılan mimari çalışmalardan yararlanılması neticesinde CAD ortamında 3 boyutlu yapı modelinin oluşturulması ile başlanmıştır. Taşıyıcı elemanlara ilişkin bilgiler ve zemin etüt hesaplarından alınan

veriler derlenmiş ve derlenen bu veriler hazırlanan model üzerine işlenmiştir.

CAD ortamında yapının geometrisi tanımlandıktan sonra, hazırlanan geometrik model SAP2000 programına aktarılmıştır. Tespit edilen mevcut taşıyıcı elemanlar kabuk (shell) olarak modellenmiştir.

Modelleme çalışmalarında, statik açıdan kritik kesimlerde sonlu elemanlar daha fazla parçaya bölünerek bu bölgelerde daha hassas sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

Sonlu elemanlara ayrıştırma işlemi sırasında farklı elemanların birbirleriyle kesiştiği düğüm noktalarının birbiriyle uyumlu olması ve süreksizlik yaratmaması sağlanmıştır.

Bundan sonraki aşamada ise, yapının belirlenmiş olan geometrik koşulları doğrultusunda sınır koşulları, mesnetlerin ve düğüm noktalarının serbestlik dereceleri ve model üzerine etkileyen yükler belirlenerek Sap2000 ortamında girilmiş ve böylece model analize hazır hale gelmiştir.

Modelin analiz edilmesinde, yapının geometrik ve malzeme olarak lineer olmayan davranışı ve yapılabilecek hataların yanlış sonuçlar doğurabileceği ihtimaline karşı dikkate alınmamıştır. Sonuç olarak yapı lineer elastik teoriye göre analiz edilmiştir.

5.2.2 Analizlerde Kullanılan Yükler

Analizlerde 3 boyutlu model üzerinde kullanılan yükler aşağıda sıralanmıştır.

5.2.2.1 Zati (Ölü) Yükler

Hesaplarda yapı zati ağırlıkları dikkate alınmış olup, bu yükler program tarafından otomatik olarak hesaba dâhil edilmiştir.

5.2.2.2 Hareketli Yükler

TS 498 de okul türü yapılarda hareketli yük olarak $q=5$ kN/m² değeri verilmektedir. Bu yük değeri döşemeler üzerinde düzgün yayılı yük olarak tanımlanmıştır.

5.2.2.3 Deprem Yükleri

Yapının deprem etkilerinin hesabında lineer etki spektrum yöntemi kullanılmıştır.

Deprem analizlerinde spektral ivme analizi kullanılmaktadır. Bu durumda R katsayısı 2.00 alınmıştır. Spektral analizde kullanılan zemin sınıfı ve deprem bölge derecesine

göre spektral eğrisi kullanılarak yapılmıştır.

Deprem yükleri binanın her iki asal doğrultusu için (X ve Y yönlerinde) ayrı ayrı analizlere dâhil edilmiştir.

5.2.3 Taşıyıcı Elemanları Ve Kullanılan Malzemeler

Duvarda kullanılan yığma yapı malzemesinin parametreleri aşağıdadır.

Çizelge 5. 1 Elemanların dayanım özellikleri

Malzeme Tipi	Poison Oranı	Elastisite Modülü (E) kN/m ²
Yığma duvar Tuğla-harç	0.17	1.500.000
Yığma duvar Taş-harç	0.20	5.000.000
Döşeme malzemesi(beton)	0.25	20.000.000

Çizelge 5. 2 Elemanların dayanım özellikleri

Malzeme Pozisyonu	Basınç mukavemeti, fc (kN/m ²)	Çekme mukavemeti, Ft (kN/m ²)
Tuğla Duvarlar	5000	500
Betonarme Döşeme	12000	-
Harç Dayanımı(Kireç)	5000	250

5.2.4 Matematiksel Model Ve Taşıyıcı Sistem Analizi

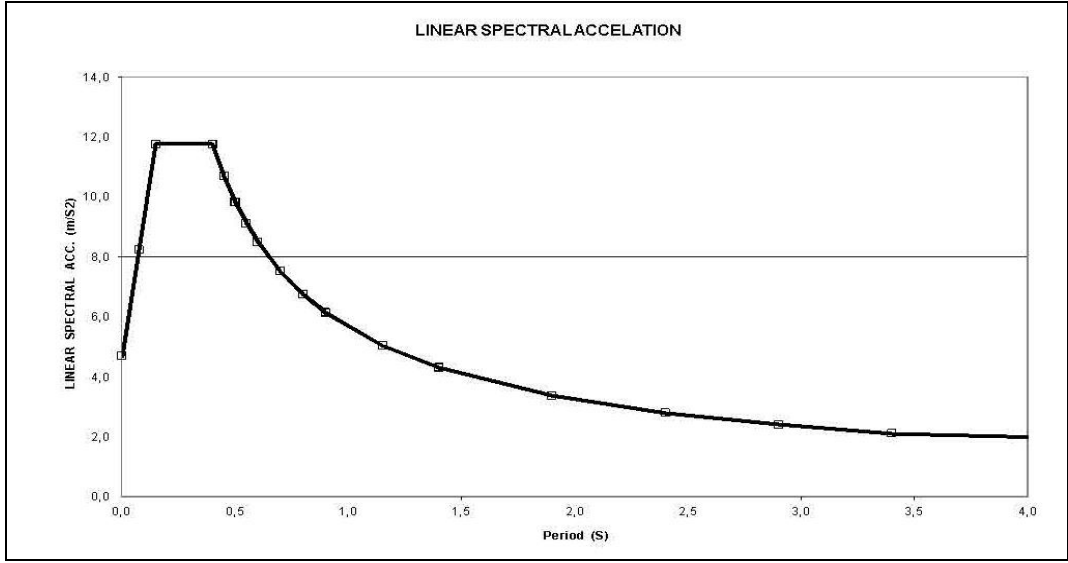
Yukarıda yapılan açıklamalar ışığında bina sonlu elemanlar yöntemi ile SAP2000 programında modellenmiştir. Yapının statik analizini yaparken rölevelerden elde ettiğimiz cephe ve plan çizimlerinden faydalanarak oluşturduğumuz üç boyutlu model analiz yapılmıştır.

Yapısal sistemi gösteren program çıktıları müteakip sayfalarda verilmiştir.

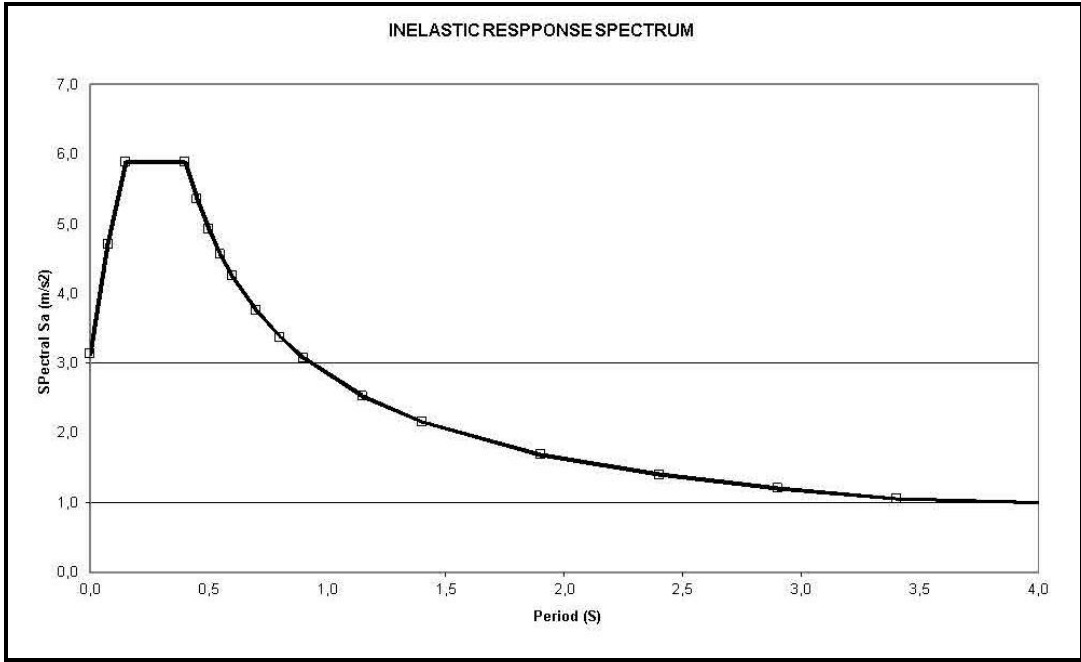
Modellemenin ardından sistem sınır koşullarına uygun olarak tanımlı yükler altında analiz edilmiştir. Analizlere ait program çıktıları da müteakip sayfalarda verilmiştir.

5.2.5 Deprem Spektrumu

Deprem spektrumu ile ilgili parametreler ve ona bağlı değerler ve grafik gösterimler aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5. 1 Lineer spektrum eğrisi



Şekil 5. 2 Non lineer spektrum eğrisi

Aşağıdaki hesaplarda Spektrum Analiz Yöntemi verilmiştir. Analiz Sonuçlarına ait Spektrum Eğrileri Şekil 2.1. ve Şekil 2.2 de görülmektedir.

Çizelge 5. 3 Spektrum değerleri

SPECTRUM						Name for Inelastic kredi han r_2	Name for Elastic kredi han r_1
Period (S)	Elastic			Ra(T)	Inelastic		
	Spectral Coeff.	Spectral Acc.	Spectral Acc.		Spectral Acc.		
T	S(T)	A ₀ IS(T)	A(T)	A(T)/Ra(T)	A(T)/Ra(T)		
0,000	1,00	0,48	4,709	1,50	3,14		
0,075	1,75	0,84	8,240	1,75	4,71		
0,150	2,50	1,20	11,772	2,00	5,89		
0,400	2,50	1,20	11,772	2,00	5,89		
0,450	2,28	1,09	10,713	2,00	5,36		
0,500	2,09	1,00	9,847	2,00	4,92		
0,550	1,94	0,93	9,124	2,00	4,56		
0,600	1,81	0,87	8,511	2,00	4,26		
0,700	1,60	0,77	7,523	2,00	3,76		
0,800	1,44	0,69	6,761	2,00	3,38		
0,900	1,31	0,63	6,153	2,00	3,08		
1,150	1,07	0,52	5,058	2,00	2,53		
1,400	0,92	0,44	4,321	2,00	2,16		
1,900	0,72	0,35	3,385	2,00	1,69		
2,400	0,60	0,29	2,808	2,00	1,40		
2,900	0,51	0,25	2,413	2,00	1,21		
3,400	0,45	0,22	2,125	2,00	1,06		
10,000	0,19	0,09	0,896	2,00	0,45		

Input SAP2000		
Freq. (Hz)	Period (S)	Acc. (m/s ²)
F	T	A(T)
100,00	0,000	3,139
13,33	0,075	4,709
6,67	0,150	5,886
2,50	0,400	5,886
2,22	0,450	5,357
2,00	0,500	4,924
1,82	0,550	4,562
1,67	0,600	4,255
1,43	0,700	3,762
1,25	0,800	3,381
1,11	0,900	3,077
0,87	1,150	2,529
0,71	1,400	2,161
0,53	1,900	1,692
0,42	2,400	1,404
0,34	2,900	1,207
0,29	3,400	1,062
0,10	10,000	0,448

Tablo 6.4	Soil	z2
Tablo 6.2	A ₀ =	0,40
Tablo 6.3	I	1,20
Tablo 6.4	T _k	0,15
Tablo 6.4	T _B	0,40
Tablo 6.5	R=	2,00
	Gravity=	9,81
	T	

Input blue values from table 6.4, 6.2 & 6.5	
z2	Soil Type (Z)
1	Earthquake Zone Type
1,20	Importance Factor
2,00	Reduction Factor
1,00	No Reduction For Elastic

FORMULAS:			
(6.1)	A(T)= A ₀ I S(T)=	0,480	S(T)
(6.2a)	S(T)=1+1.5T/T _k =		(0<T<T _A)
(6.2b)	S(T)=2.5=		(T _A <T<T _B)
(6.2c)	S(T)=2.5(T _B /T) ^{0.8} =		(T>T _B)
(6.3a)	Ra(T)=1.5+(R-1.5)T/T _A =		(0<T<T _A)
(6.3b)	Ra(T)=R=	2,00	(T>T _A)

TABLO 6.2. Etkin yer ivmesi katsayısı		TABLO 6.4. Spektrum karakteristik periotları		
deprem bölgesi	A ₀	Zemin Sınıfı	T _A (S)	T _B (S)
1,00	0,40	Z1	0,10	0,30
2,00	0,30	Z2	0,15	0,40
3,00	0,20	Z3	0,15	0,60
4,00	0,10	Z4	0,20	0,90

INPUT VALUE FOR INELASTIC		
FOR R=	2,0	
	PrIOD (S)	Acc.(m/s ²)
kredi han r	0,000	3,139
kredi han r	0,075	4,709
kredi han r	0,150	5,886
kredi han r	0,400	5,886
kredi han r	0,450	5,357
kredi han r	0,500	4,924
kredi han r	0,550	4,562
kredi han r	0,600	4,255
kredi han r	0,700	3,762
kredi han r	0,800	3,381
kredi han r	0,900	3,077
kredi han r	1,150	2,529
kredi han r	1,400	2,161
kredi han r	1,900	1,692
kredi han r	2,400	1,404
kredi han r	2,900	1,207
kredi han r	3,400	1,062
kredi han r	10,000	0,448

INPUT VALUE FOR ELASTIC		
FOR R=	1,0	
	PrIOD (S)	Acc.(m/s ²)
kredi han r_1	0,000	4,709
kredi han r_1	0,075	8,240
kredi han r_1	0,150	11,772
kredi han r_1	0,400	11,772
kredi han r_1	0,450	10,713
kredi han r_1	0,500	9,847
kredi han r_1	0,550	9,124
kredi han r_1	0,600	8,511
kredi han r_1	0,700	7,523
kredi han r_1	0,800	6,761
kredi han r_1	0,900	6,153
kredi han r_1	1,150	5,058
kredi han r_1	1,400	4,321
kredi han r_1	1,900	3,385
kredi han r_1	2,400	2,808
kredi han r_1	2,900	2,413
kredi han r_1	3,400	2,125
kredi han r_1	10,000	0,896

Spektrum analiz hesaplarında x yönünde SPX, y yönünde SPY yüklemeleri kullanılmıştır.

5.2.6 Eşdeğer Deprem Analizi

Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü (taban kesme kuvveti) hesaplanmıştır. Otel türü yapılarda hareketli yük azaltma katsayısı $n=0,30$ alınmıştır.

Aşağıdaki hesaplarda eşdeğer Deprem yüğü hesaplanmış ve katlara etkiyen yatay kuvvetler bulunmuştur. Bu kat yükleri yapıya döşemeleri doğrultusunda etkilmiştir.

Çizelge 5. 4 Kat deprem kuvvetleri

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine Göre Kat Deprem Kuvvetleri

A : 0,40
I : 1,20
S(T) : 2,50
R : 2,00
W : 2927,00 ton

Toplam taban kesme kuvveti: $V_T = A_0 \times I \times S(T) \times W / R$ ve $A_0 = 0.4$, $I = 1$, $S(T) = 2.5$ ve $R = 2.00$ için:

V_T : 1756,20 ton

Kat	Wi	Hi	Wi+Hi	Oran	Vkat(fx)	Vkat(fy)
NO	t	m	t		t	0.3*t
Z. KAT	226,0	6,00	1356,0	0,08	141,4	42,41
1. KAT	242,0	10,00	2420,0	0,14	252,3	75,69
2. KAT	242,0	14,00	3388,0	0,20	353,2	105,97
3. KAT	242,0	18,00	4356,0	0,26	454,2	136,25
4. KAT	242,0	22,00	5324,0	0,32	555,1	166,53
Toplam	1194,0		16844,0	1,0000	1756,2	

Eşdeğer deprem analizi için yapıya x yönünde EX y yönünde EY yüklemeleri kullanılmıştır.

5.2.7 Modal Analiz

Bu çalışmada, yapının özdeğerlerini hesaplamak için Ritz Vektör Metodu kullanılmıştır. Yapının modal periyotları, frekansları ve modal etkin kütle oranları ile toplam etkin kütle oranları ilk 15 modları hesaplanmıştır. Yapının geometri durumu düzensiz olduğu için farklı açılarda modal değerler hesaplanmaktadır.

Çizelge 5. 5 Spektrum Modal değerleri

TABLE: Response Spectrum Modal Information						
RESPONS	Mode	Period	DampRatio	U1Acc		U1Amp
SPEKTRUM	Number	Sec	Unitless	m/sec2		m
S000X	1	0.972	0.05	2.92		0.2115
S000X	2	0.552	0.05	4.55		1.5232
S000X	3	0.425	0.05	5.62		-0.3063
S000X	4	0.297	0.05	5.89		0.0332
S000X	5	0.175	0.05	5.89		0.0919
S000X	6	0.169	0.05	5.89		-0.0094
S000X	7	0.161	0.05	5.89		-0.0071
S000X	8	0.160	0.05	5.89		0.0065
S000X	9	0.158	0.05	5.89		0.0003
S000X	10	0.158	0.05	5.89		0.0027
S000X	11	0.153	0.05	5.89		-0.0004
S000X	12	0.151	0.05	5.89		0.0006
S000X	13	0.150	0.05	5.89		-0.0007
S000X	14	0.146	0.05	5.82		-0.0008
S000X	15	0.145	0.05	5.81		-0.0002

SPEKTRUMUN X
YÖNÜNDEKİ ETKİSİ

S015	1	0.972	0.05	2.92		0.9157
S015	2	0.552	0.05	4.55		1.3857
S015	3	0.425	0.05	5.62		-0.4406
S015	4	0.297	0.05	5.89		0.0872
S015	5	0.175	0.05	5.89		0.0828
S015	6	0.169	0.05	5.89		-0.0092
S015	7	0.161	0.05	5.89		-0.0042
S015	8	0.160	0.05	5.89		0.0101
S015	9	0.158	0.05	5.89		0.0008
S015	10	0.158	0.05	5.89		0.0062
S015	11	0.153	0.05	5.89		0.0006
S015	12	0.151	0.05	5.89		0.0010
S015	13	0.150	0.05	5.89		-0.0008
S015	14	0.146	0.05	5.82		-0.0011
S015	15	0.145	0.05	5.81		-0.0004

X YÖNÜNDE VE 15
DERECE AÇI İLE ETKİ

S030	1	0.972	0.05	2.92		1.5576
S030	2	0.552	0.05	4.55		1.1537
S030	3	0.425	0.05	5.62		-0.5450
S030	4	0.297	0.05	5.89		0.1353
S030	5	0.175	0.05	5.89		0.0680
S030	6	0.169	0.05	5.89		-0.0084
S030	7	0.161	0.05	5.89		-0.0010
S030	8	0.160	0.05	5.89		0.0130
S030	9	0.158	0.05	5.89		0.0012
S030	10	0.158	0.05	5.89		0.0093
S030	11	0.153	0.05	5.89		0.0015
S030	12	0.151	0.05	5.89		0.0012
S030	13	0.150	0.05	5.89		-0.0009

X YÖNÜNDE VE 30
DERECE AÇI İLE ETKİ

S030	14	0.146	0.05	5.82	-0.0012
S030	15	0.145	0.05	5.81	-0.0005

S045	1	0.972	0.05	2.92	2.0933
S045	2	0.552	0.05	4.55	0.8431
S045	3	0.425	0.05	5.62	-0.6122
S045	4	0.297	0.05	5.89	0.1742
S045	5	0.175	0.05	5.89	0.0486
S045	6	0.169	0.05	5.89	-0.0070
S045	7	0.161	0.05	5.89	0.0022
S045	8	0.160	0.05	5.89	0.0151
S045	9	0.158	0.05	5.89	0.0015
S045	10	0.158	0.05	5.89	0.0118
S045	11	0.153	0.05	5.89	0.0024
S045	12	0.151	0.05	5.89	0.0014
S045	13	0.150	0.05	5.89	-0.0010
S045	14	0.146	0.05	5.82	-0.0013
S045	15	0.145	0.05	5.81	-0.0006

X YÖNÜNDE VE 45
DERECE AÇI İLE ETKİ

S060	1	0.972	0.05	2.92	2.4863
S060	2	0.552	0.05	4.55	0.4750
S060	3	0.425	0.05	5.62	-0.6376
S060	4	0.297	0.05	5.89	0.2012
S060	5	0.175	0.05	5.89	0.0259
S060	6	0.169	0.05	5.89	-0.0051
S060	7	0.161	0.05	5.89	0.0053
S060	8	0.160	0.05	5.89	0.0161
S060	9	0.158	0.05	5.89	0.0018
S060	10	0.158	0.05	5.89	0.0134
S060	11	0.153	0.05	5.89	0.0031
S060	12	0.151	0.05	5.89	0.0015
S060	13	0.150	0.05	5.89	-0.0010
S060	14	0.146	0.05	5.82	-0.0012
S060	15	0.145	0.05	5.81	-0.0007

X YÖNÜNDE VE 60
DERECE AÇI İLE ETKİ

VEYA Y'den 30 DER.

S075	1	0.972	0.05	2.92	2.7100
S075	2	0.552	0.05	4.55	0.0746
S075	3	0.425	0.05	5.62	-0.6197
S075	4	0.297	0.05	5.89	0.2145
S075	5	0.175	0.05	5.89	0.0015
S075	6	0.169	0.05	5.89	-0.0028
S075	7	0.161	0.05	5.89	0.0080
S075	8	0.160	0.05	5.89	0.0160
S075	9	0.158	0.05	5.89	0.0019
S075	10	0.158	0.05	5.89	0.0142
S075	11	0.153	0.05	5.89	0.0035
S075	12	0.151	0.05	5.89	0.0015
S075	13	0.150	0.05	5.89	-0.0009
S075	14	0.146	0.05	5.82	-0.0011

X YÖNÜNDE VE 75
DERECE AÇI İLE ETKİ

VEYA Y'den 15 DER.

S075	15	0.145	0.05	5.81	-0.0007
------	----	-------	------	------	---------

S090Y	1	0.972	0.05	2.92	2.7489
S090Y	2	0.552	0.05	4.55	-0.3310
S090Y	3	0.425	0.05	5.62	-0.5594
S090Y	4	0.297	0.05	5.89	0.2132
S090Y	5	0.175	0.05	5.89	-0.0231
S090Y	6	0.169	0.05	5.89	-0.0004
S090Y	7	0.161	0.05	5.89	0.0102
S090Y	8	0.160	0.05	5.89	0.0148
S090Y	9	0.158	0.05	5.89	0.0019
S090Y	10	0.158	0.05	5.89	0.0140
S090Y	11	0.153	0.05	5.89	0.0038
S090Y	12	0.151	0.05	5.89	0.0013
S090Y	13	0.150	0.05	5.89	-0.0007
S090Y	14	0.146	0.05	5.82	-0.0009
S090Y	15	0.145	0.05	5.81	-0.0007

SPEKTRUMUN Y
YÖNÜNDEKİ ETKİSİ

Çizelge 5. 6 Modal değerleri

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99,642	89,0054
MODAL	Acceleration	UY	99,8021	88,2654
MODAL	Acceleration	UZ	31,3958	13,3159

Çizelge 5. 7 Modal kütle iştirak oranı

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	
Number	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
1	0,972	0,003	0,561	0,000	0,003	0,561	0,000	
2	0,552	0,682	0,032	0,000	0,685	0,594	0,000	
3	0,425	0,051	0,171	0,000	0,736	0,765	0,000	
4	0,297	0,002	0,095	0,000	0,739	0,860	0,000	
5	0,175	0,147	0,009	0,003	0,886	0,869	0,003	
6	0,169	0,002	0,000	0,072	0,888	0,869	0,075	
7	0,161	0,001	0,003	0,028	0,889	0,871	0,103	
8	0,160	0,001	0,006	0,023	0,890	0,877	0,126	
9	0,158	0,000	0,000	0,000	0,890	0,877	0,126	
10	0,158	0,000	0,005	0,001	0,890	0,882	0,127	
11	0,153	0,000	0,000	0,000	0,890	0,883	0,127	
12	0,151	0,000	0,000	0,000	0,890	0,883	0,128	
13	0,150	0,000	0,000	0,002	0,890	0,883	0,130	
14	0,146	0,000	0,000	0,001	0,890	0,883	0,131	
15	0,145	0,000	0,000	0,002	0,890	0,883	0,133	
				Toplam :	0,890	0,883		
MODAL İŞTİRAK KÜTLE ORANI :				yüzdesi	89	88		

Modal kütle iştirak oranı yaklaşık olarak %90'dan az olmadığı için uygundur.

5.2.8 Yükleme Durumları ve Kombinasyonlar

Bu bölümde üç boyutlu modeline aşağıdaki tablolarda verilerin yükler ve kombinasyon etkiltilmiş.

Çizelge 5. 8 Yükleme tanımları

YÜKLEME TANIMLARI			
Yükleme Adı	Yükleme Tipi	Modal Analiz	Yükleme Tasarımı
DEAD	LinStatic		DEAD
LIVE	LinStatic		LIVE
MODAL	LinModal		QUAKE
SPEXR2	LinRespSpec	MODAL	QUAKE
SPEYR2	LinRespSpec	MODAL	QUAKE
EX	LinStatic		QUAKE
EY	LinStatic		QUAKE

Çizelge 5. 9 Yükleme kombinasyonları

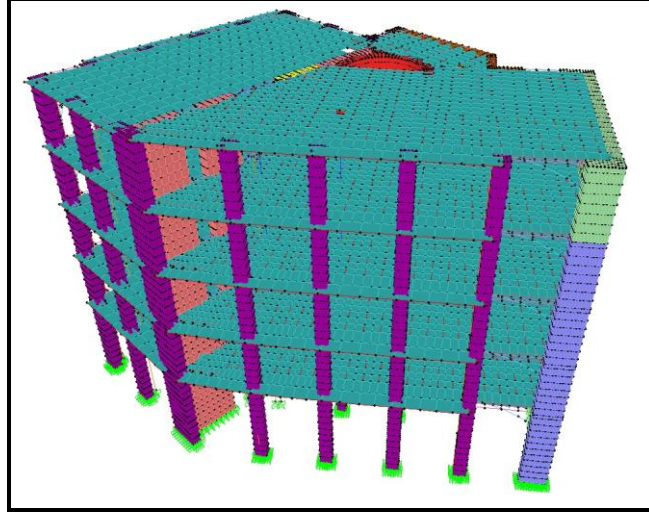
YÜKLEME KOMBİNASYONLARI				
Kombinasyon adı	Kombinasyon Tipi	Yükleme Tipi	Yükleme Adı	Büyütme Faktörü
1-DL-LI	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
			LIVE	1
2-DL-SPX-R2	Linear Add	Response Spectrum	SPEXR2	1
		Response Combo	1DL-LI	1
2-DL-SPY-R2	Linear Add	Response Spectrum	SPEYR2	1
		Response Combo	1DL-LI	1
3-ST-DL-X	Linear Add	Response Combo	1DL-LI	1
		Linear Static	STEX	1
3-ST-DL-Y	Linear Add	Response Combo	1DL-LI	1
		Linear Static	STEY	1

5.3 Sonlu Eleman Modeli

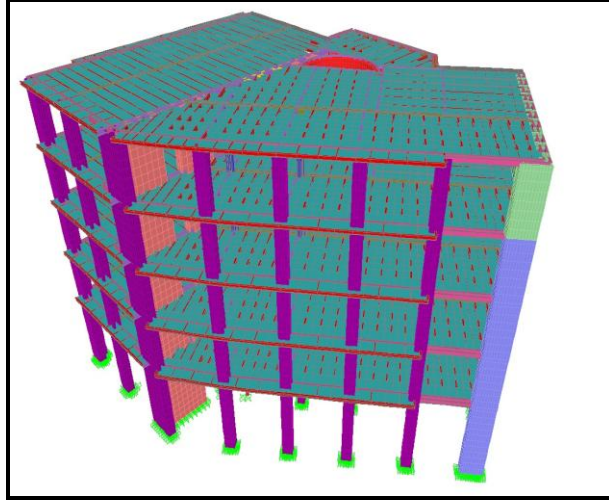
5.3.1 Üç Boyutlu Model Mevcut durumu

Bu bölümde rölöve teknik çizimlerden faydalanılarak hazırlanmış yapının üç boyutlu modeli bilgisayar ortamında gösterilmiştir. Sonraki sayfalarda sonlu eleman modelin 3 boyutlu şekilleri değişik cephelerden bir kaç tane örnek olarak gösterilmiştir.

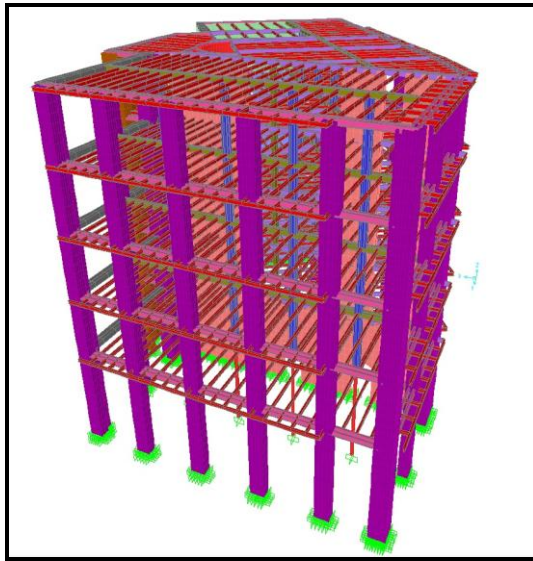
Mevcut durum modeli burada gösterilmiştir.



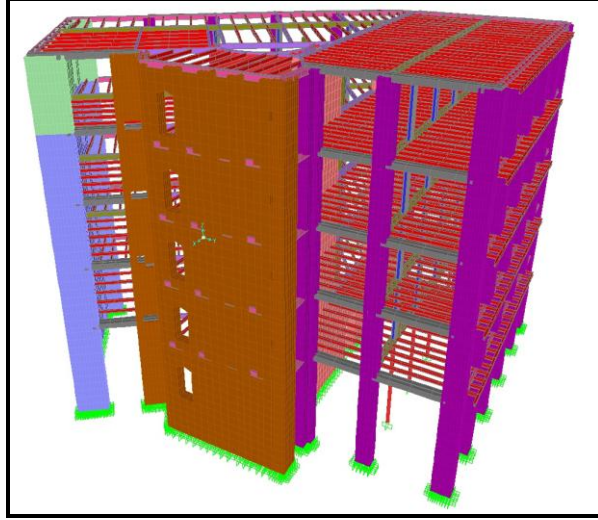
Şekil 5. 3 Mevcut durum üç boyutlu modeli



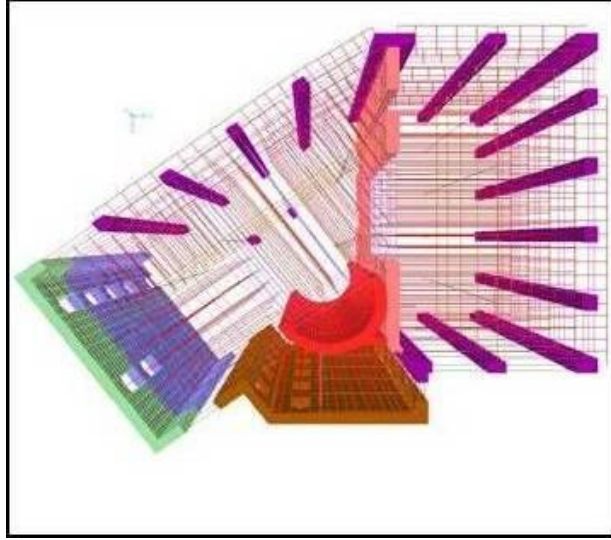
Şekil 5. 4 Mevcut Durum Üç Boyutlu Modeli



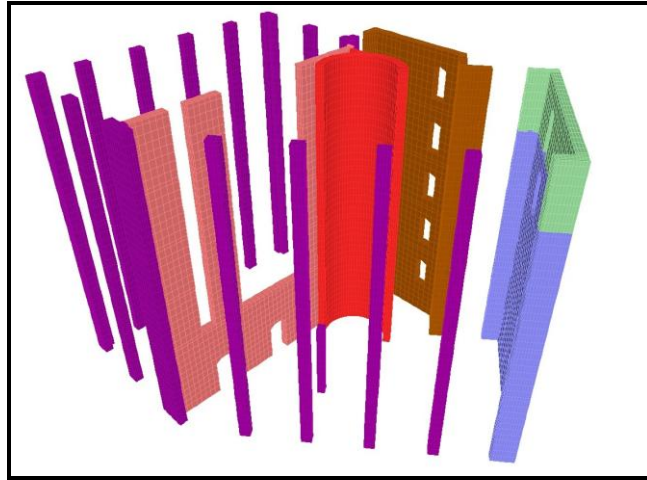
Şekil 5. 5 Mevcut durum üç boyutlu modeli



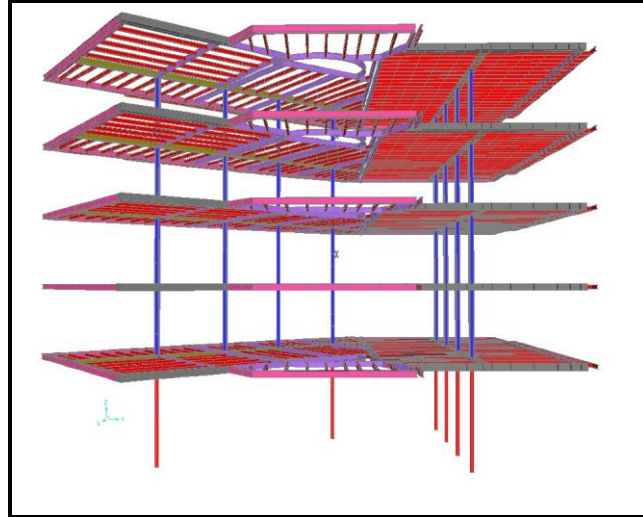
Şekil 5. 6 Mevcut durum üç boyutlu modeli



Şekil 5. 7 Mevcut durum üstten görünüş



Şekil 5. 8 Mevcut durum taşıyıcı duvarlar



Şekil 5. 9 Mevcut durum taşıyıcı çelik sistem

5.3.2 Statik Model İçin Yüklemeler

Bu tip yapılar genelde hafif malzemedan yapılır ayrıca sıvalar da incedir.

Elemanların kendi ağırlıklarını program otomatik olarak hesaplar.

Mesela modelde izgaralar çubuk eleman ve ince tahtalar olan döşemeler kabuk olarak modellenmiş olup buna ait zati ağırlıklar program kendisi hesaplar.

Yapıda genel yüklemeler aşağıdaki tabloda verilmiştir:

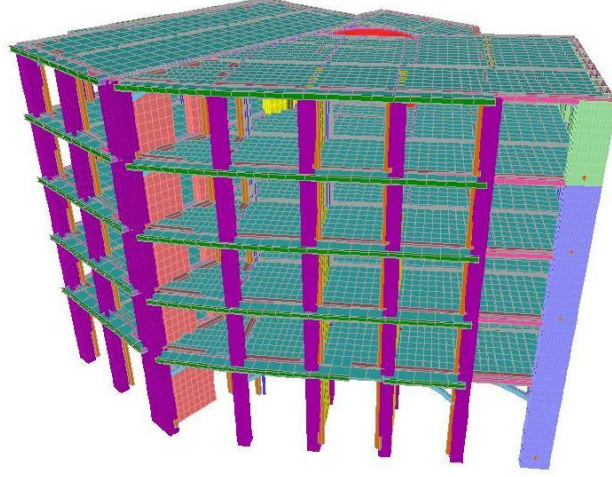
Döşemelerin kaplama yükü :200 kg/m²,

Hareketli yükün toplamı :500 kg/m²

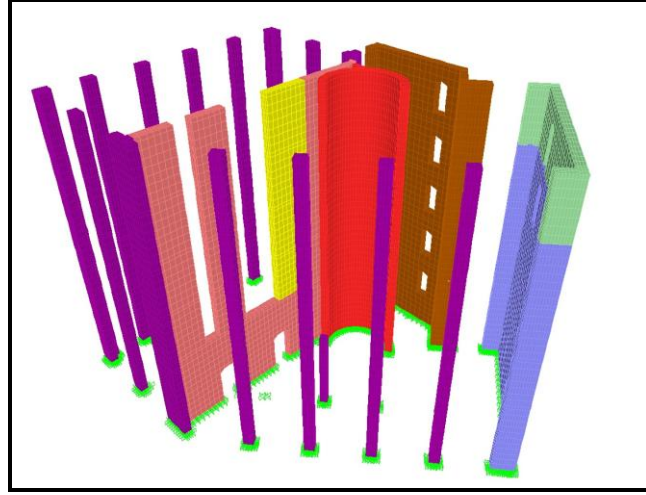
Uygulanmıştır.

5.4 Güçlendirilmiş Model

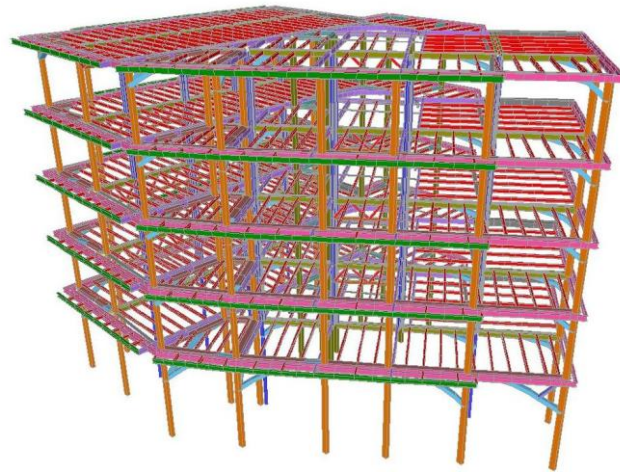
Yapının yatay ve düşey yükler altında performansını artırmak için köşe noktalara çelik profiller ile yatay yükü sönmüleme özelliği olan



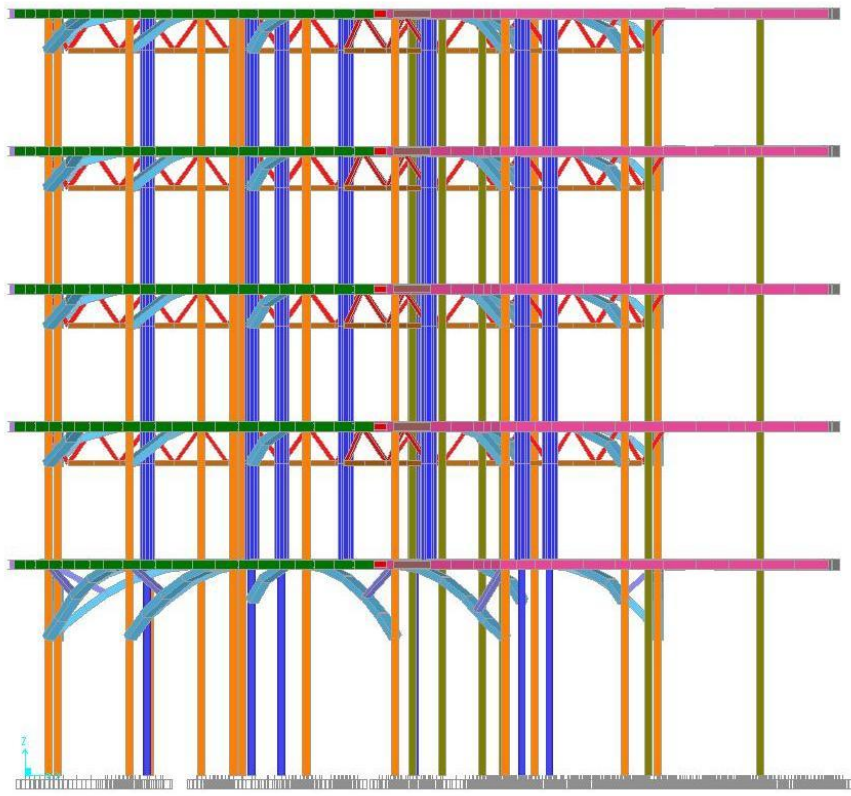
Şekil 5. 10 Güçlendirilmiş yapının üç boyutlu modeli



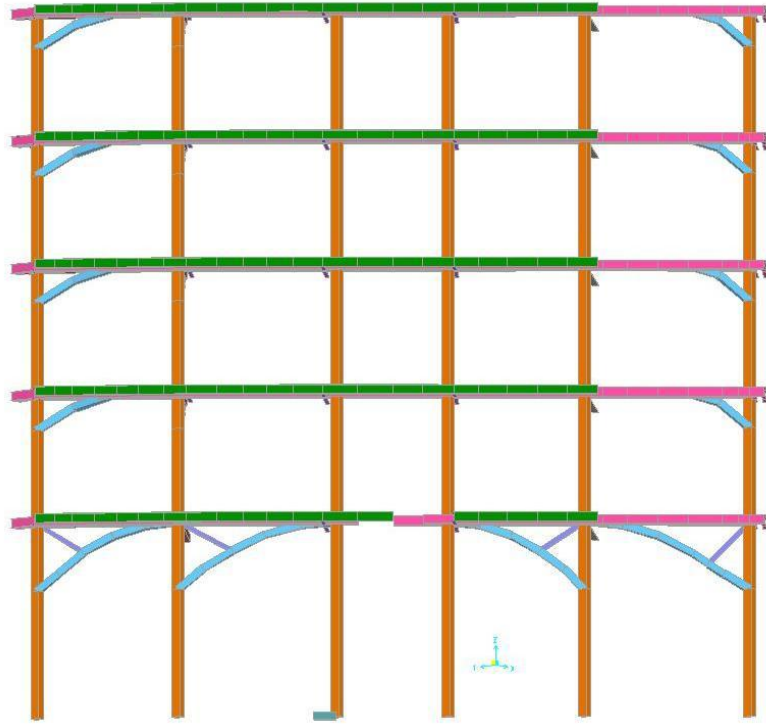
Şekil 5. 11 Güçlendirilmiş yapının taşıyıcı duvarları



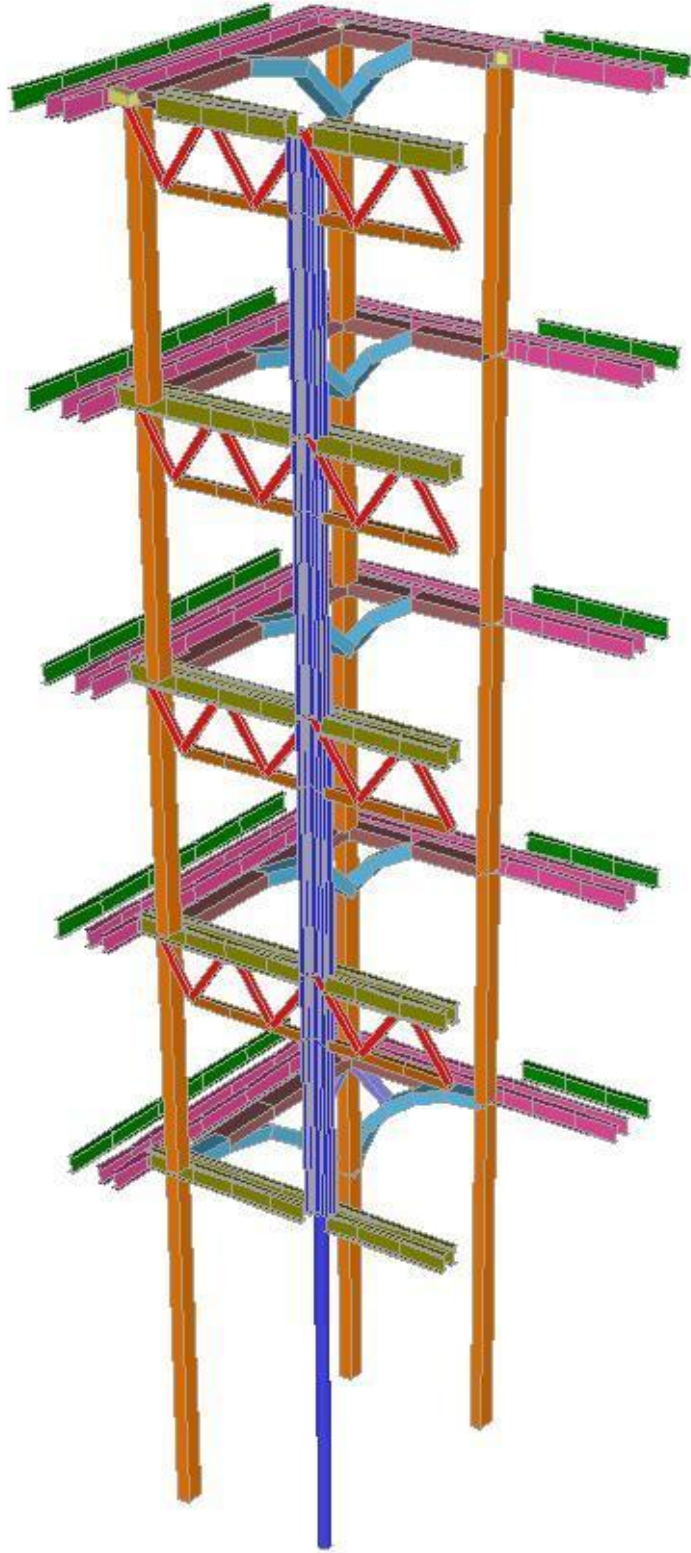
Şekil 5. 12 Güçlendirilmiş yapının üç boyutlu modeli



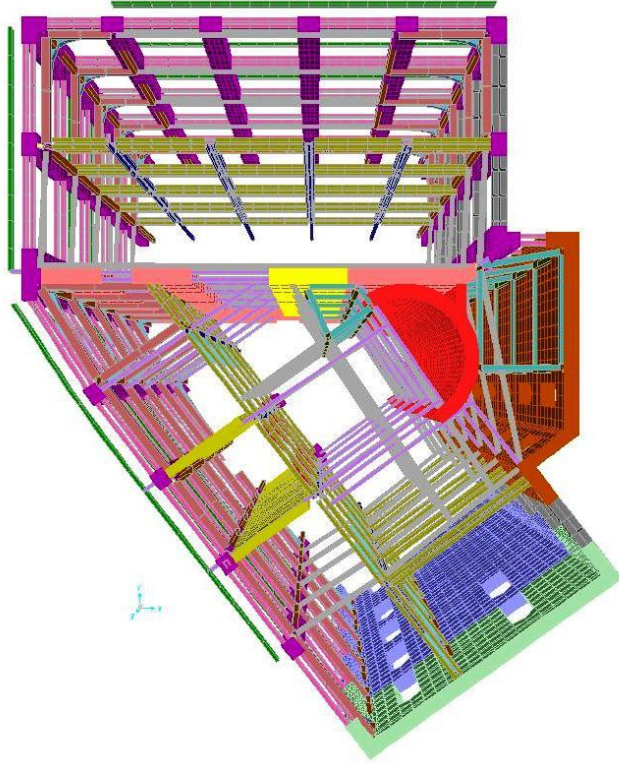
Şekil 5. 13 Güçlendirilmiş yapının üç boyutlu modeli



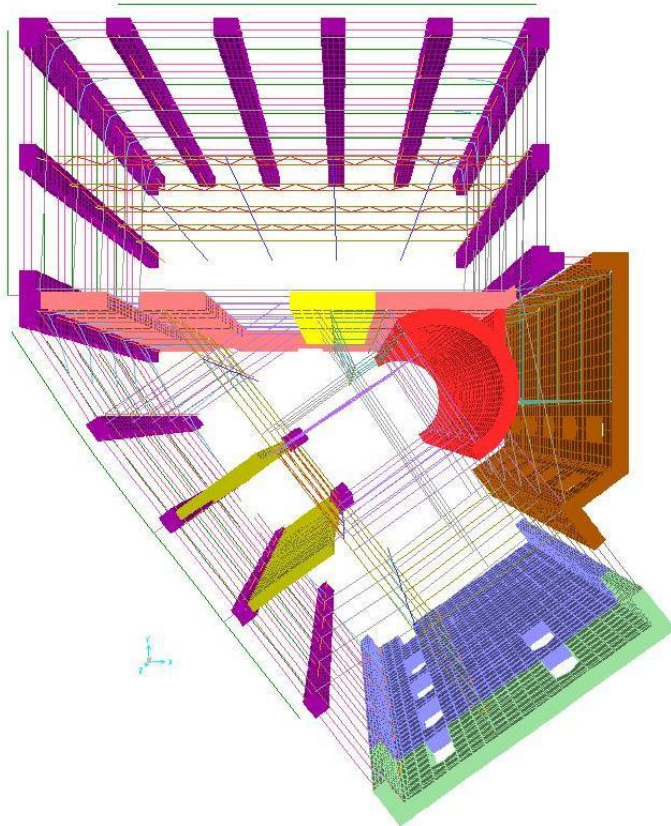
Şekil 5. 14 Yapının giriş kısmındaki kolonlarında yatay kapasiteyi artırma yöntemi



Şekil 5. 15 Yapının köşe noktalarındaki güçlendirme elemanları



Şekil 5. 16 SAP2000 modeli



Şekil 5. 17 SAP2000 modeli



Şekil 5. 18 SAP2000 modeli

5.5 Düşey Yükler Altında Analiz

Yapıdaki gerilmeler S_{11} , S_{22} , S_{33} , S_{13} , S_{23} , S_{MAX} , S_{MIN} olarak belirtilecektir.

S_{11} ; global X eksenı doğrultusundaki gerilme

S_{22} ; global Y eksenı doğrultusundaki gerilme

S_{33} ; global Z eksenı doğrultusundaki gerilme

S_{13} ; global X ve Z düzlemindeki kayma gerilmesi

S_{23} ; global Y ve Z düzlemindeki kayma gerilmesi

S_{MAX} ; max asal gerilme (genel çekme)

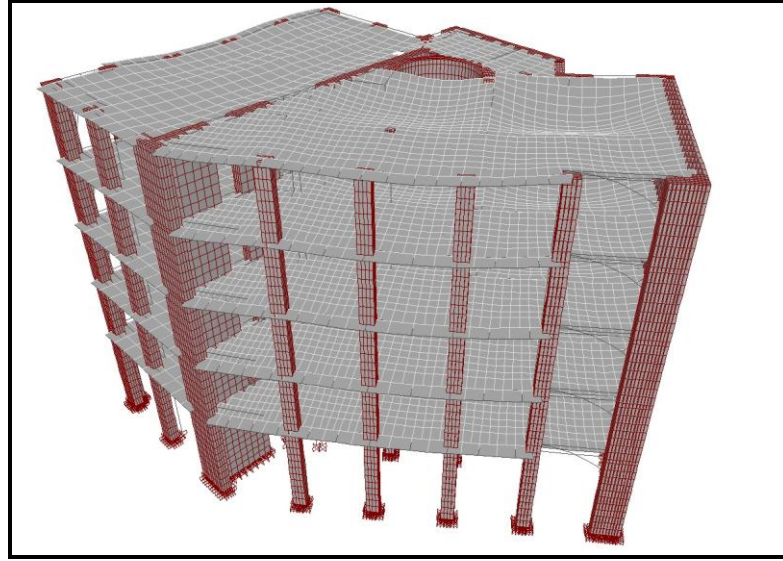
S_{MIN} ; min asal gerilme (genel çekme)

S_{11} ve S_{22} gerilmeleri için yani global eksenindeki yatay gerilmelerden negatif (-) işaretli olanlar basınç gerilmeleri, pozitif (+) işaretli olanlar çekme gerilmelerini ifade etmektedir.

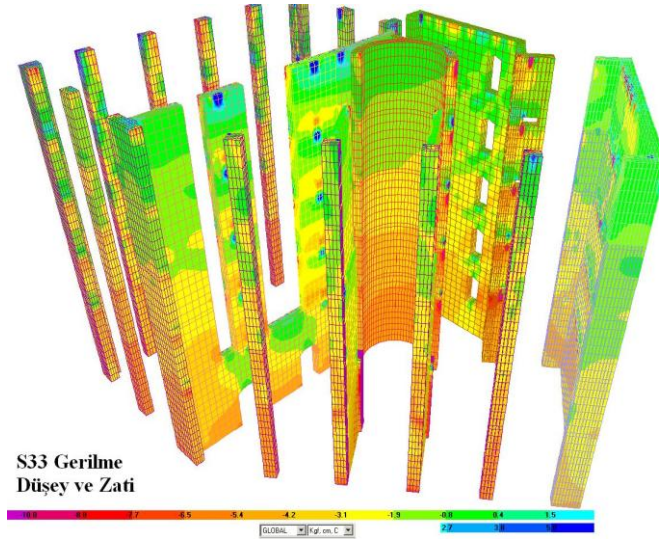
Yüklemeler altında meydana gelen yatay çekme kuvvetleri irdelenmiş , çıkan çekme kuvvetleri kadar takviye yapılması önerilmiştir.

Zati, Kaplama, Hareketli Yüklerinin Meydana Getirdiği Deformasyon şekilleri burada verilmiştir.

1-DL-LI kombinasyonu ile analiz yapılmış, sonuçlar aşağıda verilmiştir.

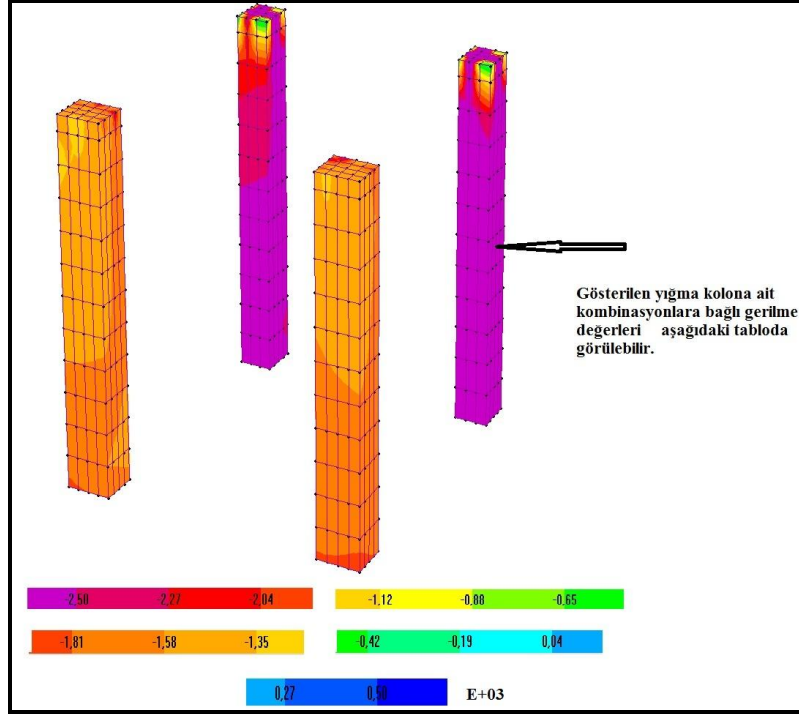


Şekil 5. 19 Düşey yükler altında yapıdaki deplasmanlar

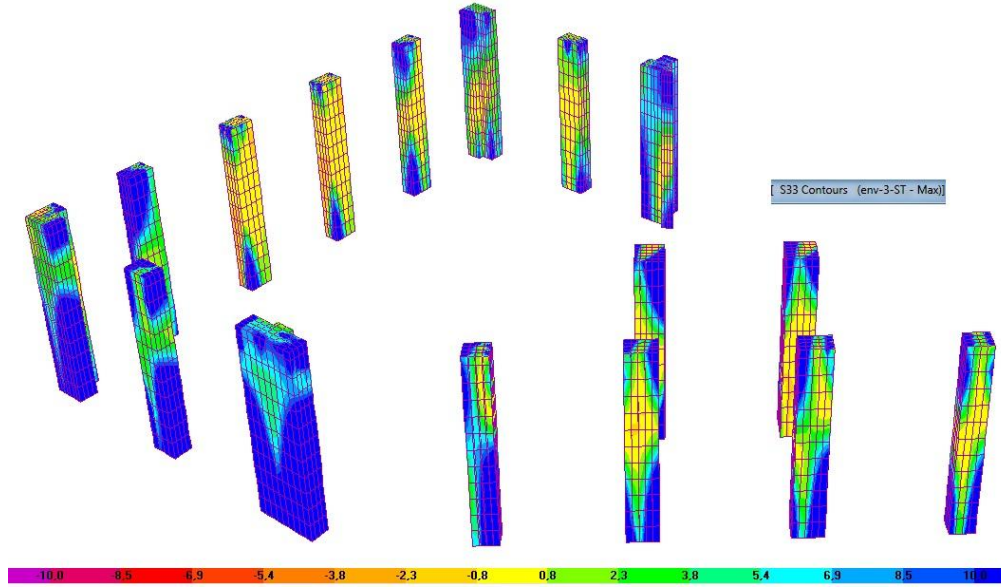


Şekil 5. 20 Düşey Yükler altında yapıdaki S33 gerilmeleri (kN/m²)

Şekil 5.20’de görüldüğü gibi orta akslardaki dört yığma kolonda gerilme yığılmaları vardır. Bu dört kolonun detaylı incelenmesi gerekir.



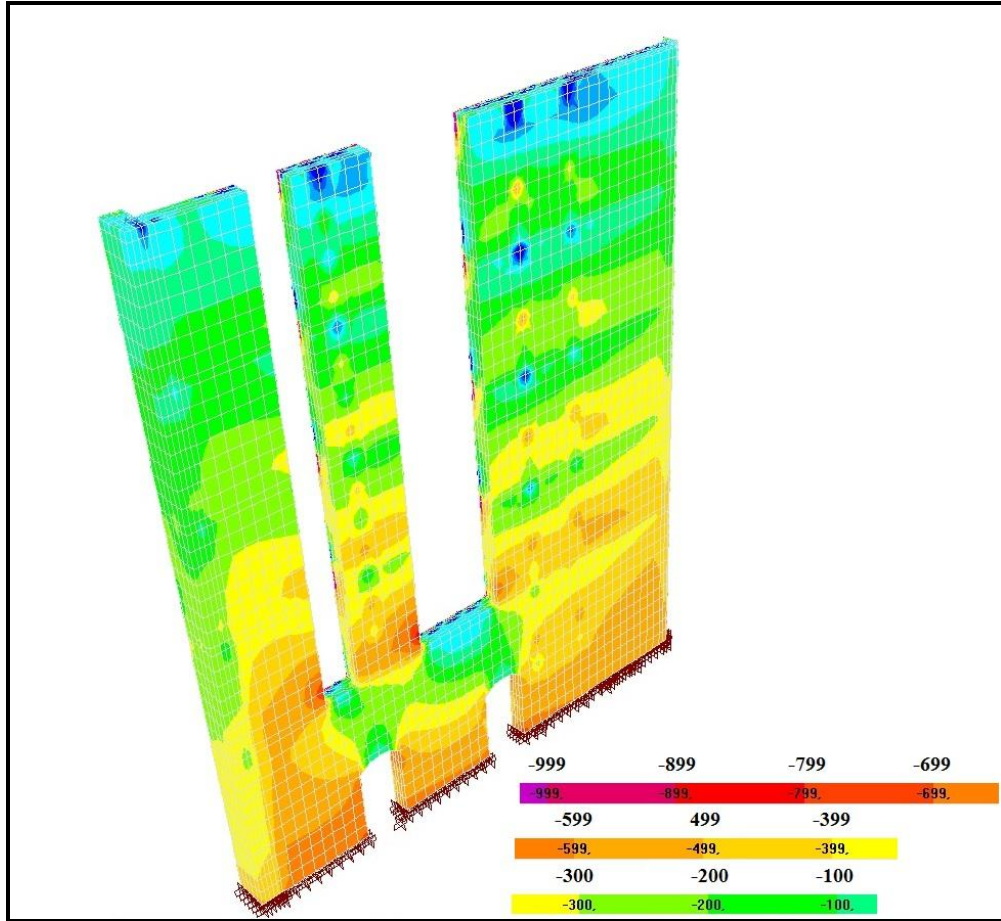
Şekil 5. 21 Düşey yükler altında orta kolonlardaki S33 gerilmeleri (kN/m²). Bu kolonlar küçük olduğu için yeni tasarımda büyütüldü ve sonuç sonraki resme gösterilmiştir.



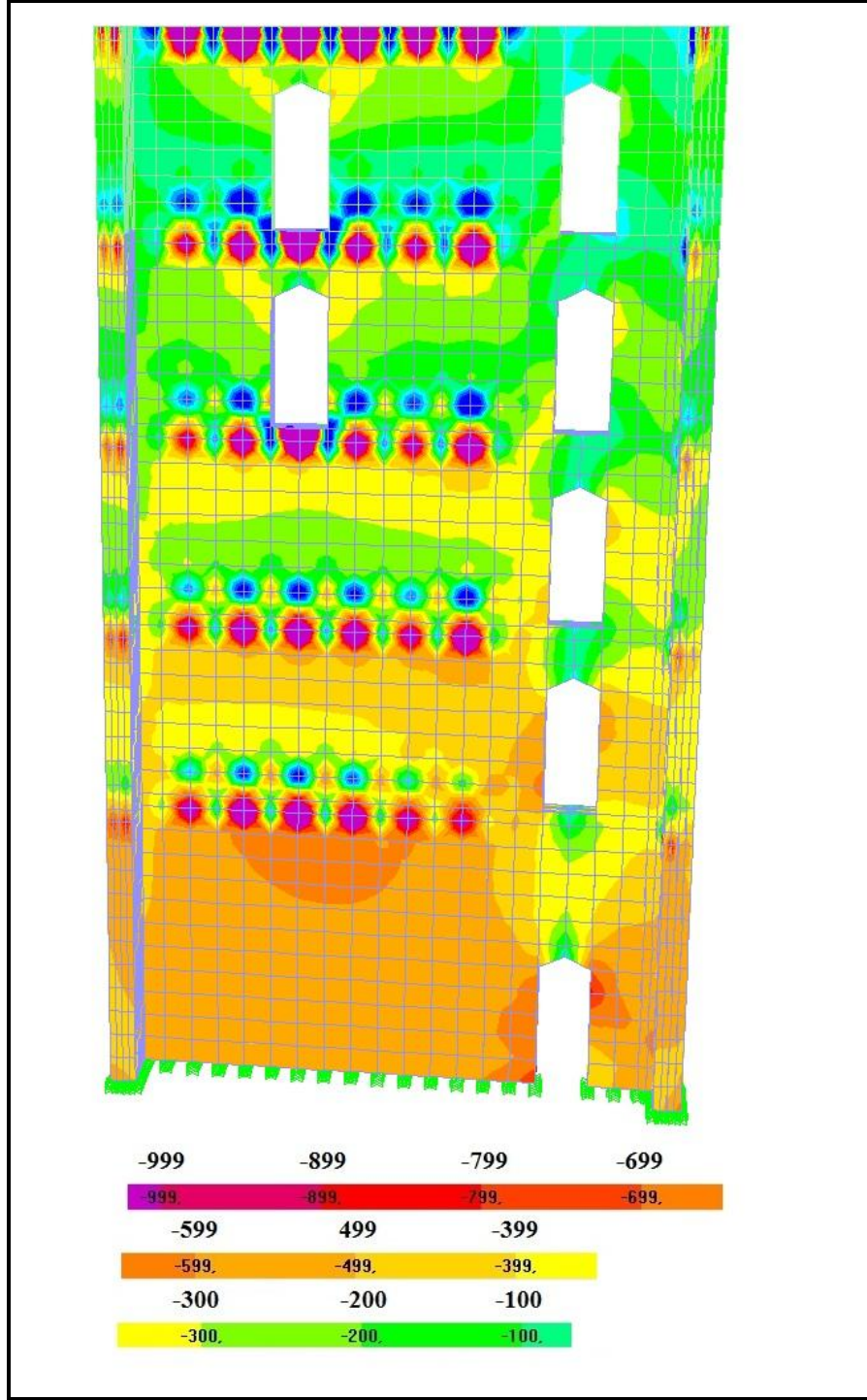
Şekil 5. 22 Düşey yükler altında orta kolonlardaki S33 gerilmeleri (kg/cm²). Görüldüğü gibi kolonların yükü çok hafiflenmiş ve ortalama eşit bir dağılım ile diğer kolonlara benzemiştir.

Çizelge 5. 10 Düşey yükler altında orta kolonlardaki kuvvetler ve moment değerleri

TABLE: Section Cut Forces - Analysis								
SectionCut	Load	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SCUT-kat1-kol1	2-gq	Combination	-1,4	-3,8	-817,9	-0,2	0,0	0,1
SCUT-kat1-kol1	5-ex	Combination	2,3	-3,2	-782,8	-1,4	4,8	-0,2
SCUT-kat1-kol1	5-ey	Combination	-6,1	16,6	-1080,2	-23,2	-6,1	-1,9

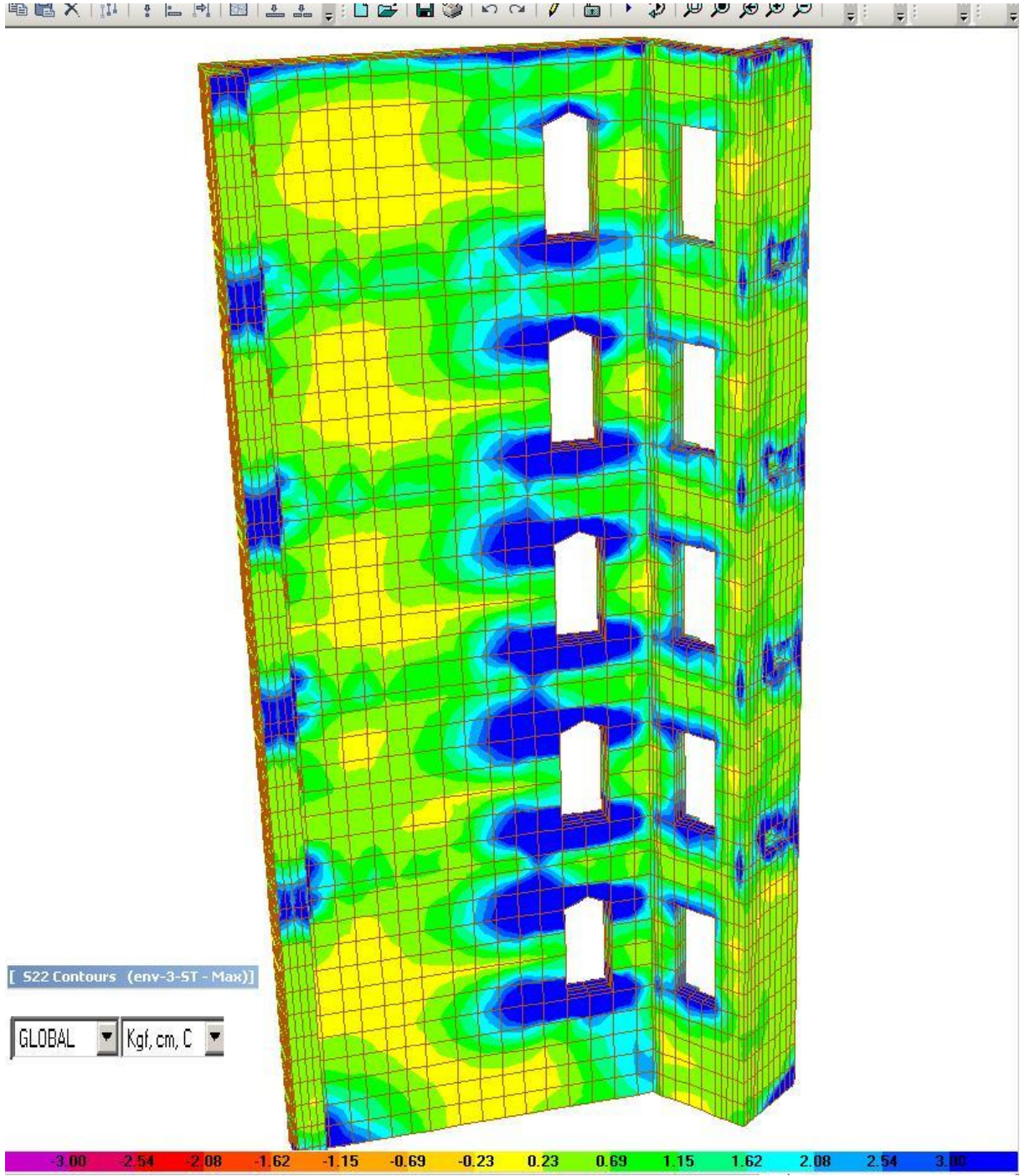


Şekil 5. 23 Düşey yükler altında orta duvarda S33 gerilmeleri (kN/m^2). Eski analizdir

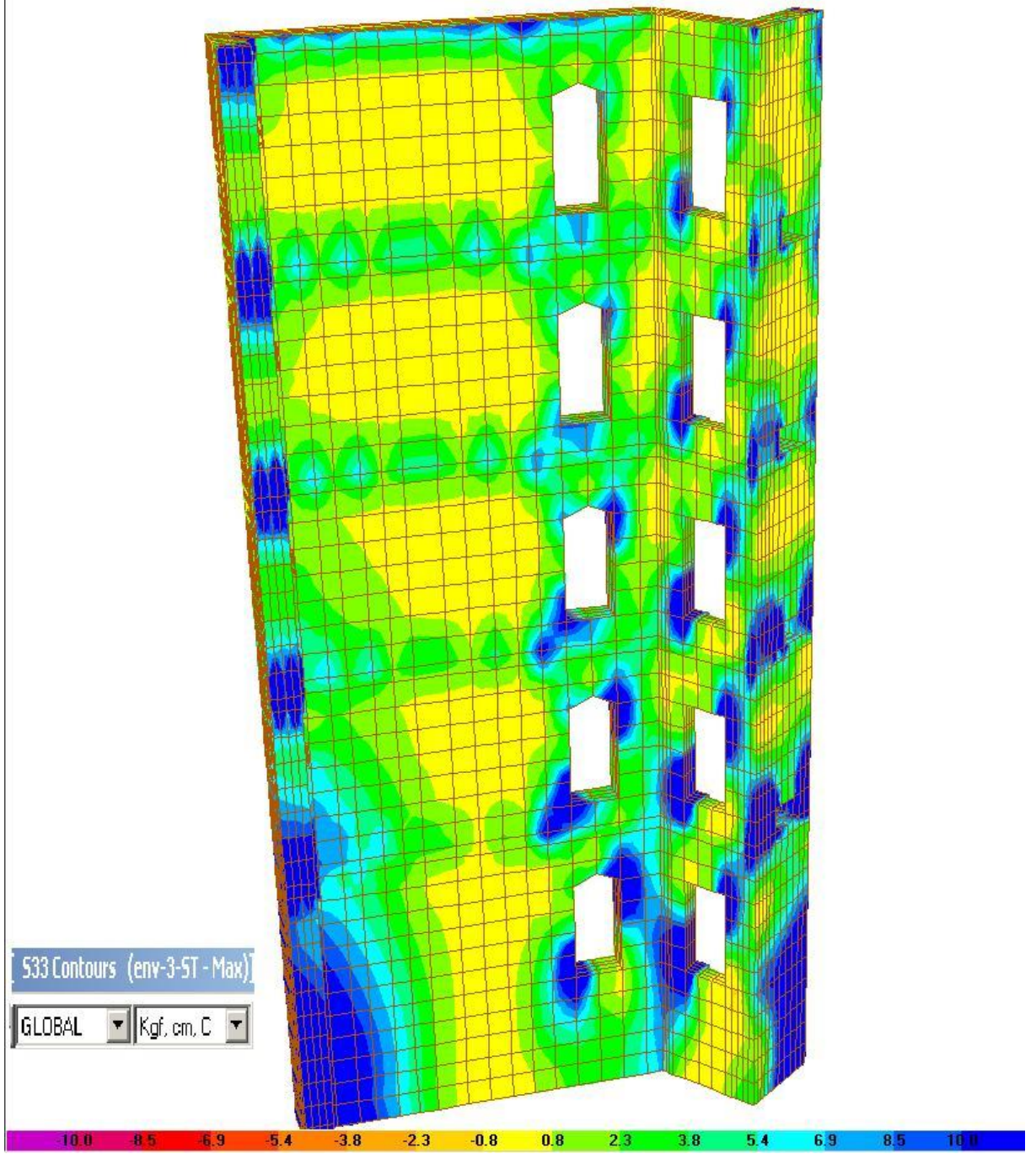


Şekil 5. 24 Düşey yükler altında kenar duvarda S33 gerilmeleri (kN/m^2)

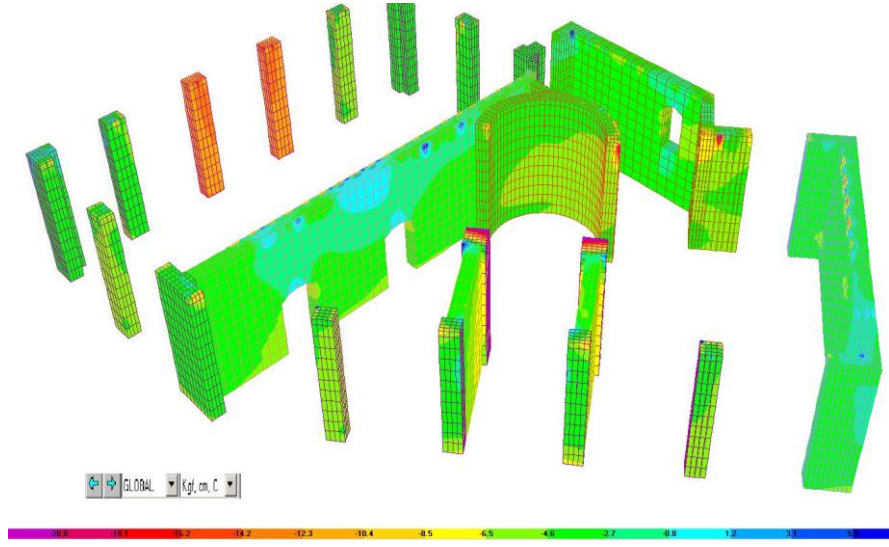
Resimlerde de görüldüğü gibi yapıdaki S33 gerilmeleri duvarların emniyetli basınç gerilmesi değeri olan 5000 kN/m^2 den düşüktür.



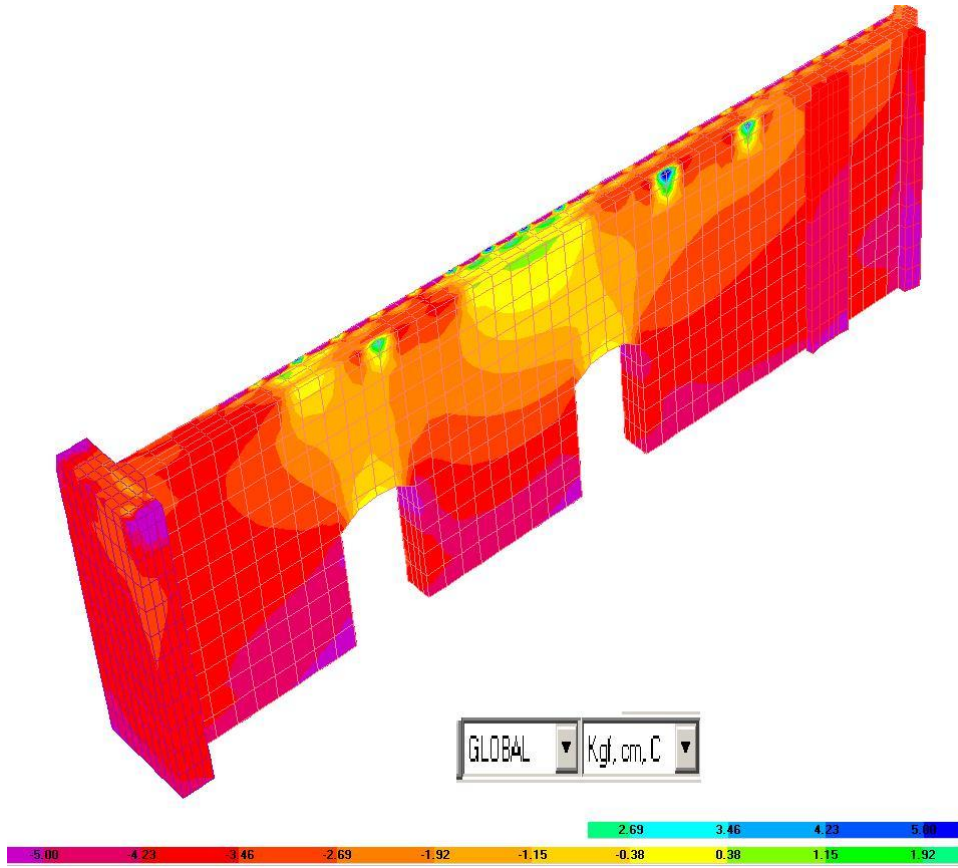
Şekil 5. 25 Yeni analiz ve kenar duvarların gerilmeleri. (payanda 90cm ve eklenen makaslar)



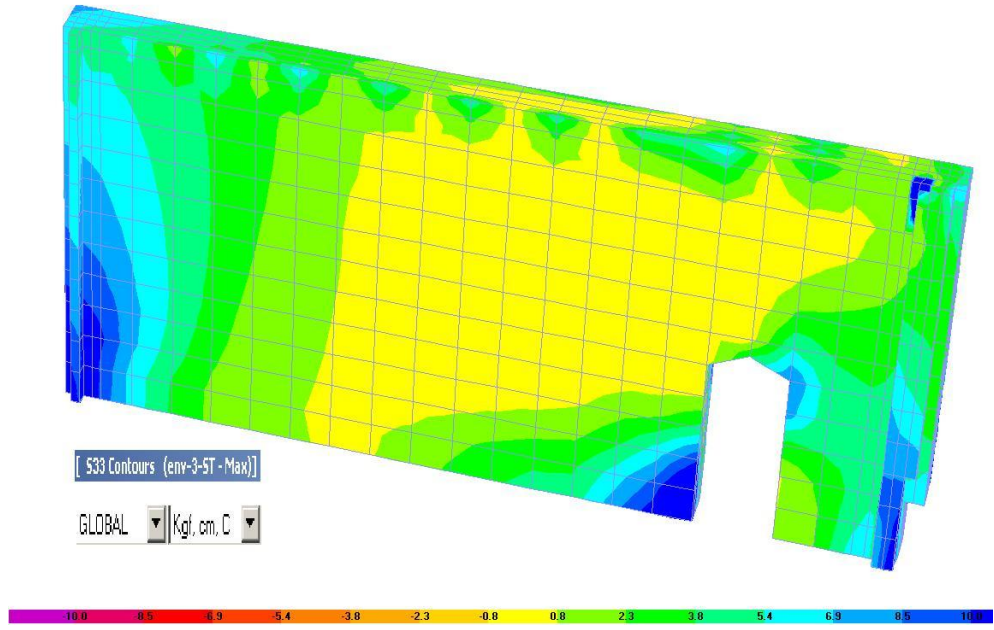
Şekil 5. 26 En son model ve yeni analiz



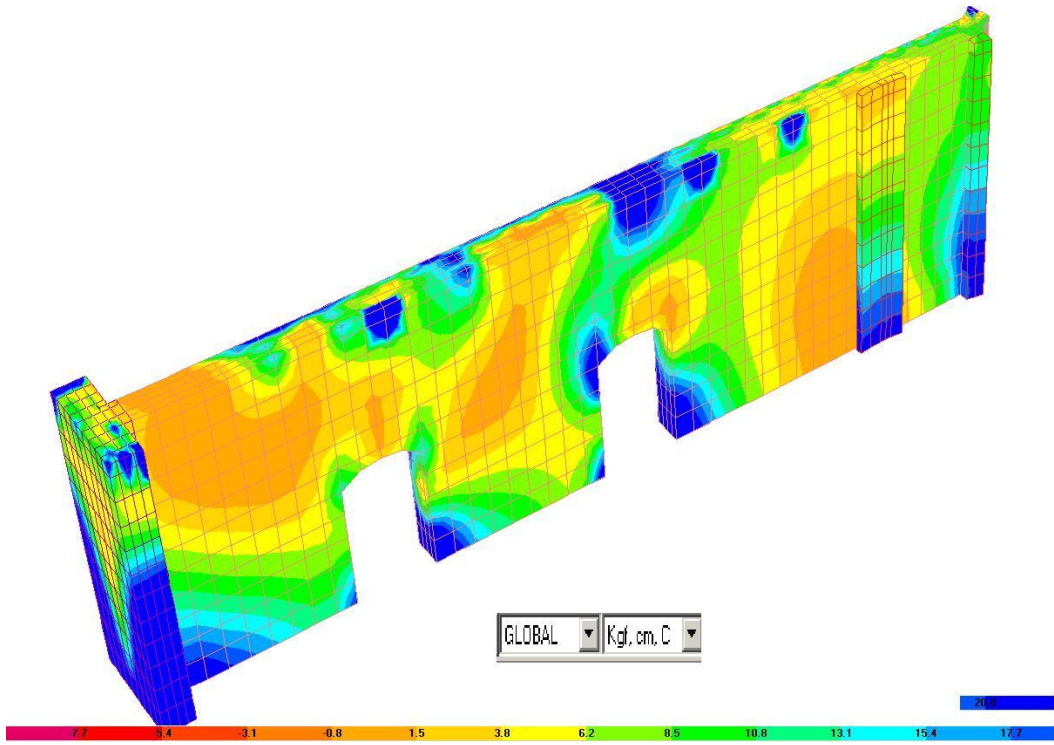
Şekil 5. 27 En son model ve yeni analiz



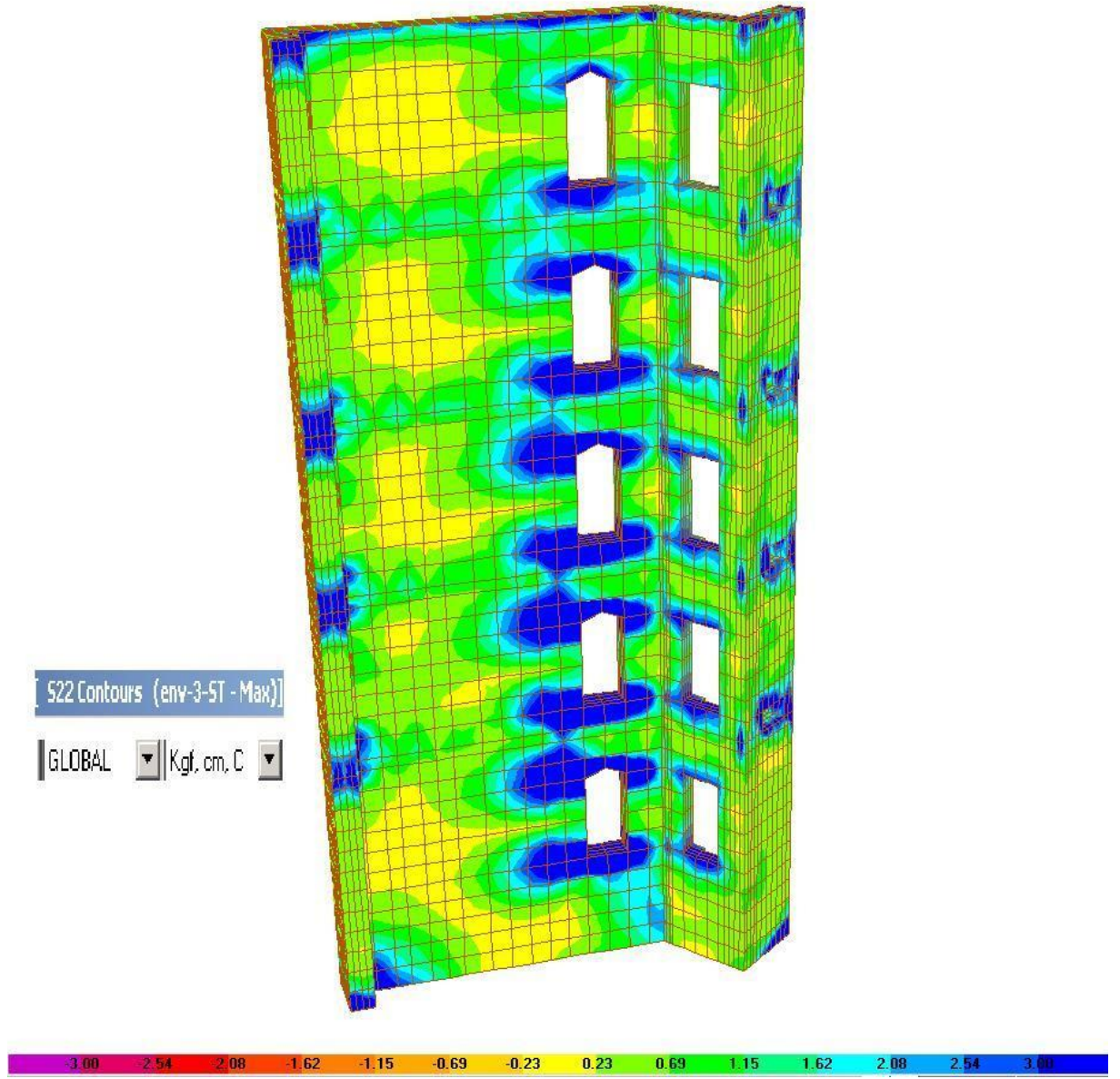
Şekil 5. 28 S33 orta duvar



Şekil 5. 29 S33 kat 1 kenar duvar



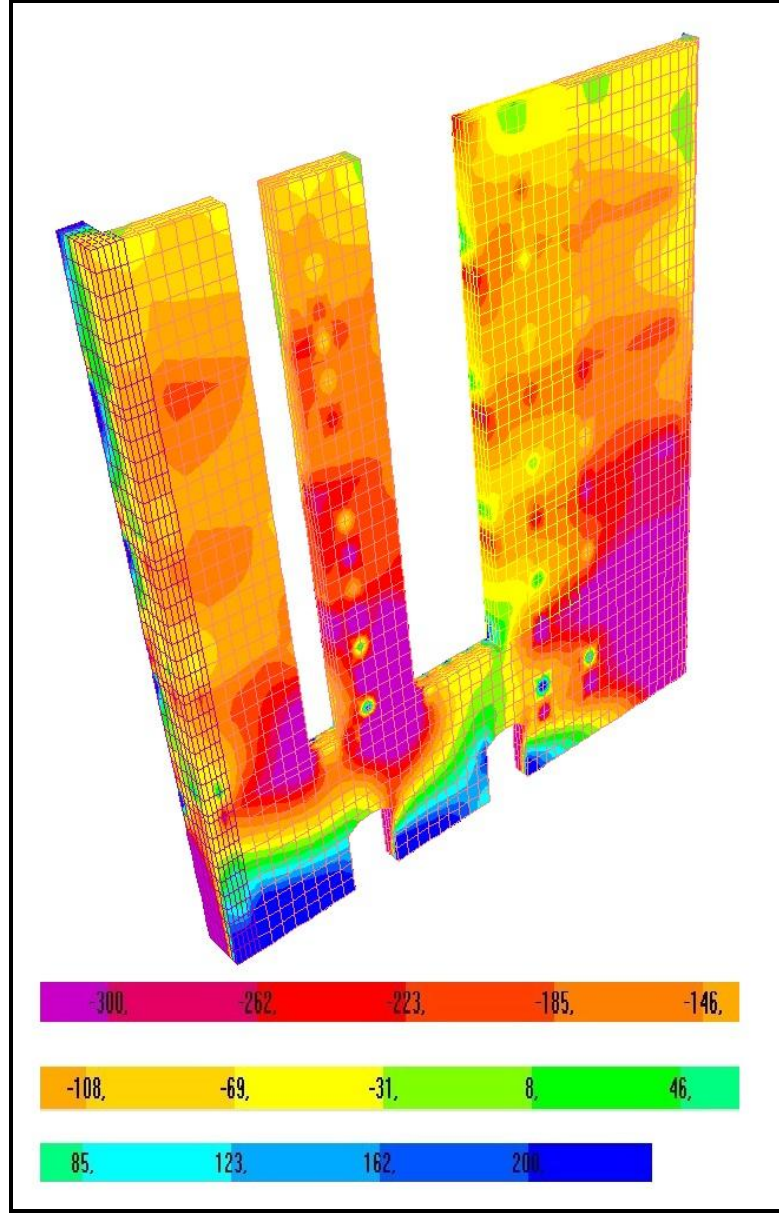
Şekil 5. 30 S33 ve kat 1 orta duvar



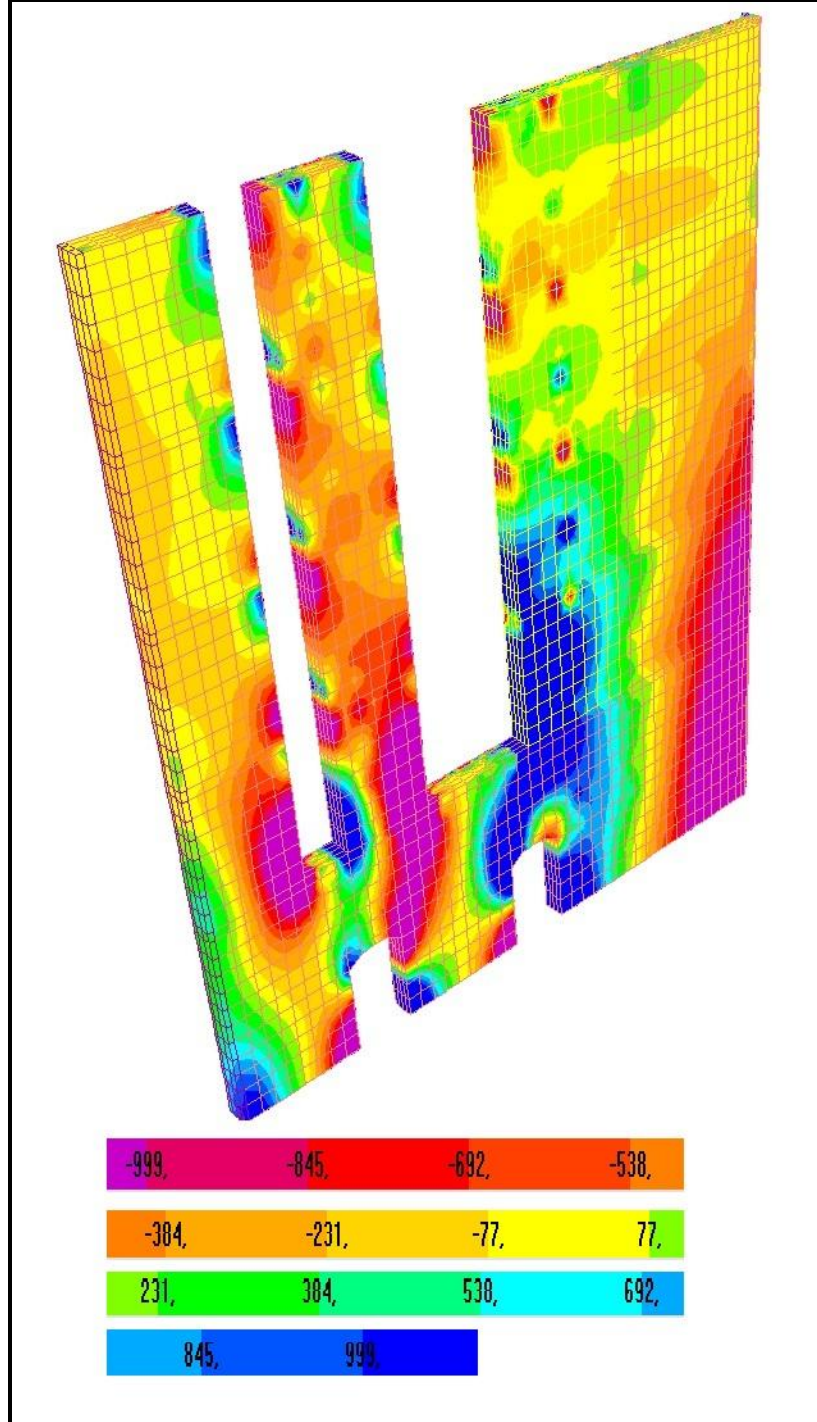
Şekil 5. 31 S22 arka duvar

5.6 Eşdeğer Deprem Yüğü Analizi

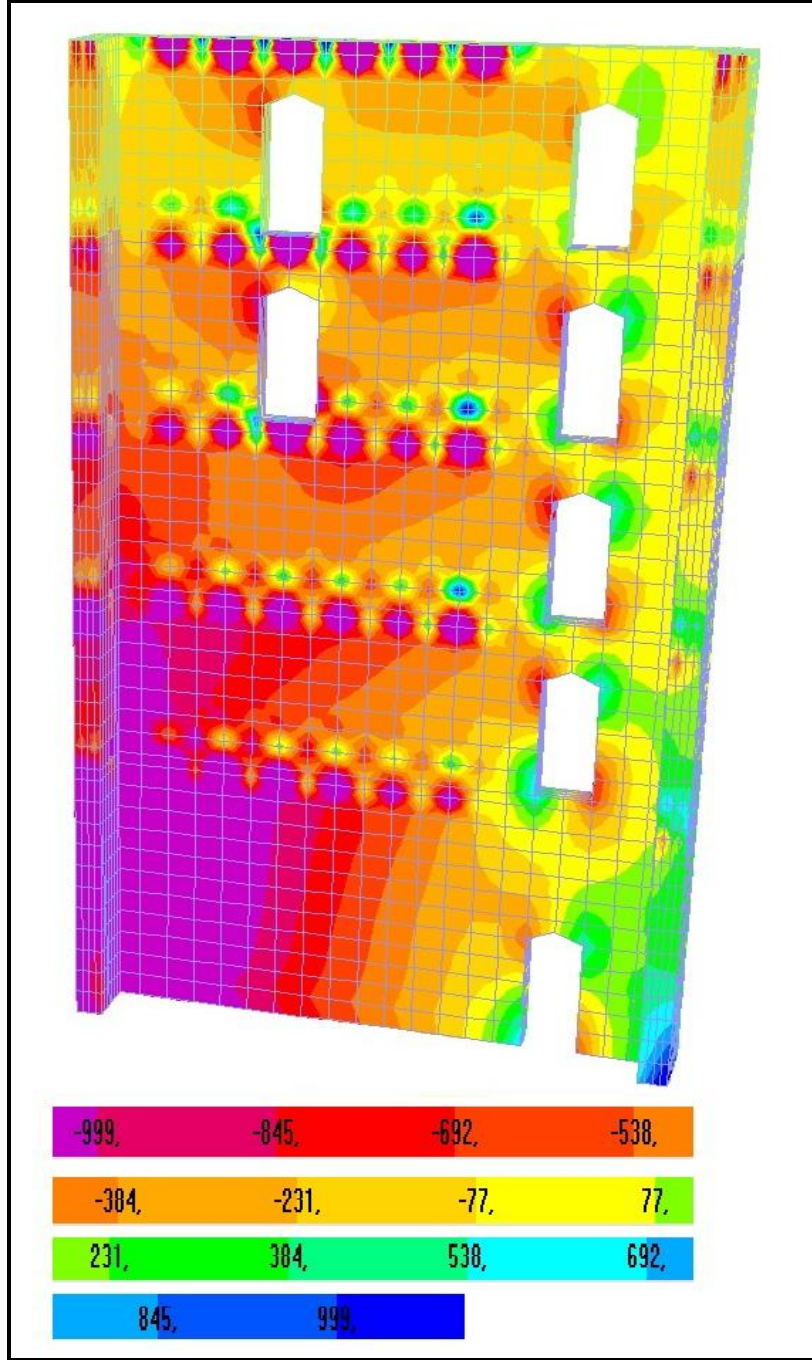
3-ST-DL-Y kombinasyonu ile analiz yapılış, sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.



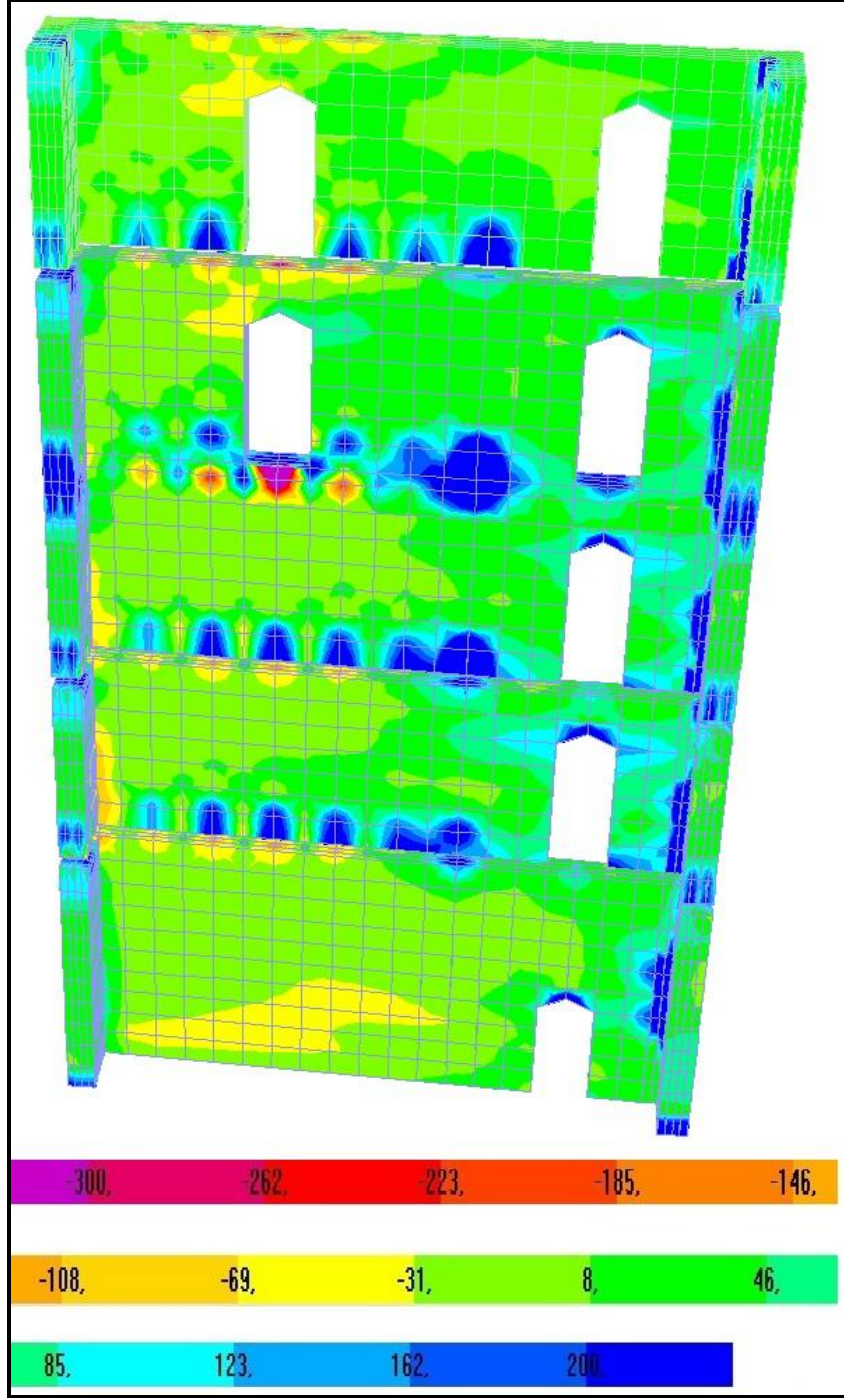
Şekil 5. 32 X yönü deprem etkisi ile orta duvarda S11 gerilmeleri (kN/m²)



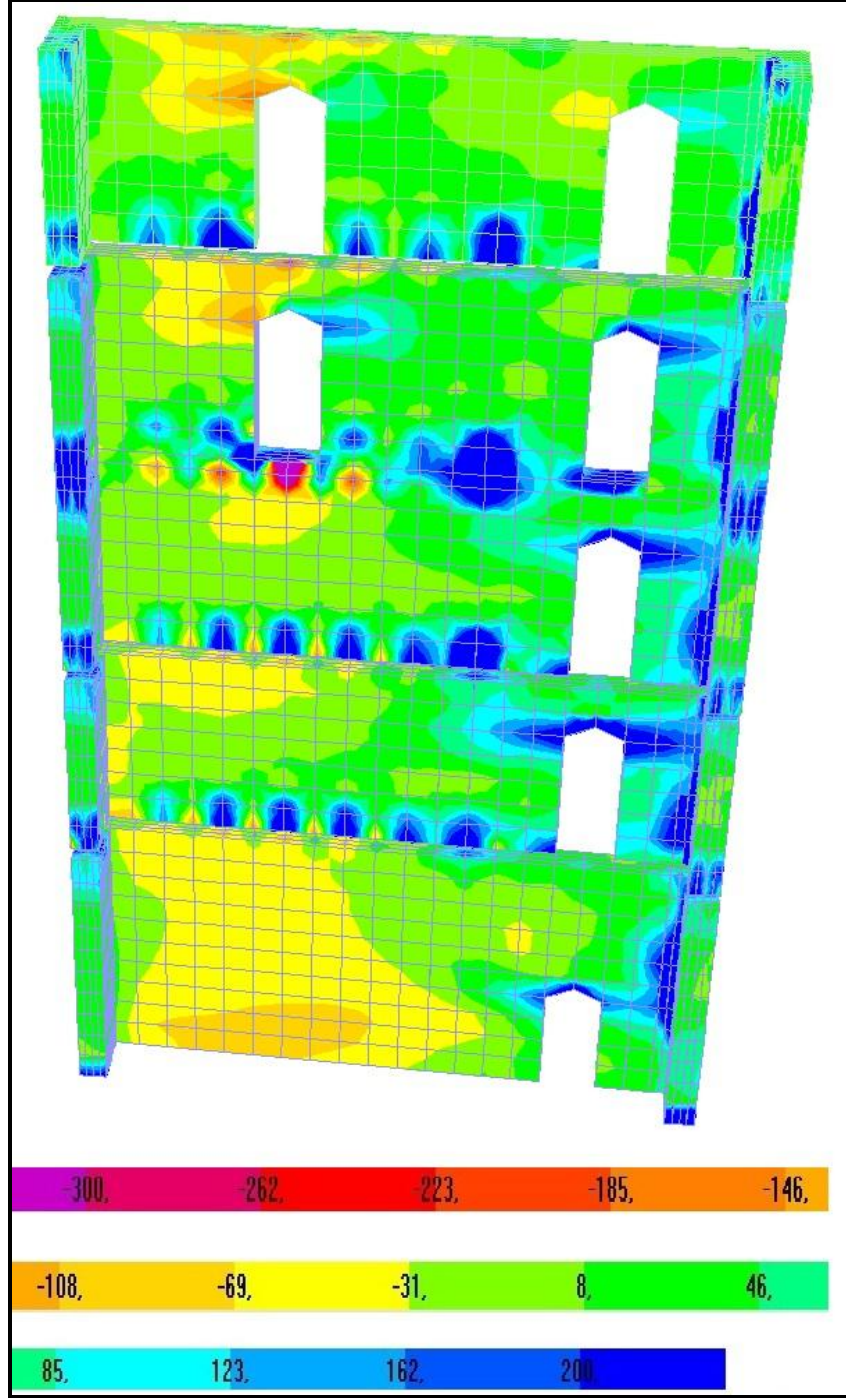
Şekil 5. 33 X yönü deprem etkisi ile orta duvarda S33 gerilmeleri (kN/m2)



Şekil 5. 34 X yönü deprem etkisi ile kenar duvarda S33 gerilmeleri (kN/m²)

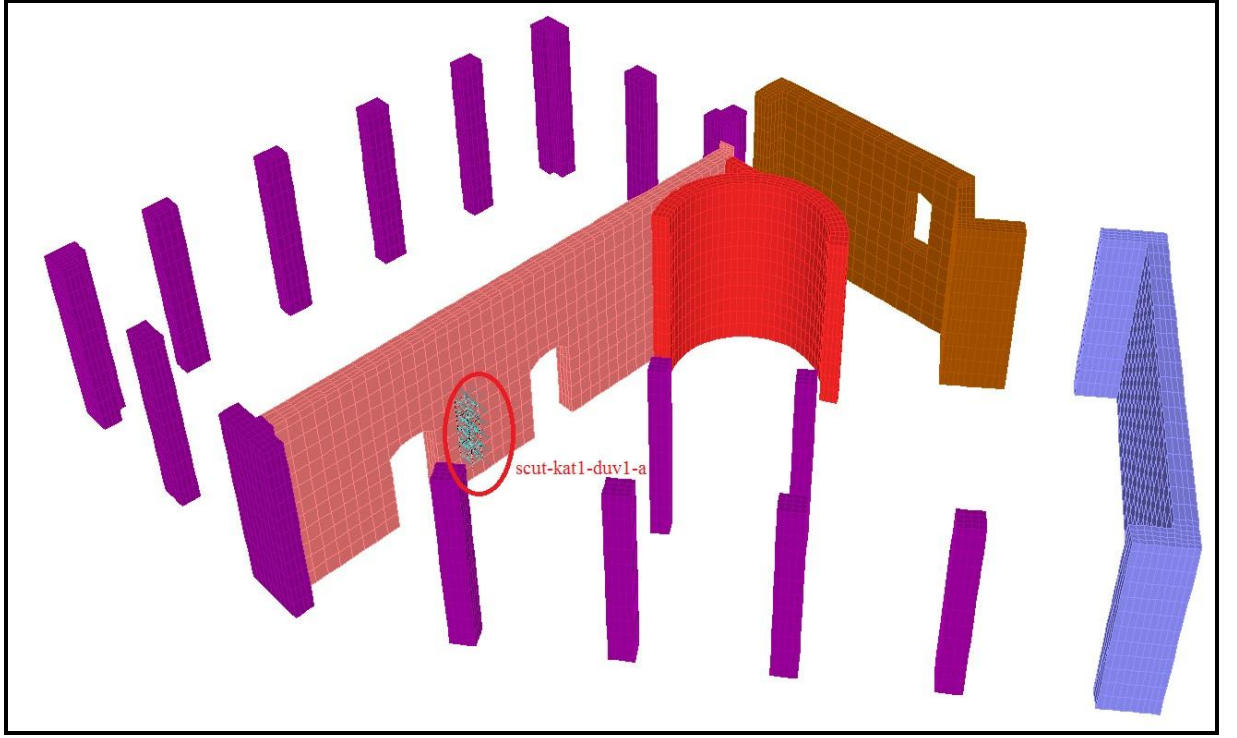


Şekil 5. 35 X–Y (ZARF) yönü deprem etkisi ile kenar duvarda S22 gerilmeleri (kN/m²)

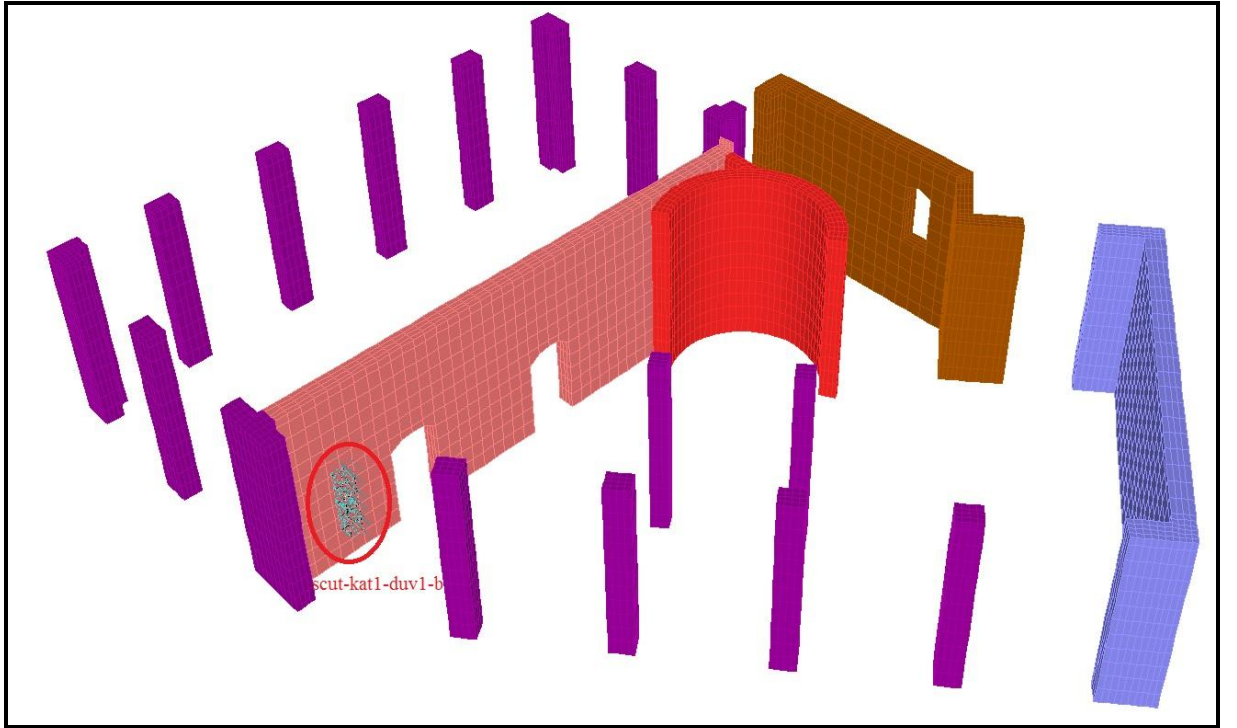


Şekil 5. 36 X–Y (ZARF) yönü deprem etkisi ile kenar duvarda S11 gerilmeleri (kN/m²)

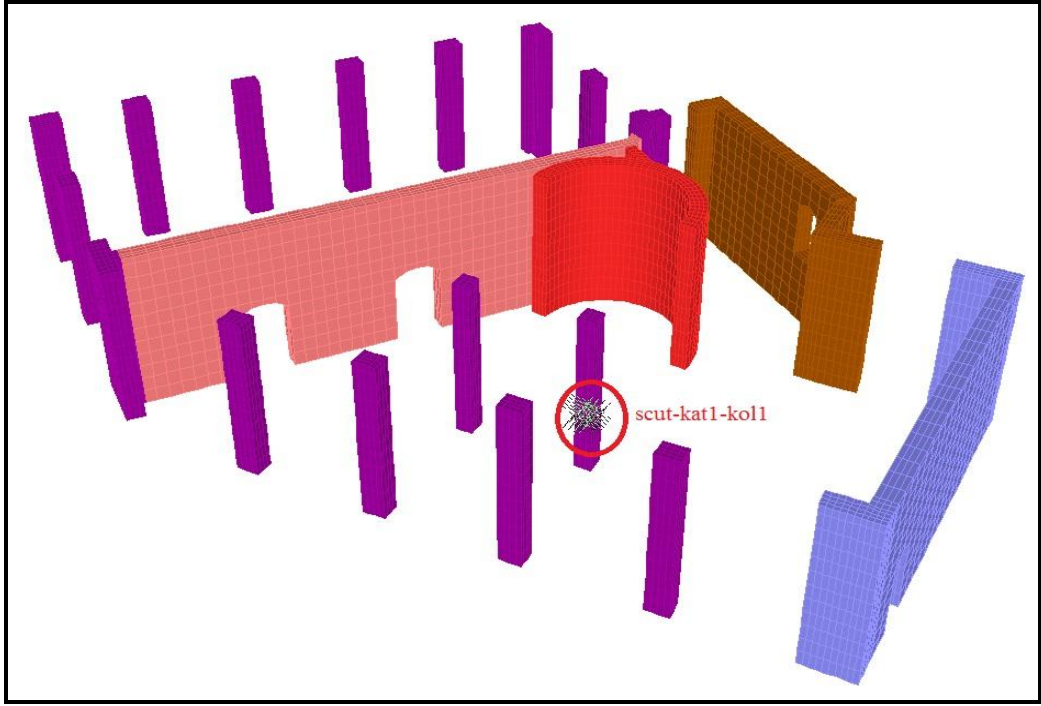
Aşağıdaki resimlerde ve tabloda orta ve kenar duvarlarda bir takım noktalar belirlenmiş ve buradaki kuvvetler belirtilmiştir.



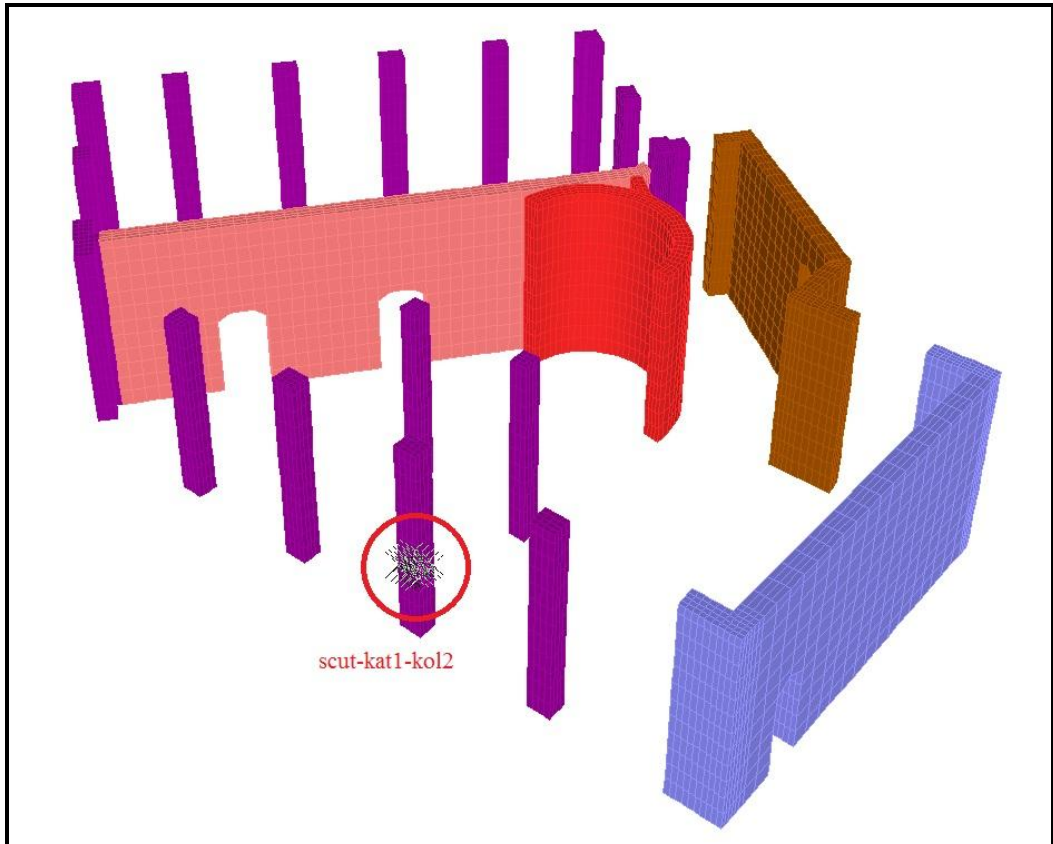
Şekil 5. 37 Orta duvarda belirlenen noktalar



Şekil 5. 38 Orta duvarda belirlenen noktalar



Şekil 5. 39 Orta kolonda belirlenen noktalar



Şekil 5. 40 Orta kolonda belirlenen noktalar

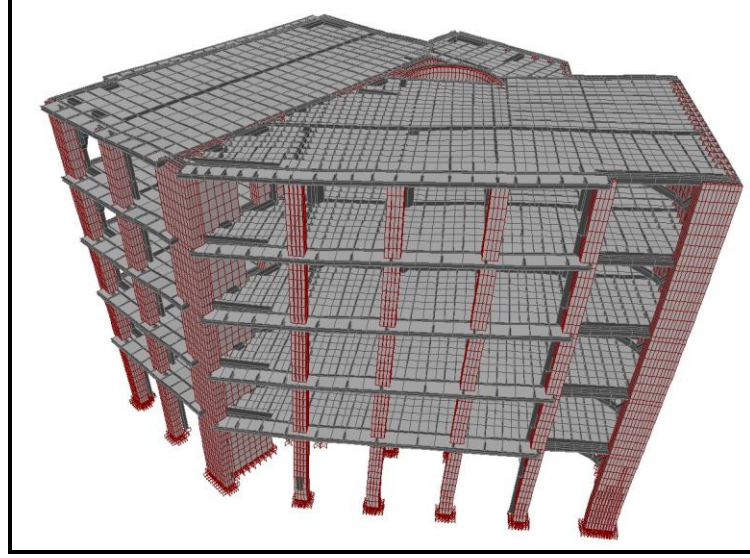
Çizelge 5. 11 Belirlenen Noktalardaki Kuvvetler ve Moment Değerleri

TABLE: Section Cut Wall Forces - Analysis								
SectionCut	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
scut-kat1-duv1-a	2-gq	Combination	-74,72	0,33	28,03	0,48	-4,46	-0,48
scut-kat1-duv1-a	5-ex	Combination	45,72	1,47	1746,03	1,96	285,66	0,59
scut-kat1-duv1-a	5-ey	Combination	-129,75	2,28	644,17	10,36	89,48	24,70
NOT: Duvar kesit alanı 2.00 metre alınmıştır.								
TABLE: Section Cut Wall Forces - Analysis								
SectionCut	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
scut-kat1-duv1-b	2-gq	Combination	-52,44	0,03	-25,62	1,22	-1,38	-0,60
scut-kat1-duv1-b	5-ex	Combination	268,60	2,34	971,63	4,58	335,49	1,59
scut-kat1-duv1-b	5-ey	Combination	10,21	19,75	236,94	16,58	91,93	31,80
NOT: Duvar kesit alanı 2.00 metre alınmıştır.								
TABLE: Section Cut Column Forces - Analysis								
SectionCut	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
scut-kat1-kol1	2-gq	Combination	-1,44	-3,78	-817,89	-0,21	0,05	0,07
scut-kat1-kol1	5-ex	Combination	2,30	-3,24	-782,85	-1,45	4,78	-0,24
scut-kat1-kol1	5-ey	Combination	-6,08	16,61	-1080,18	-23,16	-6,07	-1,94
NOT: Kolon kesit alanı 0.325 metrekare alınmıştır.								
TABLE: Section Cut Column Forces - Analysis								
SectionCut	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
scut-kat1-kol2	2-gq	Combination	-0,86	-2,35	-599,07	0,08	0,13	0,03
scut-kat1-kol2	5-ex	Combination	1,66	-2,38	-567,89	-1,74	6,65	-0,55
scut-kat1-kol2	5-ey	Combination	-21,14	31,41	-634,03	-51,18	-23,07	-3,47
NOT: Kolon kesit alanı 0.325 metrekare alınmıştır.								

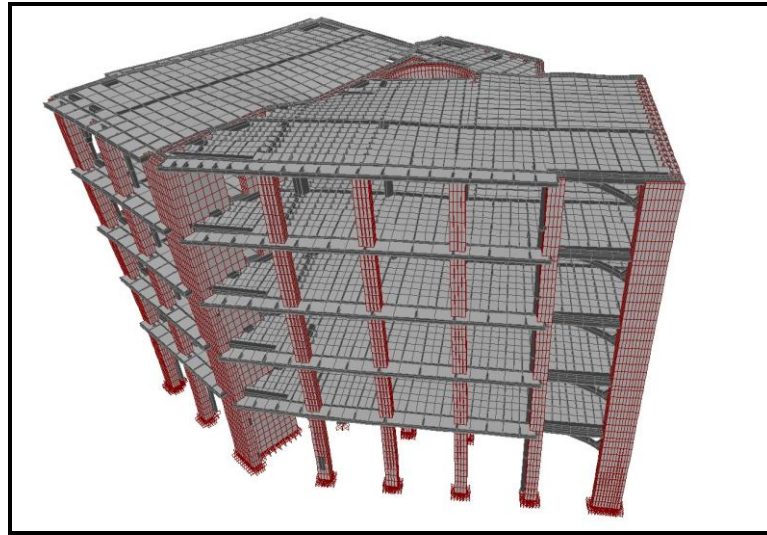
5.7 Modal Analiz

5.7.1 Modal Analiz Mod Şekilleri

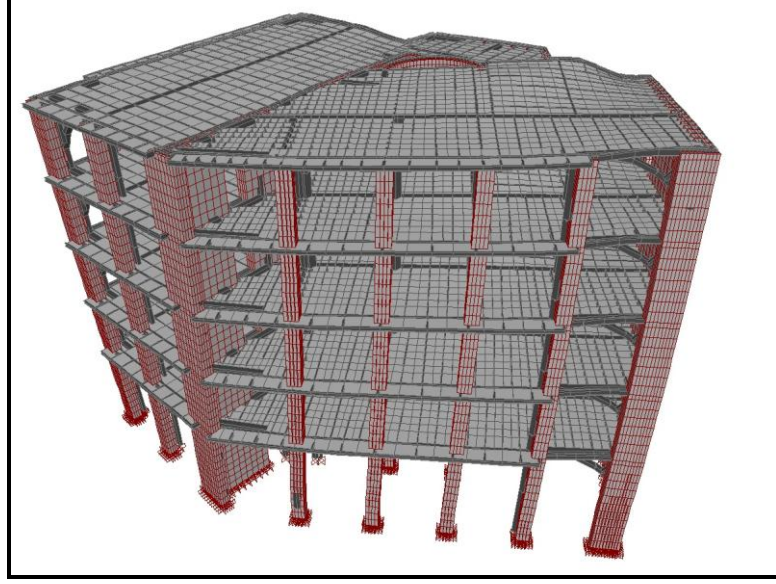
Güçlendirilmiş yapının modal analizden meydana gelen deformasyonları aşağıda mod numaralarına göre verilmiştir.



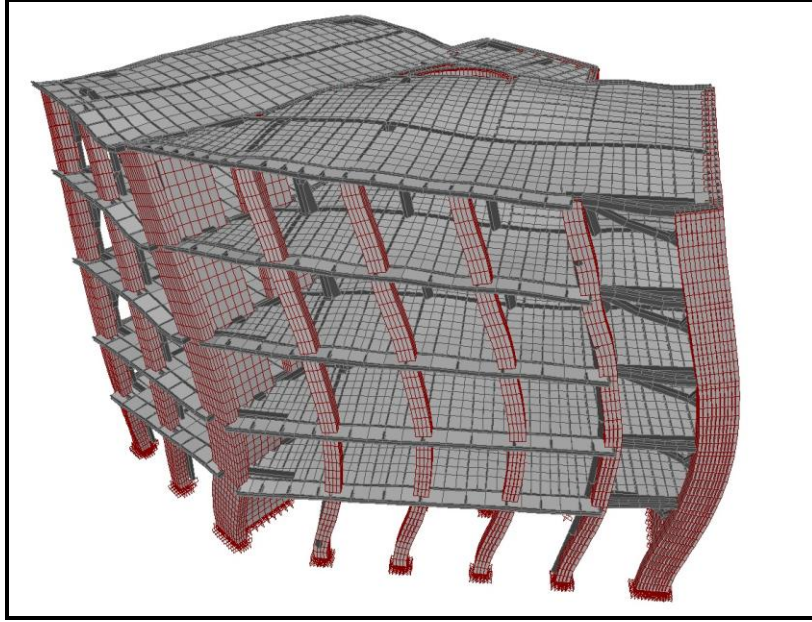
Şekil 5. 41 Birinci modda üç boyutlu görünüş



Şekil 5. 42 İkinci modda üç boyutlu görünüş



Şekil 5. 43 Üçüncü modda üç boyutlu görünüş



Şekil 5. 44 Dördüncü modda üç boyutlu görünüş

5.7.2 Modal Analiz Değerleri

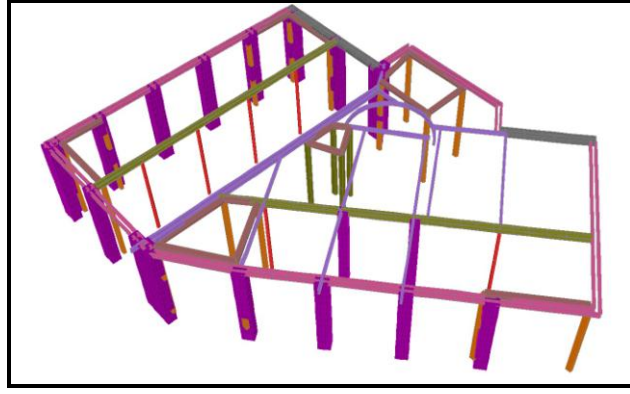
Burada modal analizden meydana gelen değişik parametrelerin bütün değerleri verilmiştir. Bütün değerler tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 5. 12 Modal analiz değerleri

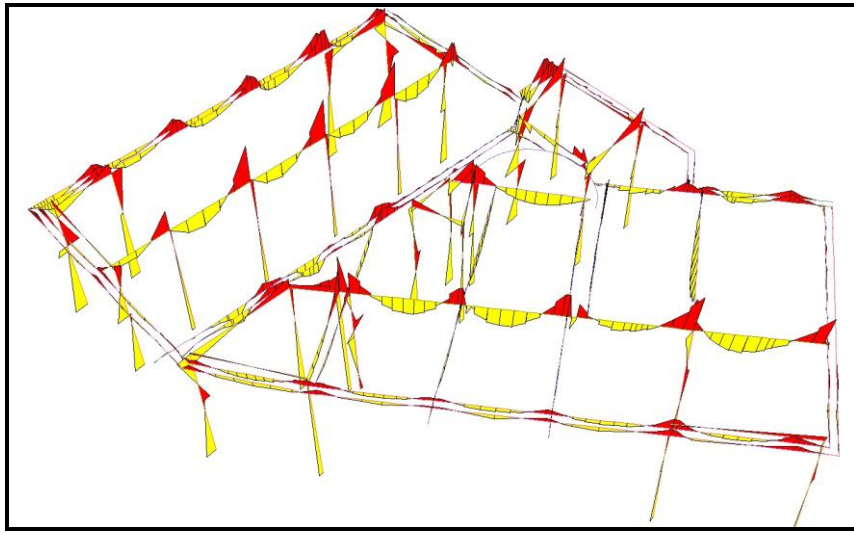
TABLE: Modal Participating Mass Ratios										
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	Frekans
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	1/sec
MODAL	Mode	1	0,906	0,006	0,580	0,000	0,006	0,580	0,000	1,104
MODAL	Mode	2	0,521	0,610	0,059	0,000	0,620	0,640	0,000	1,919
MODAL	Mode	3	0,377	0,093	0,120	0,000	0,710	0,760	0,000	2,650
MODAL	Mode	4	0,279	0,007	0,099	0,000	0,720	0,860	0,000	3,584
MODAL	Mode	5	0,206	0,000	0,000	0,059	0,720	0,860	0,059	4,845
MODAL	Mode	6	0,196	0,000	0,000	0,035	0,720	0,860	0,094	5,092
MODAL	Mode	7	0,192	0,000	0,000	0,002	0,720	0,860	0,096	5,204
MODAL	Mode	8	0,192	0,000	0,000	0,005	0,720	0,860	0,100	5,212
MODAL	Mode	9	0,190	0,000	0,000	0,001	0,720	0,860	0,100	5,272
MODAL	Mode	10	0,189	0,000	0,000	0,000	0,720	0,860	0,100	5,296
MODAL	Mode	11	0,177	0,000	0,000	0,002	0,720	0,860	0,100	5,656
MODAL	Mode	12	0,175	0,000	0,000	0,001	0,720	0,860	0,100	5,707
MODAL	Mode	13	0,175	0,000	0,000	0,000	0,720	0,860	0,100	5,719
MODAL	Mode	14	0,173	0,000	0,000	0,003	0,720	0,860	0,110	5,769
MODAL	Mode	15	0,167	0,140	0,015	0,000	0,860	0,880	0,110	5,996

5.8 Eleman İç Kuvvetleri

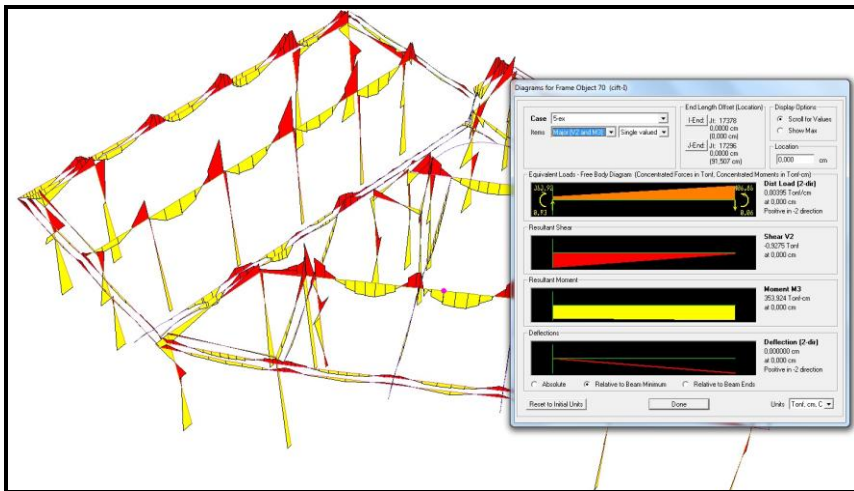
Yapının yatay yönde performansını arttırmak için köşe noktalara ve yapının orta aksına payandalı sistem takviye edilmiştir. Bu payandaların sistem performansına katkısını görebilmek için payandalı ve payandasız sistemin iç kuvvetlerine ait birkaç örnek verilmiştir.



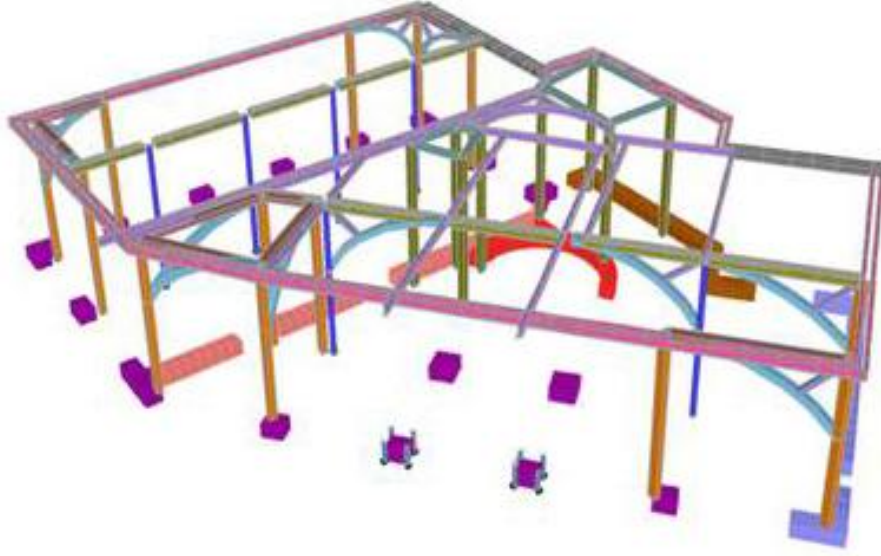
Şekil 5. 45 Mevcut yapının zemin kat görünüşü



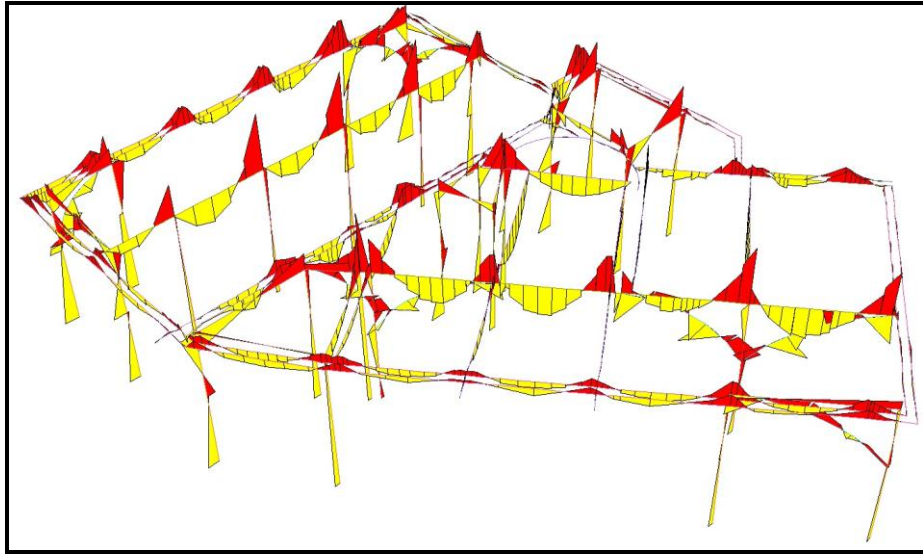
Şekil 5. 46 Mevcut yapının EX yüklemesi sonucu iç kuvvetleri



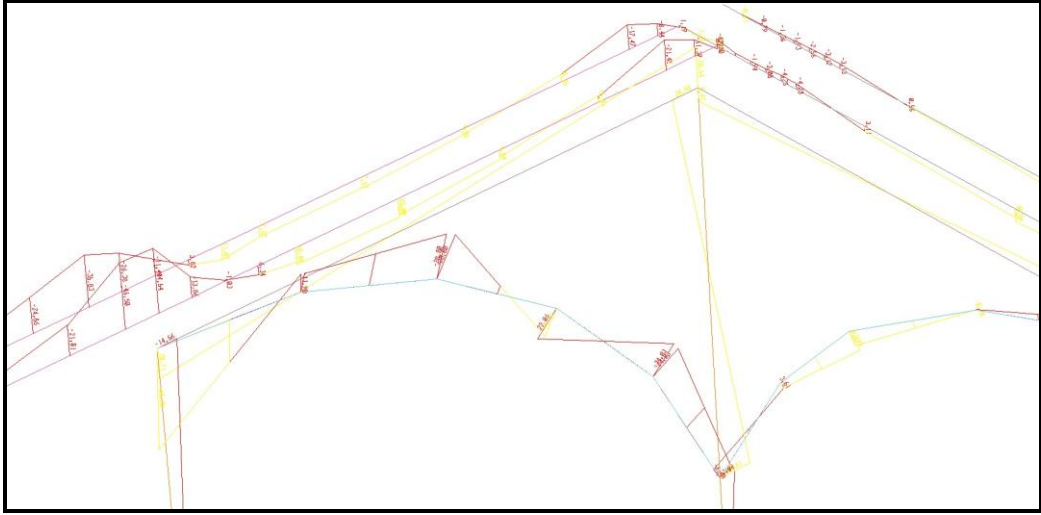
Şekil 5. 47 Mevcut yapının EX yüklemesi sonucu iç kuvvetleri



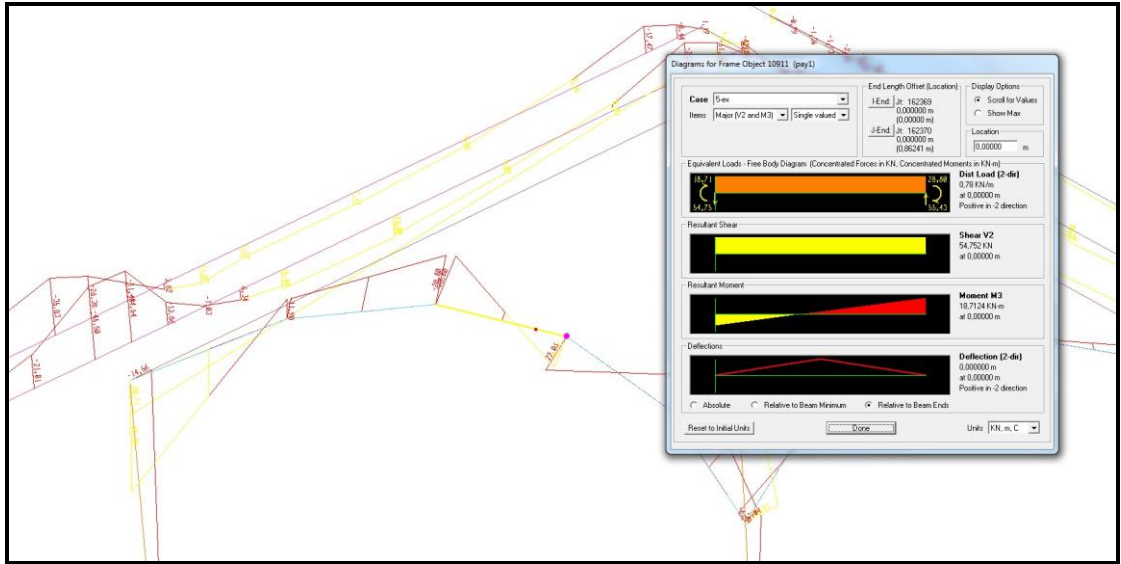
Şekil 5. 48 Payanda ile güçlendirilmiş yapının zemin kat görünüşü (duvarlar sadece alt yarım metresi görünmektedir)



Şekil 5. 49 Payanda ile güçlendirilmiş yapının EX yüklemesi sonucu iç kuvvetleri



Şekil 5. 50 Payanda ile güçlendirilmiş yapının EX yüklemesi sonucu iç kuvvetleri



Şekil 5. 51 Payanda ile güçlendirilmiş yapının EX yüklemesi sonucu iç kuvvetleri

SAP2000 Steel Design

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

AISC-ASD89 STEEL SECTION CHECK
 Combo : 2-gg
 Units : Tonf, cm, C

Frame : 10911 Design Sect: pay1
 X Mid : 1593,185 Design Type: Brace
 Y Mid : 2689,220 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 515,631 Sect Class : Compact
 Length : 86,241 Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 86,241 RLLF : 1,000

Area : 117,600 SMajor : 697,520 rMajor : 7,701 AVMajor: 64,000
 IMajor : 6975,200 SMinor : 1075,117 rMinor : 11,710 AVMinor: 60,000
 IMinor : 16126,752 ZMajor : 829,200 E : 2141,404
 Ixy : 0,000 ZMinor : 1267,920 Fy : 2,447

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
86,241	-5,449	-30,528	16,106	1,115	-0,071	7,738

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (H1-3)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-3)	0,069	= 0,032	+ 0,027	+ 0,009	1,000	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	P Force	fa Stress	Fa Allowable	Ft Allowable
Axial	-5,449	0,046	1,436	1,468

MOMENT DESIGN

	M Moment	fb Stress	Fb Allowable	Fe Allowable	Cm Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-30,528	0,044	1,615	87,937	0,850	1,000	1,000	2,300
Minor Moment	16,106	0,015	1,615	203,310	0,850	1,000	1,000	

SHEAR DESIGN

	V Force	fv Stress	Fv Allowable	Stress Ratio	Status Check	T Torsion
Major Shear	1,115	0,017	0,979	0,018	OK	0,000
Minor Shear	0,071	0,001	0,979	0,001	OK	0,000

SAP2000 v14.2.2 - File:C:\Users\bakas\SGM PROJE DATA\SGM PROJE DATA\YRKECÝ HAN\kredi-han-sirkeci-son-rn-22, 2012 10:27

Şekil 5. 52 Payandanın düşey yük altındaki iç kuvvetleri

SAP2000 Steel Design

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

AISC-ASD89 STEEL SECTION CHECK
 Combo : 5-ex
 Units : Tonf, cm, C

Frame : 10911 Design Sect: pay1
 X Mid : 1593,185 Design Type: Brace
 Y Mid : 2689,220 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 515,631 Sect Class : Compact
 Length : 86,241 Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 86,241 RLLP : 1,000

Area : 117,600 sMajor : 697,520 rMajor : 7,701 AVMajor: 64,000
 IMajor : 6975,200 sMinor : 1075,117 rMinor : 11,710 AVMinor: 60,000
 IMinor : 16126,752 zMajor : 829,200 E : 2141,404
 Ixy : 0,000 zMinor : 1267,920 Fy : 2,447

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
86,241	-29,684	-293,648	39,486	5,652	-0,269	11,952

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-2)	0,455	= 0,172	+ 0,261	+ 0,023	1,000	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	P Force	fa Stress	Fa Allowable	Ft Allowable
Axial	-29,684	0,252	1,436	1,468

MOMENT DESIGN

	M Moment	fb Stress	Fb Allowable	Fe Allowable	Cm Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-293,648	0,421	1,615	87,937	0,850	1,000	1,000	2,300
Minor Moment	39,486	0,037	1,615	203,310	0,850	1,000	1,000	

SHEAR DESIGN

	V Force	fv Stress	Fv Allowable	Stress Ratio	Status Check	T Torsion
Major Shear	5,652	0,088	0,979	0,090	OK	0,000
Minor Shear	0,269	0,004	0,979	0,005	OK	0,000

SAP2000 v14.2.2 - File:C:\Users\bak\SGM PROJE DATA\SGM PROJE DATA\SYRKECİ YAN KREDİ-HAN-SİRKECİ-SON-BAŞLAMA 22.2012 10.28

Şekil 5. 53 Payandanın EX yüklemesi ile oluşan iç kuvvetleri

SAP2000 Steel Design

Project _____
 Job Number _____
 Engineer _____

AISC-ASD89 STEEL SECTION CHECK									
Combo : 5-ey									
Units : Tonf, cm, C									
Frame : 10911	Design Sect: pay1								
X Mid : 1593,185	Design Type: Brace								
Y Mid : 2689,220	Frame Type : Moment Resisting Frame								
Z Mid : 515,631	Sect Class : Compact								
Length : 86,241	Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3								
Loc : 86,241	RLLF : 1,000								
Area : 117,600	SMajor : 697,520	rMajor : 7,701	AVMajor: 64,000						
IMajor : 6975,200	SMinor : 1075,117	rMinor : 11,710	AVMinor: 60,000						
IMinor : 16126,752	ZMajor : 829,200	E : 2141,404							
Ixy : 0,000	ZMinor : 1267,920	Fy : 2,447							
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS									
Location	P	M33	M22	V2	V3	T			
86,241	-43,404	-454,009	143,358	8,779	-0,892	64,967			
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO									
Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status			
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check			
(H1-2)	0,737	= 0,251	+ 0,403	+ 0,083	1,000	OK			
AXIAL FORCE DESIGN									
	P	fa	Fa	Ft					
	Force	Stress	Allowable	Allowable					
Axial	-43,404	0,369	1,436	1,468					
MOMENT DESIGN									
	M	fb	Fb	Fe	Cm	K	L	Cb	
	Moment	Stress	Allowable	Allowable	Factor	Factor	Factor	Factor	
Major Moment	-454,009	0,651	1,615	87,937	0,850	1,000	1,000	2,300	
Minor Moment	143,358	0,133	1,615	203,310	0,850	1,000	1,000		
SHEAR DESIGN									
	V	fv	Fv	Stress	Status	T			
	Force	Stress	Allowable	Ratio	Check	Torsion			
Major Shear	8,779	0,137	0,979	0,140	OK	0,000			
Minor Shear	0,892	0,015	0,979	0,015	OK	0,000			

SAP2000 v14.2.2 - File:C:\Users\bakak\SGM PROJE DATA\SGM PROJE DATA\YRKECİ YAN KREDİ HAN SIRKECİ SON R.28.22, 2012 10:28

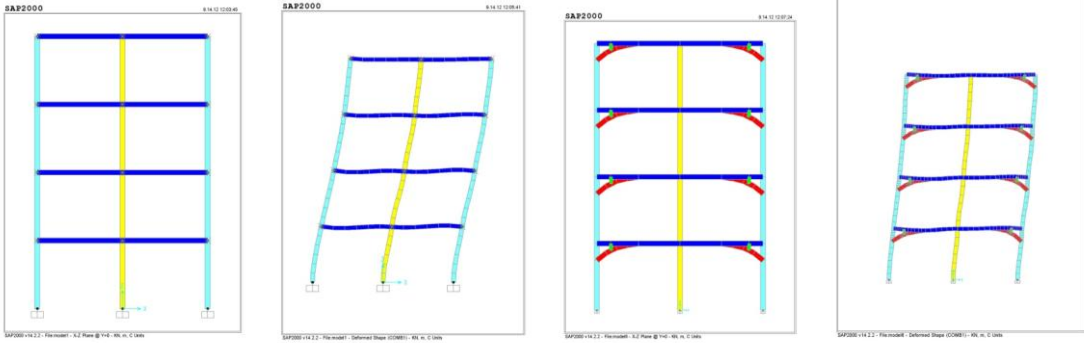
Şekil 5. 54 Payandanın EY yüklemesi ile oluşan iç kuvvetleri

Mevcut yapının periyodu 1.8 civarında iken, takviyeler ile yapının doğal periyodu 0,90'a düşmüştür.

Çizelge 5. 13 Payanda İle İlgili Deplasman

DENEME İÇİN ÖRNEK BİR ÇERÇEVE MODELLENMİŞTİR (YAPIDAN BAĞIMSIZ)					
	MODEL1 (PAYANDASIZ)	MODEL2 (PAYANDALI)	MODEL3 PAYANDALI	MODEL4 DÜZ PAYANDALI	MODEL5 PAYANDALI
		1 metre	2 metre	2 metre	destekli
1. PERİYOT	0,29	0,246	0,207	0,192	0,245
2. PERİYOT	0,092	0,0812	0,069	0,0653	0,081
3. PERİYOD	0,052	0,0489	0,042	0,0406	0,048
		DEFORMATION DEĞERLERİ			
	mm	mm	mm	mm	mm
4.KAT YATAY DEPLASMAN	53,9	28,3	20,3	16,8	26,9
3. KAT YATAY DEPLASMAN	49,0	23,9	17,0	14,2	22,8
2. KAT YATAY DEPLASMAN	30,2	16,5	11,8	9,8	15,8
1. KAT YATAY DEPLASMAN	12,4	7,3	52,0	4,3	7,0

Görüldüğü gibi payanadasız modelde en üst katta deformasyon 54mm iken payandalı modelde bu değer yarı yarıya kadar inmektedir yani 28 mm (mesela alttan 1 metre payandalı bile).Payandaların yüksekliğini değiştirmekle deformasyon daha da azaltmaktadır. Burdaki deformasyonlar sadece normal bir 2 açılıklı çerçeve için yapılmıştır. Mesela bu modelde ve kesitler de bu yapıya yakın değerler seçilmiştir kredi Han örneğindeki deformasyonlar sonraki sayfalarda verimiştir.



Şekil 5. 55 Payandanın Deformasyonları

Çizelge 5. 14 Kredi Han Değeri

**KREDİ HAN
PAYANDALI**

DEOFRMAYONU
d = 11.2 cm

**KREDİ HAN
PAYANDASIZ**

DEOFRMAYONU
d = 18 cm

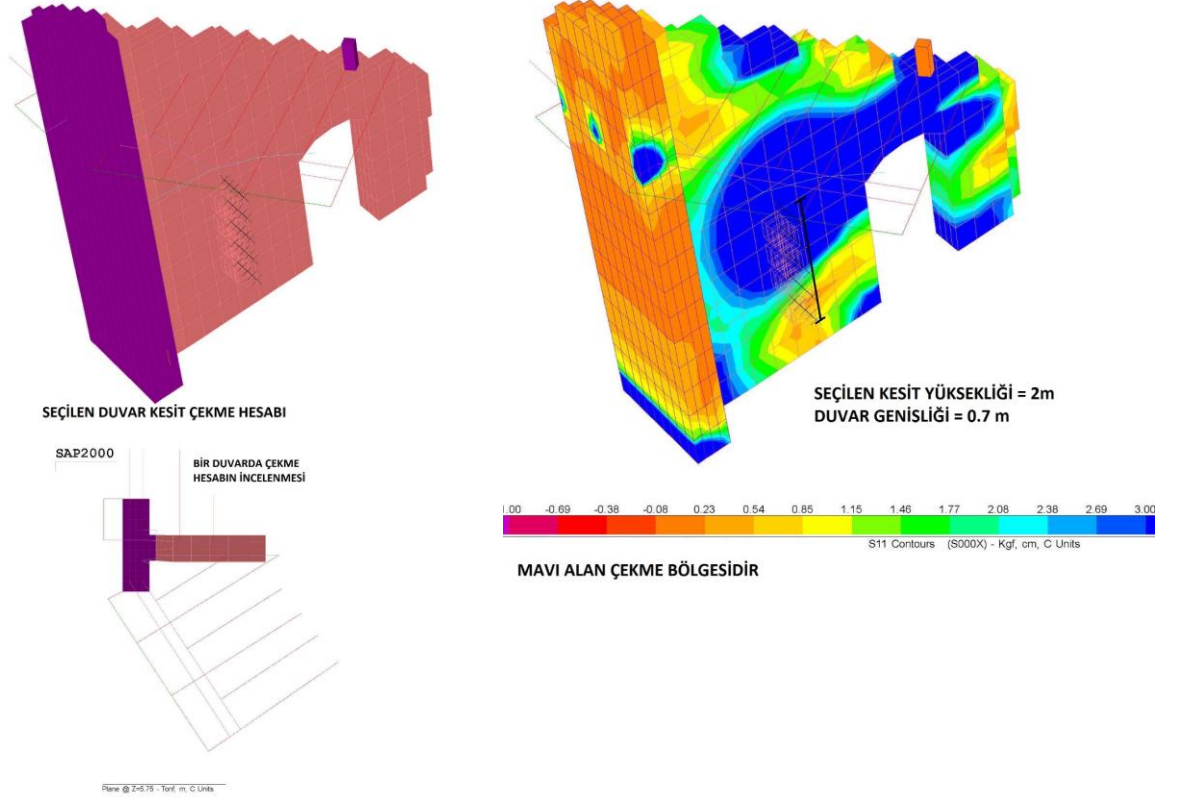
ŞARTNAME GEREĞİ 0.005

yapı yüksekliği 22m

deformasyon limiti = 22m x 0.005 = 11 cm

Kredi han binasının hiçbir simetrisi olmadığı ve zaman boyunca çok farklı ve tehlikeli müdahaleler yapıldığı için bu çalışmaların sonuçları dikkatli bir şekilde incelemek gerekir.

Bant sayısını bulabilmek için örnek olarak bir kesit alınır. Bu kesitin çekme hesabı ve bant sayısı yapılmaktadır.



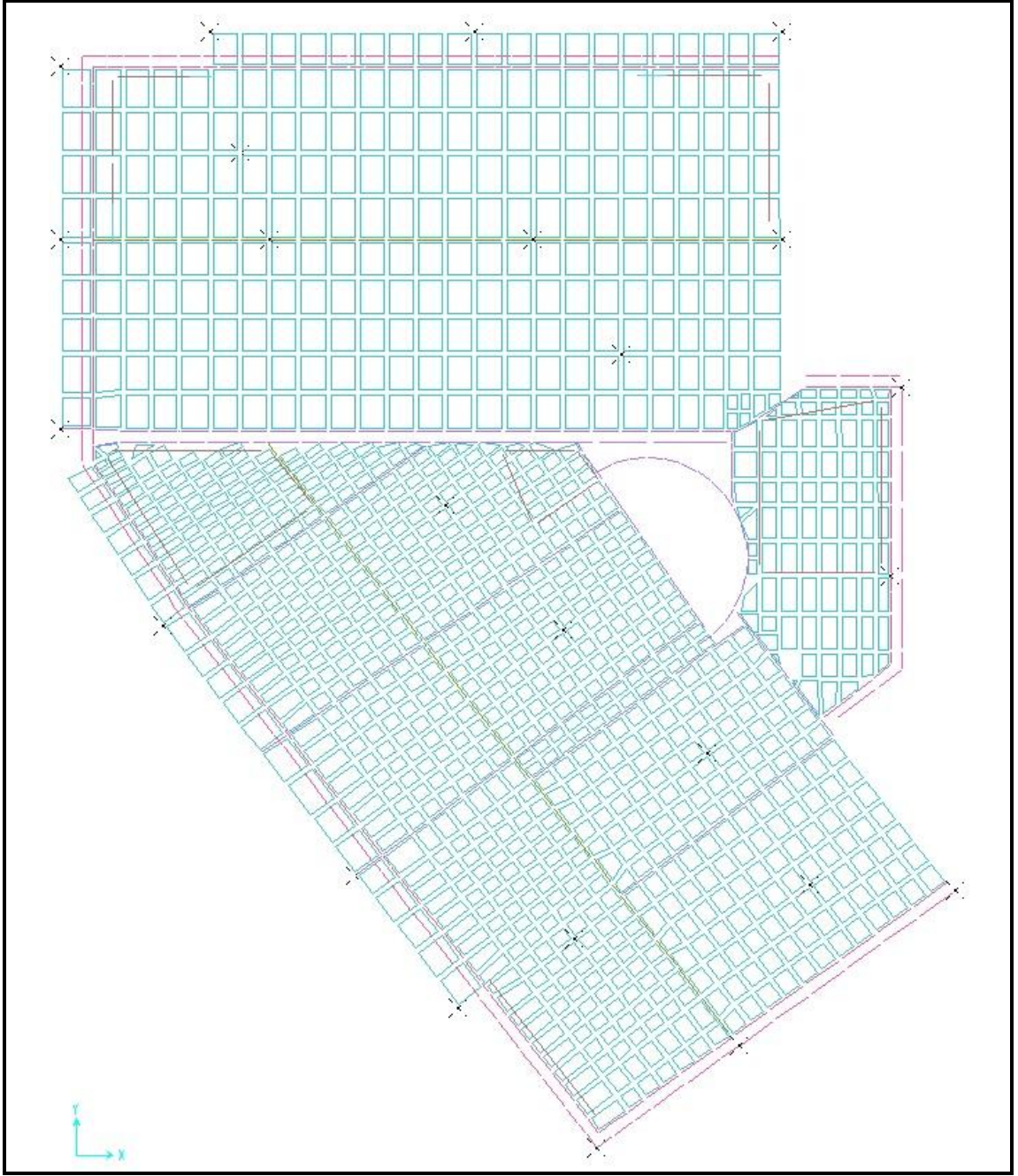
Şekil 5. 56 Çekme Hesabı İçin Alınan Kesit

Çizelge 5. 15 Çekme Ve Bant Hesabı

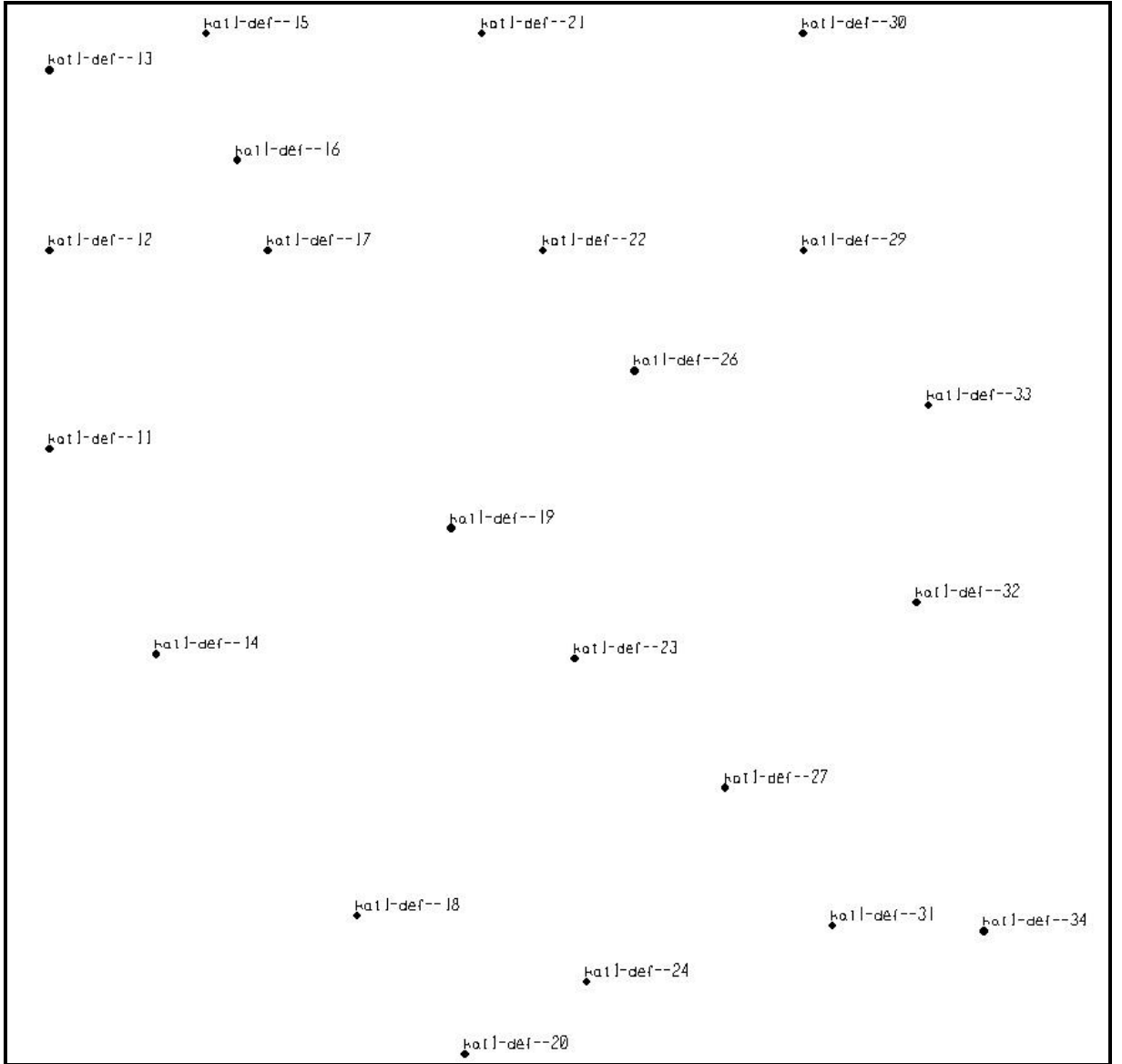
TABLE: Section Cut Forces - Analysis					1	
SectionCut	OutputCase	Type	F1	F2	ÖRENK BİR KESİTTEKİ ÇEKME HESABI	
Text	Text	Text	Tonf	Tonf		
scut-kat1-duv1-a	4-S000X	Max	4.0	0.1		
scut-kat1-duv1-a	4-S015	Max	3.2	0.2		
scut-kat1-duv1-a	4-S030	Max	1.7	0.2		
scut-kat1-duv1-a	4-S045	Max	-0.1	0.2		
scut-kat1-duv1-a	4-S060	Max	-2.0	0.3		
scut-kat1-duv1-a	4-S075	Max	-3.3	0.3		
scut-kat1-duv1-a	4-S090Y	Max	-2.4	0.3		
scut-kat1-duv1-b	4-S000X	Max	27.9	0.2	duvar yüksekliği =	2 m
scut-kat1-duv1-b	4-S015	Max	25.2	0.4	duvar genişliği =	0.7 m
scut-kat1-duv1-b	4-S030	Max	20.9	0.7	toplam kesit alanı =	1.4 m2
scut-kat1-duv1-b	4-S045	Max	15.2	0.9	toplam çekme =	27 ton
scut-kat1-duv1-b	4-S060	Max	9.2	1.1	duvar yatay çekme	1.5 kg/cm2
scut-kat1-duv1-b	4-S075	Max	5.3	1.2	toplam duvar çekme	21 ton
scut-kat1-duv1-b	4-S090Y	Max	7.4	1.2	kalan çekme	6 ton
scut-kat1-duv2	4-S000X	Max	2.3	2.0	bant dayanımı =	1 ton
scut-kat1-duv2	4-S015	Max	3.6	3.0	kullanılan bant say	6 adet
scut-kat1-duv2	4-S030	Max	5.1	4.2		
scut-kat1-duv2	4-S045	Max	6.4	5.2		
scut-kat1-duv2	4-S060	Max	7.3	5.9		
scut-kat1-duv2	4-S075	Max	7.6	6.1		

5.9 Deformasyon Değerleri

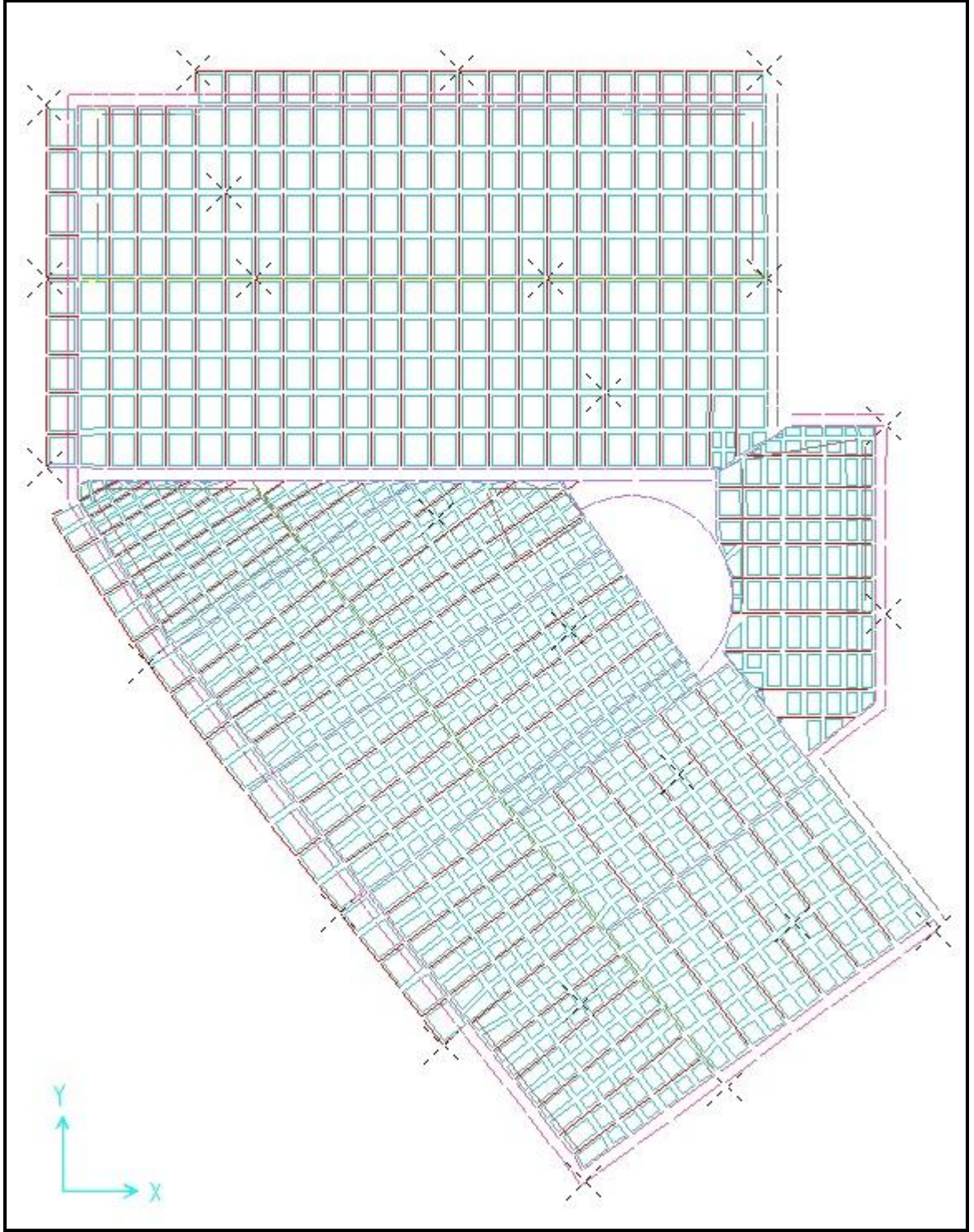
Aşağıdaki resimlerde deformasyonların verileceği noktalar verilmiştir. Bu noktaların tüm kombinasyonlara göre deplasman değerleri verilmiştir.(Çizelge 5. 17)



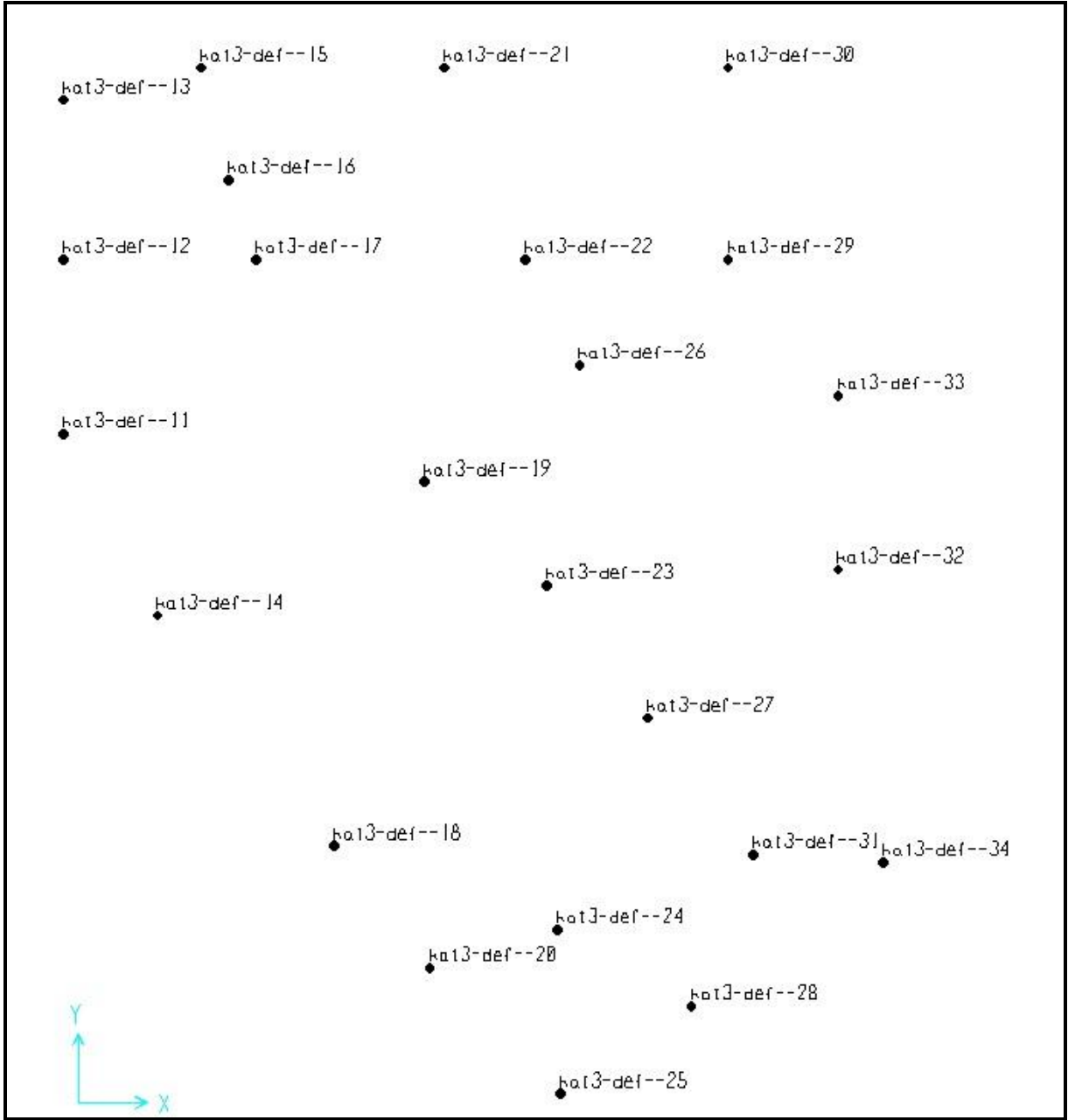
Şekil 5. 57 1.Kat deformasyon noktaları



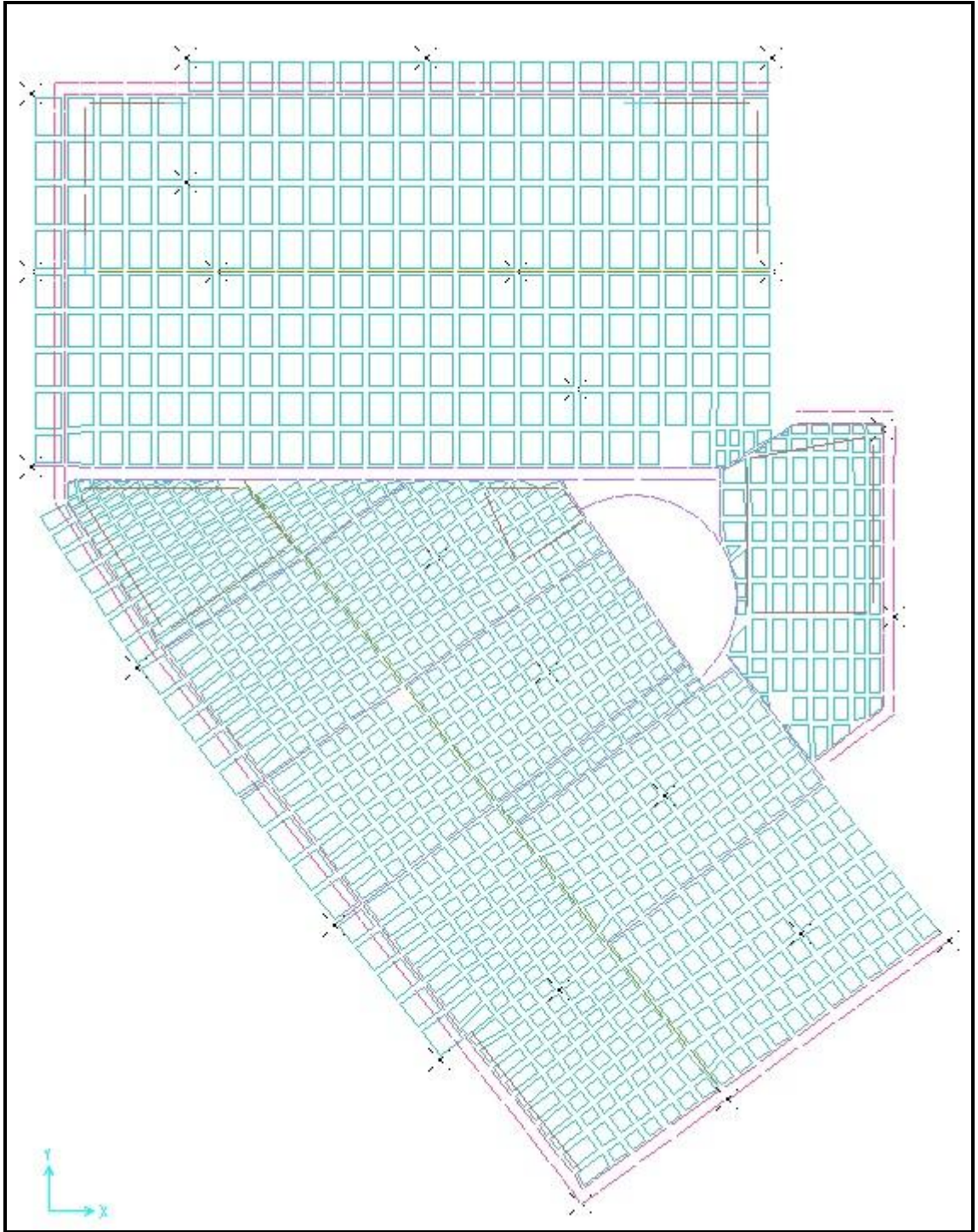
Şekil 5. 58 1.Kat deformasyon noktaları



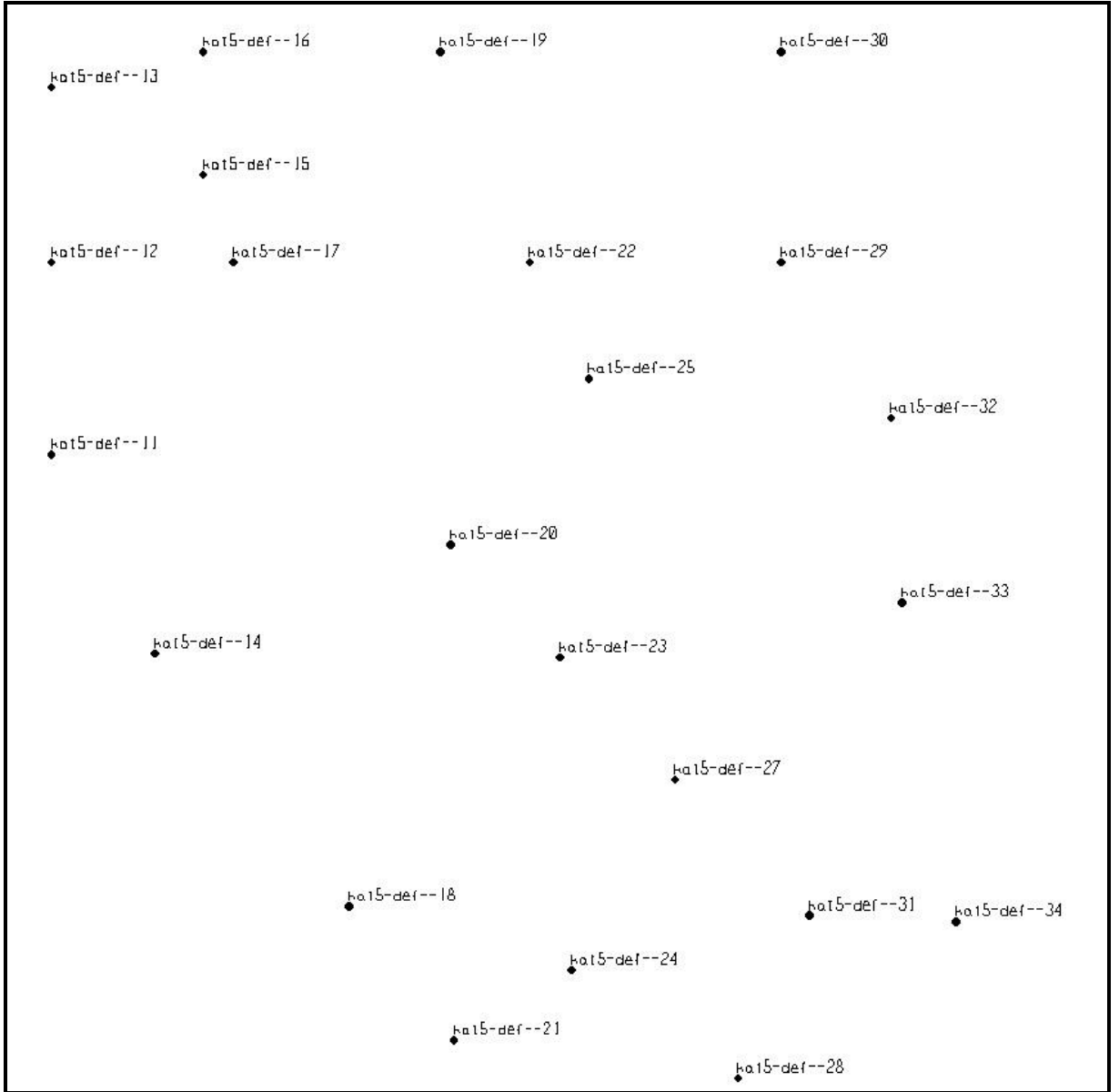
Şekil 5. 59 3. Kat deformasyon noktaları



Şekil 5. 60 3. Kat deformasyon noktaları



Şekil 5. 61 5. Kat deformasyon noktaları



Şekil 5.62 5. Kat deformasyon noktaları

Çizelge 5.16 5.Kat deformasyon değerleri

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	mm	mm	mm
kat1-def--11	2-gq	Combination	-0,1	-0,1	-1,1
kat1-def--11	5-ex	Combination	5,7	3,5	2,4
kat1-def--11	5-ey	Combination	2,4	38,9	-2,2
kat1-def--12	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-1,7
kat1-def--12	5-ex	Combination	7,4	3,7	0,9
kat1-def--12	5-ey	Combination	8,9	39,1	1,9

kat1-def--13	2-gq	Combination	-0,1	-0,1	-2,2
kat1-def--13	5-ex	Combination	8,9	3,7	1,0
kat1-def--13	5-ey	Combination	14,9	39,3	1,7
kat1-def--14	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-2,0
kat1-def--14	5-ex	Combination	4,8	2,4	-0,7
kat1-def--14	5-ey	Combination	-3,6	35,4	2,1
kat1-def--15	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-1,0
kat1-def--15	5-ex	Combination	9,0	2,5	-3,0
kat1-def--15	5-ey	Combination	15,9	34,1	-9,6
kat1-def--16	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-5,8
kat1-def--16	5-ex	Combination	8,1	2,3	-6,5
kat1-def--16	5-ey	Combination	11,9	33,1	-5,8
kat1-def--17	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-5,0
kat1-def--17	5-ex	Combination	7,4	2,1	-5,3
kat1-def--17	5-ey	Combination	8,9	32,2	-5,1
kat1-def--18	2-gq	Combination	0,1	-0,1	-4,3
kat1-def--18	5-ex	Combination	4,2	1,6	-3,4
kat1-def--18	5-ey	Combination	-10,9	29,3	-3,7
kat1-def--19	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-9,9
kat1-def--19	5-ex	Combination	5,4	1,2	-9,0
kat1-def--19	5-ey	Combination	0,1	26,5	-8,3
kat1-def--20	2-gq	Combination	0,0	-0,2	-0,9
kat1-def--20	5-ex	Combination	3,7	1,1	0,2
kat1-def--20	5-ey	Combination	-14,6	26,1	-2,6
kat1-def--21	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-4,0
kat1-def--21	5-ex	Combination	9,0	0,8	-3,8
kat1-def--21	5-ey	Combination	16,0	25,4	-6,8
kat1-def--22	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-4,8
kat1-def--22	5-ex	Combination	7,5	0,4	-4,9
kat1-def--22	5-ey	Combination	9,1	23,5	-5,1
kat1-def--23	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-20,2
kat1-def--23	5-ex	Combination	5,2	0,5	-20,5
kat1-def--23	5-ey	Combination	-3,5	22,9	-17,3
kat1-def--24	2-gq	Combination	0,1	-0,2	-7,3
kat1-def--24	5-ex	Combination	4,1	0,4	-6,9
kat1-def--24	5-ey	Combination	-12,5	22,7	-8,1
kat1-def--25	2-gq	Combination	-0,1	-0,3	-1,2
kat1-def--25	5-ex	Combination	3,0	0,3	0,7
kat1-def--25	5-ey	Combination	-18,1	22,3	1,6
kat1-def--26	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-5,5
kat1-def--26	5-ex	Combination	6,8	0,0	-5,6
kat1-def--26	5-ey	Combination	5,3	20,5	-9,6
kat1-def--27	2-gq	Combination	0,1	-0,2	-21,3
kat1-def--27	5-ex	Combination	4,9	-0,2	-21,1
kat1-def--27	5-ey	Combination	-7,0	18,3	-16,7

kat1-def--28	2-gq	Combination	0,1	-0,4	-1,2
kat1-def--28	5-ex	Combination	3,7	-0,5	-0,9
kat1-def--28	5-ey	Combination	-15,1	17,9	0,6
kat1-def--29	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-1,2
kat1-def--29	5-ex	Combination	7,6	-0,9	-1,9
kat1-def--29	5-ey	Combination	9,1	15,2	-0,4
kat1-def--30	2-gq	Combination	0,0	-0,1	-1,9
kat1-def--30	5-ex	Combination	9,0	-0,9	-2,6
kat1-def--30	5-ey	Combination	16,0	15,5	-6,7
kat1-def--31	2-gq	Combination	0,1	-0,2	-14,8
kat1-def--31	5-ex	Combination	4,4	-0,7	-15,0
kat1-def--31	5-ey	Combination	-10,6	15,5	-16,6
kat1-def--32	2-gq	Combination	0,1	-0,1	-1,4
kat1-def--32	5-ex	Combination	6,0	-1,2	-2,3
kat1-def--32	5-ey	Combination	-1,2	11,8	0,6
kat1-def--33	2-gq	Combination	0,0	0,0	-1,2
kat1-def--33	5-ex	Combination	6,9	-1,1	-2,0
kat1-def--33	5-ey	Combination	4,4	11,6	-7,6
kat1-def--34	2-gq	Combination	0,1	-0,2	-1,1
kat1-def--34	5-ex	Combination	4,6	-1,2	-4,2
kat1-def--34	5-ey	Combination	-10,5	11,1	1,3
		MAX	16,0	39,3	2,4
		MIN	-18,1	-1,2	-21,3
kat3-def--11	2-gq	Combination	0,0	-0,7	-2,0
kat3-def--11	5-ex	Combination	24,2	11,4	3,8
kat3-def--11	5-ey	Combination	9,6	101,0	-2,3
kat3-def--12	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-2,9
kat3-def--12	5-ex	Combination	27,9	11,4	1,2
kat3-def--12	5-ey	Combination	24,8	101,1	3,0
kat3-def--13	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-3,0
kat3-def--13	5-ex	Combination	31,2	11,4	1,6
kat3-def--13	5-ey	Combination	38,7	101,2	-0,4
kat3-def--14	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-3,5
kat3-def--14	5-ex	Combination	20,7	9,4	-1,4
kat3-def--14	5-ey	Combination	-5,8	92,8	2,1
kat3-def--15	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-2,0
kat3-def--15	5-ex	Combination	31,8	8,6	-5,3
kat3-def--15	5-ey	Combination	41,4	89,2	-11,5
kat3-def--16	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-7,1
kat3-def--16	5-ex	Combination	29,6	8,1	-8,5
kat3-def--16	5-ey	Combination	31,7	86,9	-8,3
kat3-def--17	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-6,4
kat3-def--17	5-ex	Combination	27,9	7,5	-6,8
kat3-def--17	5-ey	Combination	24,8	84,5	-6,5

kat3-def--18	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-8,7
kat3-def--18	5-ex	Combination	16,2	5,9	-7,3
kat3-def--18	5-ey	Combination	-25,4	77,4	-8,3
kat3-def--19	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-8,1
kat3-def--19	5-ex	Combination	23,1	4,1	-3,5
kat3-def--19	5-ey	Combination	5,6	69,8	-6,4
kat3-def--20	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-1,9
kat3-def--20	5-ex	Combination	13,7	4,0	0,0
kat3-def--20	5-ey	Combination	-35,6	69,2	-6,0
kat3-def--21	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-7,9
kat3-def--21	5-ex	Combination	31,8	3,8	-7,5
kat3-def--21	5-ey	Combination	41,5	68,1	-10,9
kat3-def--22	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-6,7
kat3-def--22	5-ex	Combination	27,8	2,1	-6,9
kat3-def--22	5-ey	Combination	24,9	61,0	-7,1
kat3-def--23	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-20,1
kat3-def--23	5-ex	Combination	21,3	1,7	-19,9
kat3-def--23	5-ey	Combination	-3,2	59,2	-14,9
kat3-def--24	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-10,2
kat3-def--24	5-ex	Combination	14,5	1,3	-9,6
kat3-def--24	5-ey	Combination	-32,3	58,5	-9,6
kat3-def--25	2-gq	Combination	0,0	-0,8	-2,2
kat3-def--25	5-ex	Combination	10,9	1,2	0,8
kat3-def--25	5-ey	Combination	-46,0	58,3	1,2
kat3-def--26	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-6,5
kat3-def--26	5-ex	Combination	25,4	1,0	-6,4
kat3-def--26	5-ey	Combination	15,7	56,1	-10,9
kat3-def--27	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-20,1
kat3-def--27	5-ex	Combination	18,8	-0,4	-20,2
kat3-def--27	5-ey	Combination	-14,5	50,5	-12,0
kat3-def--28	2-gq	Combination	0,1	-0,8	-2,4
kat3-def--28	5-ex	Combination	12,7	-1,5	-2,0
kat3-def--28	5-ey	Combination	-38,5	47,0	0,9
kat3-def--29	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-2,2
kat3-def--29	5-ex	Combination	27,8	-2,1	-3,4
kat3-def--29	5-ey	Combination	24,9	42,9	-0,9
kat3-def--30	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-2,8
kat3-def--30	5-ex	Combination	31,9	-2,1	-4,2
kat3-def--30	5-ey	Combination	41,6	43,2	-9,5
kat3-def--31	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-16,1
kat3-def--31	5-ex	Combination	16,0	-2,7	-16,7
kat3-def--31	5-ey	Combination	-25,8	41,7	-16,1
kat3-def--32	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-2,9
kat3-def--32	5-ex	Combination	21,6	-3,9	-5,0
kat3-def--32	5-ey	Combination	-1,5	33,2	-0,2
kat3-def--33	2-gq	Combination	0,1	-0,6	-2,2

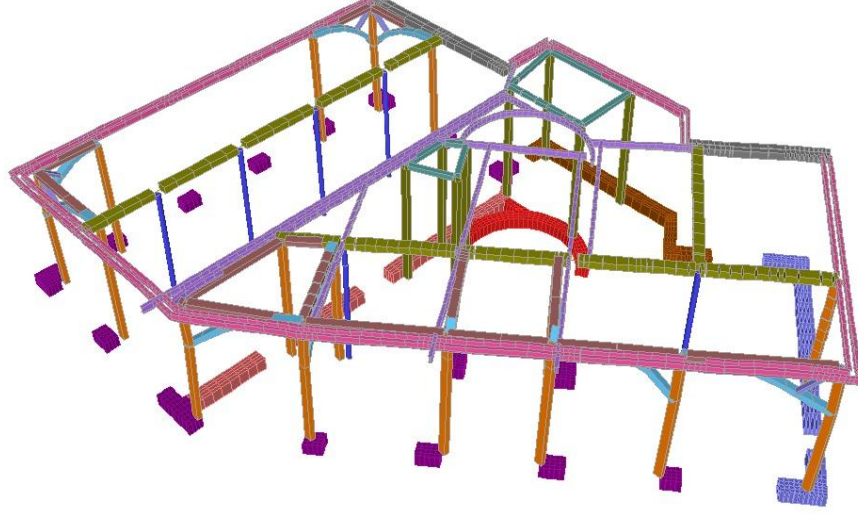
kat3-def--33	5-ex	Combination	24,6	-3,8	-3,7
kat3-def--33	5-ey	Combination	13,2	33,2	-11,1
kat3-def--34	2-gq	Combination	0,1	-0,7	-2,2
kat3-def--34	5-ex	Combination	15,7	-5,5	-7,0
kat3-def--34	5-ey	Combination	-26,3	30,8	0,4
		MAX	41,6	101,2	3,8
		MIN	-46,0	-5,5	-20,2
kat5-def--11	2-gq	Combination	0,1	-1,2	-2,4
kat5-def--11	5-ex	Combination	41,6	18,6	3,1
kat5-def--11	5-ey	Combination	15,9	148,9	-2,3
kat5-def--12	2-gq	Combination	0,2	-1,2	-3,4
kat5-def--12	5-ex	Combination	47,4	18,6	0,5
kat5-def--12	5-ey	Combination	37,1	148,8	2,6
kat5-def--13	2-gq	Combination	0,3	-1,2	-3,1
kat5-def--13	5-ex	Combination	52,5	18,5	0,8
kat5-def--13	5-ey	Combination	56,3	148,7	-2,7
kat5-def--14	2-gq	Combination	0,0	-1,3	-4,1
kat5-def--14	5-ex	Combination	35,8	15,5	-2,0
kat5-def--14	5-ey	Combination	-6,3	137,6	1,0
kat5-def--15	2-gq	Combination	0,3	-1,3	-6,7
kat5-def--15	5-ex	Combination	49,9	14,2	-7,9
kat5-def--15	5-ey	Combination	46,8	132,2	-7,5
kat5-def--16	2-gq	Combination	0,3	-1,3	-2,4
kat5-def--16	5-ex	Combination	53,5	14,2	-5,6
kat5-def--16	5-ey	Combination	60,3	132,2	-10,4
kat5-def--17	2-gq	Combination	0,2	-1,3	-6,3
kat5-def--17	5-ex	Combination	47,3	13,3	-6,8
kat5-def--17	5-ey	Combination	37,1	128,9	-6,2
kat5-def--18	2-gq	Combination	-0,1	-1,4	-10,5
kat5-def--18	5-ex	Combination	28,4	10,0	-9,3
kat5-def--18	5-ey	Combination	-35,1	115,8	-10,3
kat5-def--19	2-gq	Combination	0,3	-1,4	-9,8
kat5-def--19	5-ex	Combination	53,5	7,2	-9,9
kat5-def--19	5-ey	Combination	60,5	105,8	-12,5
kat5-def--20	2-gq	Combination	0,1	-1,4	-13,5
kat5-def--20	5-ex	Combination	38,9	6,8	-11,2
kat5-def--20	5-ey	Combination	5,7	104,5	-10,5
kat5-def--21	2-gq	Combination	-0,1	-1,5	-3,0
kat5-def--21	5-ex	Combination	24,2	6,9	-0,8
kat5-def--21	5-ey	Combination	-50,4	103,9	-6,3
kat5-def--22	2-gq	Combination	0,2	-1,4	-7,1
kat5-def--22	5-ex	Combination	47,3	4,6	-7,2
kat5-def--22	5-ey	Combination	37,1	95,8	-7,4
kat5-def--23	2-gq	Combination	0,0	-1,5	-21,9

kat5-def--23	5-ex	Combination	35,8	3,7	-22,2
kat5-def--23	5-ey	Combination	-6,9	92,1	-17,7
kat5-def--24	2-gq	Combination	-0,1	-1,5	-10,0
kat5-def--24	5-ex	Combination	26,3	3,3	-9,3
kat5-def--24	5-ey	Combination	-42,5	90,5	-11,6
kat5-def--25	2-gq	Combination	0,2	-1,5	-7,9
kat5-def--25	5-ex	Combination	43,6	2,8	-6,7
kat5-def--25	5-ey	Combination	24,2	89,1	-11,1
kat5-def--26	2-gq	Combination	0,1	-1,4	-2,6
kat5-def--26	5-ex	Combination	19,2	2,5	0,9
kat5-def--26	5-ey	Combination	-66,5	87,8	0,3
kat5-def--27	2-gq	Combination	-0,1	-1,5	-24,1
kat5-def--27	5-ex	Combination	32,2	0,1	-24,5
kat5-def--27	5-ey	Combination	-20,9	78,9	-17,9
kat5-def--28	2-gq	Combination	0,0	-1,4	-2,9
kat5-def--28	5-ex	Combination	22,5	-2,1	-2,5
kat5-def--28	5-ey	Combination	-54,9	71,5	0,0
kat5-def--29	2-gq	Combination	0,2	-1,6	-2,8
kat5-def--29	5-ex	Combination	47,3	-3,1	-4,0
kat5-def--29	5-ey	Combination	37,2	67,0	-1,4
kat5-def--30	2-gq	Combination	0,3	-1,6	-3,2
kat5-def--30	5-ex	Combination	53,6	-3,0	-5,3
kat5-def--30	5-ey	Combination	60,7	67,1	-9,8
kat5-def--31	2-gq	Combination	0,0	-1,4	-19,8
kat5-def--31	5-ex	Combination	27,8	-4,2	-21,0
kat5-def--31	5-ey	Combination	-36,5	63,5	-18,1
kat5-def--32	2-gq	Combination	0,2	-1,8	-2,5
kat5-def--32	5-ex	Combination	42,0	-6,0	-3,7
kat5-def--32	5-ey	Combination	20,2	53,8	-10,9
kat5-def--33	2-gq	Combination	0,0	-1,8	-3,3
kat5-def--33	5-ex	Combination	37,2	-6,3	-5,6
kat5-def--33	5-ey	Combination	-1,0	52,4	-0,9
kat5-def--34	2-gq	Combination	0,0	-1,4	-2,5
kat5-def--34	5-ex	Combination	27,5	-9,0	-7,7
kat5-def--34	5-ey	Combination	-37,1	46,5	-0,4
		MAX	60,7	148,9	3,1
		MİN	-66,5	-9,0	-24,5

5.10 Temel Hesapları

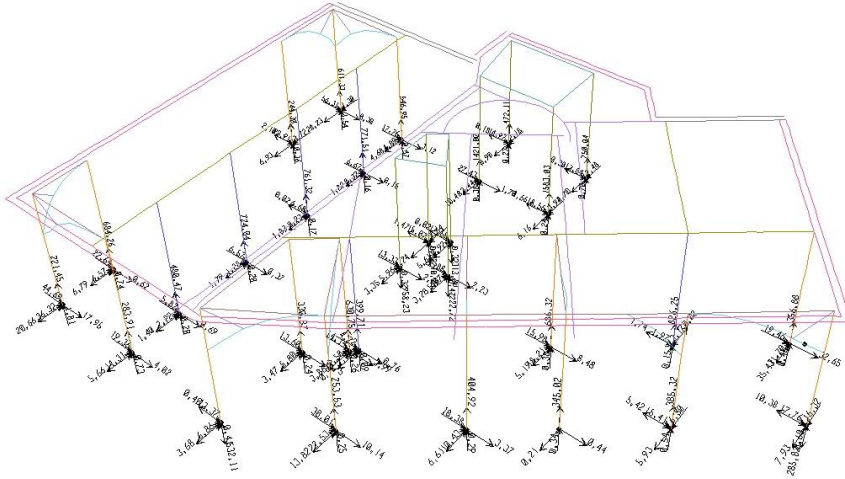
Yapı zemin kat ve üstünde modellenmiştir. Bodrum kat çok büyük taşlardan ve sağlam temel olduğundan modellenmesi gerekmemektedir. Eklenen temeller bodrum katta ve sağlam zeminde oturduğunu ve gerekli hassasiyetle inşa edildiği projelerde

gösterilmiştir. Ayrıca bazı temeller yandaki taş duvara yaslanıp zemin kata kadar çıkarıldığı için ekstra bir güvenlik sağlanmış olmaktadır. Burada birkaç tane örnek temel hesabi gösterilmiştir.



Şekil 5. 63 Model

Çelik takviye kolonlar. Yiğma duvarların resmi kalabalık yapmasın diye sadece alttan yarım metresi gösterilmiştir.



Şekil 5. 64 Kolon altındaki reaksiyonları

PROKON Software Consultants (Pty) Ltd Internet: http://www.prokon.com E-Mail : mail@prokon.com	Job Number		Sheet
	Job Title		
	Client		
	Calcs by	Checked by	Date

Column Base Design : Default single column example: ULS stability checks

Input Data

Base length A	(m)	1,75
Base width B	(m)	1,25
Column(s)	Col 1	Col 2
C	(m)	0.40
D	(m)	0.60
E	(m)	-0.30
F	(m)	
Stub column height X	(m)	1
Base depth Y	(m)	1
Soil cover Z	(m)	0
Concrete density	(kN/m ³)	25
Soil density	(kN/m ³)	20
Soil friction angle (°)		18
Base friction constant		0.75
Rebar depth top X	(mm)	50
Rebar depth top Y	(mm)	60
Rebar depth bottom X	(mm)	50
Rebar depth bottom Y	(mm)	60
ULS ovt. LF: Self weight		0.9
ULS LF: Self weight		1.4
Max. SLS bearing pr.	(kN/m ²)	350
S.F. Overturning (ULS)		1
S.F. Slip (ULS)		1
fcu base	(MPa)	30
fcu columns	(MPa)	30
fy	(MPa)	450

Şekil 5. 65 Stabilite kontrolu

PROKON Software Consultants (Pty) Ltd Internet: http://www.prokon.com E-Mail: mail@prokon.com	Job Number		Sheet
	Job Title		
	Client		
	Calcs by	Checked by	Date

Column Base Design : Default single column example: ULS stability checks

Input Data

Base length A	(m)	1,75
Base width B	(m)	1,25
Column(s)	Col 1	Col 2
C	(m)	0.40
D	(m)	0.60
E	(m)	-0.30
F	(m)	
Stub column height X	(m)	1
Base depth Y	(m)	1
Soil cover Z	(m)	0
Concrete density	(kN/m ³)	25
Soil density	(kN/m ³)	20
Soil friction angle (°)		18
Base friction constant		0.75
Rebar depth top X	(mm)	50
Rebar depth top Y	(mm)	60
Rebar depth bottom X	(mm)	50
Rebar depth bottom Y	(mm)	60
ULS ovt. LF: Self weight		0.9
ULS LF: Self weight		1.4
Max. SLS bearing pr.	(kN/m ²)	350
S.F. Overturning (ULS)		1
S.F. Slip (ULS)		1
fcu base	(MPa)	30
fcu columns	(MPa)	30
fy	(MPa)	450

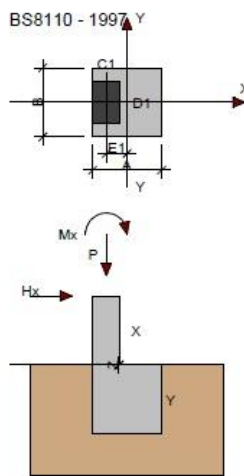
Şekil 5. 66 Stabilite kontrolu

PROKON Software Consultants (Pty) Ltd Internet: http://www.prokon.com E-Mail : mail@prokon.com	Job Number		Sheet
	Job Title		
	Client		
	Calcs by	Checked by	Date

Load Data

Load Case	Col no.	Unfactored Loads						
		LF ULS ovt	LF ULS	P (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	1	1	1	385			6	15
	1	1	1	393			183	90

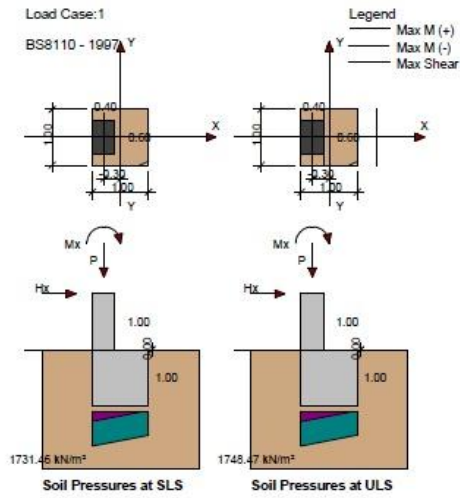
Sketch of Base



Output for Load Case 1

Şekil 5. 67 Temel

Output for Load Case 1	
Soil pressure (ULS)(kN/m ²)	1748.47
Soil pressure (SLS)(kN/m ²)	1748
SF overturning (SLS)	3.53
SF overturning (ULS)	3.51
Safety Factor slip (ULS)	>100
Safety Factor uplift (ULS)	>100
Bottom	
Design moment X (kNm/m)	113.04
Reinforcement X (mm ² /m)	320
Design moment Y (kNm/m)	26.91
Reinforcement Y (mm ² /m)	77
Top	
Design moment X (kNm/m)	0.00
Reinforcement X (mm ² /m)	0
Design moment Y (kNm/m)	0.00
Reinforcement Y (mm ² /m)	0
Linear Shear X (MPa)	0.000
vc (MPa)	0.357
Linear Shear Y (MPa)	0.000
vc (MPa)	0.357
Linear Shear Other (MPa)	0.000
Punching Shear (MPa)	N.A.
vc (MPa)	N.A.
Cost	412.47



Şekil 5. 68 Temel

PROKON Software Consultants (Pty) Ltd Internet: http://www.prokon.com E-Mail : mail@prokon.com	Job Number		Sheet
	Job Title		
	Client		
	Calcs by	Checked by	Date

Column Base Design : Default single column example: ULS stability checks

Input Data

Base length A	(m)	1
Base width B	(m)	1.20
Column(s)	Col 1	Col 2
C	(m)	0.60
D	(m)	0.30
E	(m)	
F	(m)	
Stub column height X	(m)	1
Base depth Y	(m)	0.6
Soil cover Z	(m)	0
Concrete density	(kN/m ³)	25
Soil density	(kN/m ³)	20
Soil friction angle (*)		22
Base friction constant		0.5
Rebar depth top X	(mm)	50
Rebar depth top Y	(mm)	60
Rebar depth bottom X	(mm)	50
Rebar depth bottom Y	(mm)	60
ULS ovt. LF: Self weight		1.0
ULS LF: Self weight		1.2
Max. SLS bearing pr.	(kN/m ²)	350
S.F. Overturning (ULS)		1
S.F. Slip (ULS)		1
fcu base	(MPa)	30
fcu columns	(MPa)	30
fy	(MPa)	450

Şekil 5. 69 Stabilite kontrolu

PROKON Software Consultants (Pty) Ltd Internet: http://www.prokon.com E-Mail : mail@prokon.com	Job Number		Sheet
	Job Title		
	Client		
	Calcs by	Checked by	Date

Load Data

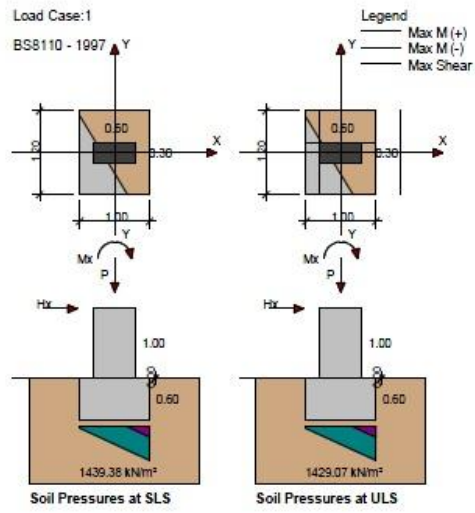
Load Case	Col no.	Unfactored Loads						
		LF ULS ovt	LF ULS	P (kN)	Hx (kN)	Hy (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	1	1	1	240	5	4	3	20
	1	1	1	110	10	15	65	30

Sketch of Base

Output for Load Case 1

Şekil 5. 70 Temel

Output for Load Case 1	
Soil pressure (ULS)(kN/m ²)	1429.07
Soil pressure (SLS)(kN/m ²)	1410
SF overturning (SLS)	1.64
SF overturning (ULS)	1.64
Safety Factor slip (ULS)	8.29
Safety Factor uplift (ULS)	>100
Bottom	
Design moment X (kNm/m)	16.54
Reinforcement X (mm ² /m)	81
Design moment Y (kNm/m)	62.11
Reinforcement Y (mm ² /m)	309
Top	
Design moment X (kNm/m)	-0.04
Reinforcement X (mm ² /m)	0
Design moment Y (kNm/m)	0.00
Reinforcement Y (mm ² /m)	0
Linear Shear X (MPa)	0.000
vc (MPa)	0.357
Linear Shear Y (MPa)	0.000
vc (MPa)	0.357
Linear Shear Other (MPa)	0.000
Punching Shear (MPa)	N.A.
vc (MPa)	N.A.
Cost	302.71



Şekil 5. 71 Temel

5.11 Ara kat Analizi Ve Tasarımı

Giriş katta olan asma kat diğer bölümlerde görüldüğü gibi modellenmiş ve dizayn edilmiştir. Burada çalışmanın daha fazla yer kabarmaması için genel analiz ve tasarımın bilgileri verilmiş olup kısaltılmıştır.

PROKON Software Consultants (Pty) Ltd Internet: http://www.prokon.com E-Mail: mail@prokon.com	Job Number	Sheet
	Job Title	
	Client	
	Calcs by	Checked by

Base plate design by **PROKON**. (Basepl Ver W2.5.05 - 18 Oct 2010)

Design code : SABS 0162 - 1993
Title : Default Example

Input Data

Column on Base Plate:
50x38x3.0

Base Plate Geometry

Plate Length L	(mm)	550
Plate Width W	(mm)	550
Offset L1	(mm)	148.00
Offset W1	(mm)	147.90
Bolt distance a1	(mm)	50
Bolt distance a2	(mm)	50
Bolt distance a3	(mm)	50
Bolt distance a4	(mm)	50

General Parameters

Concrete: fcu	(MPa)	30
Plate fy	(MPa)	365
Welds fw	(MPa)	460
Bolt Grade		6.6
Use studs (Y/N)		Y

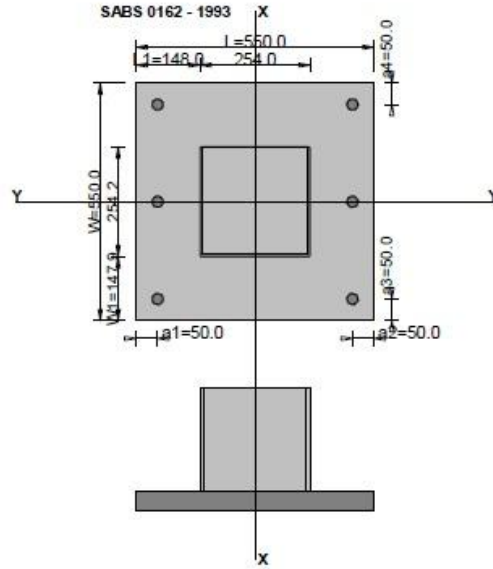
Loads

Load Case	P (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Load Factor
1	388	6	15	1
2	393	183	90	1

S11

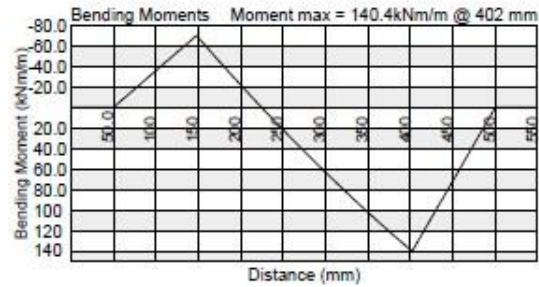
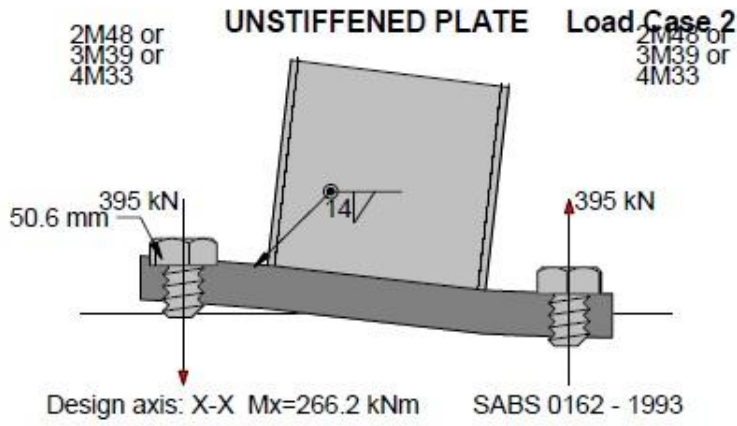
Şekil 5. 72 Temeldeki kolon

Sketch of base plate



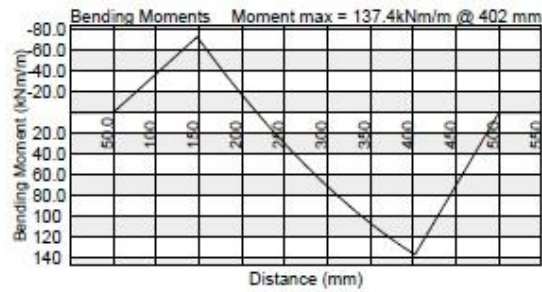
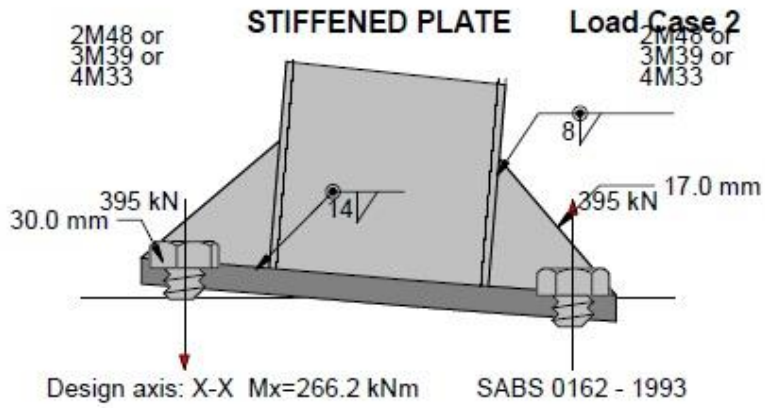
Şekil 5. 73 Temeldeki kolon

Bending Moments & Design Output for (Critical) Load Case 2

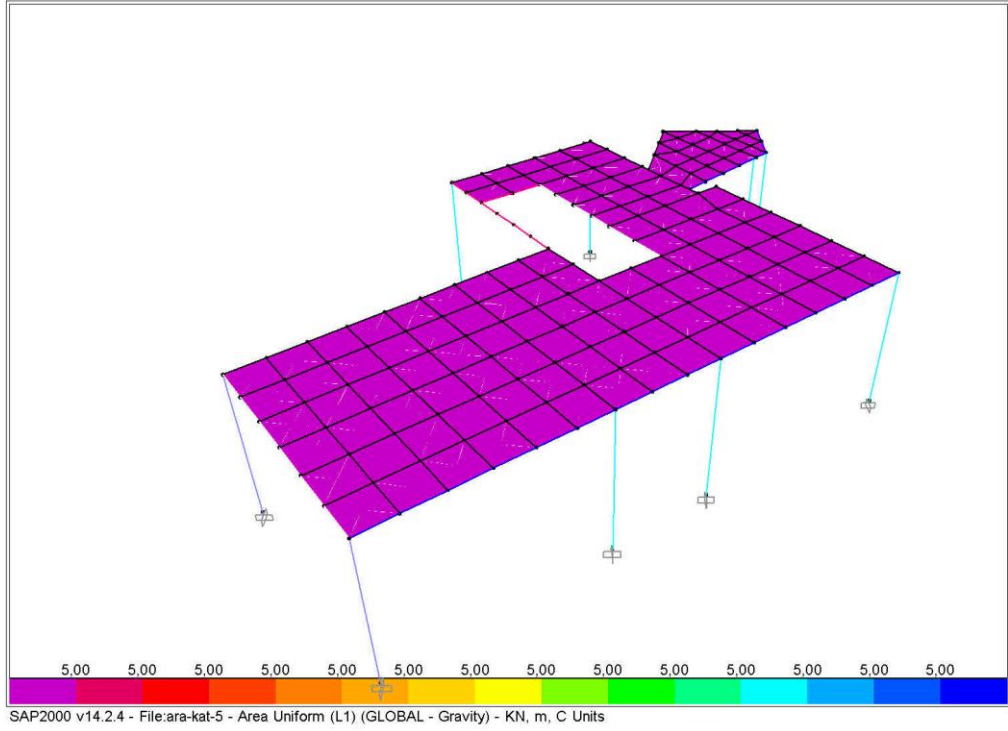
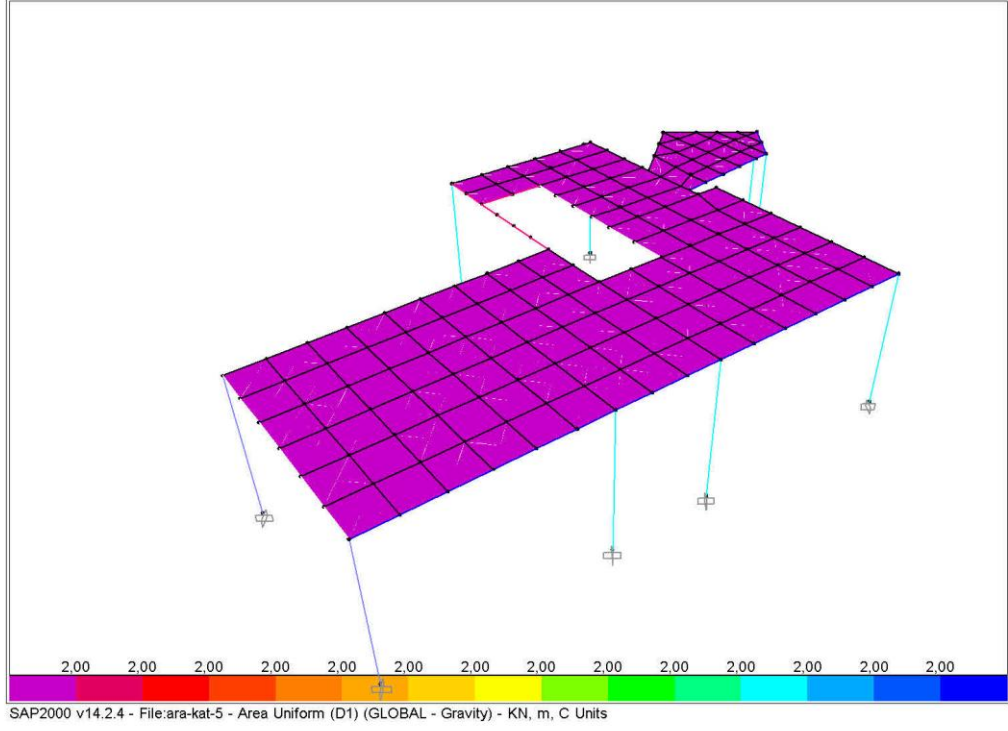


Şekil 5. 74 Moment

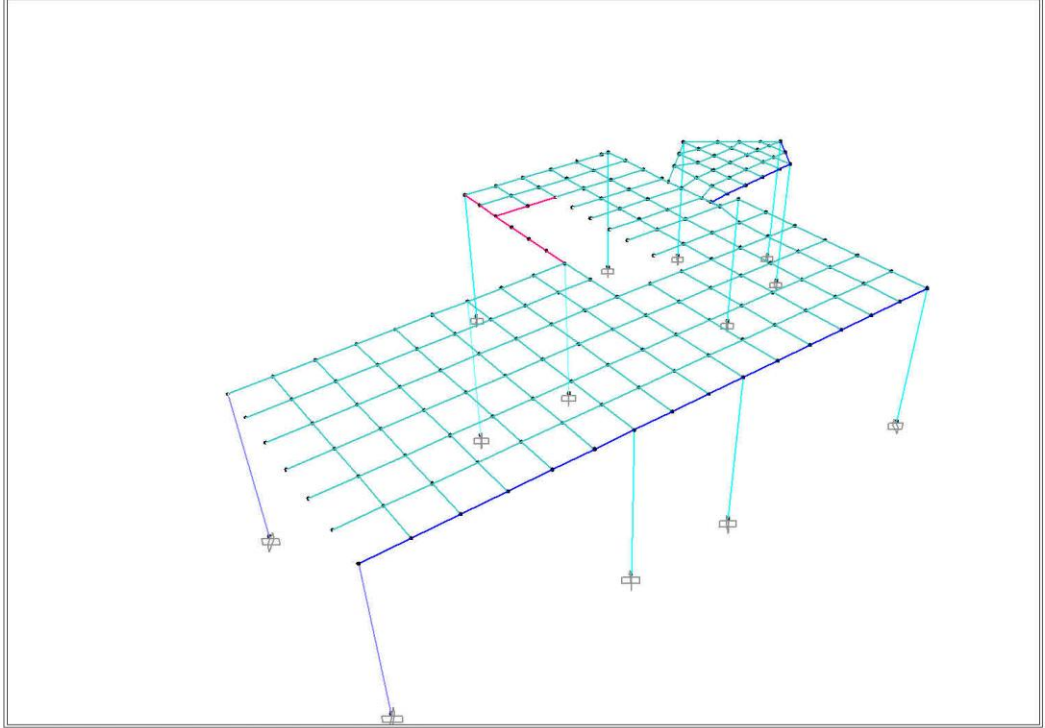
Bending Moments & Design Output for (Critical) Load Case 2



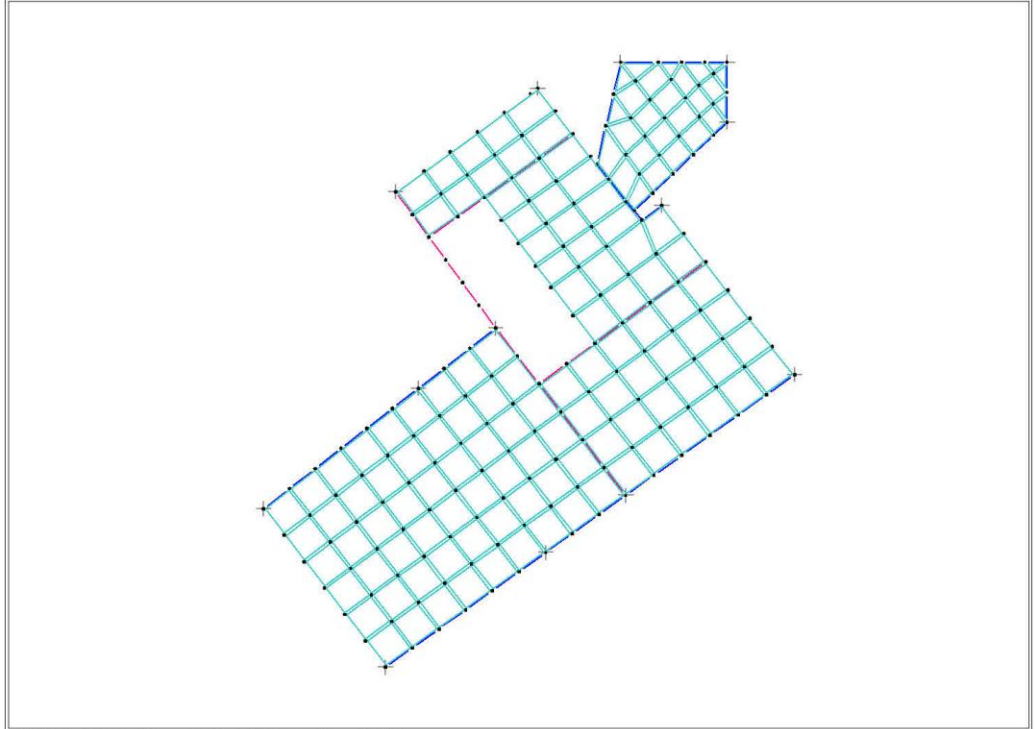
Şekil 5. 75 Moment



Şekil 5. 76 Yükleme miktarları (kaplama ve hareketli)

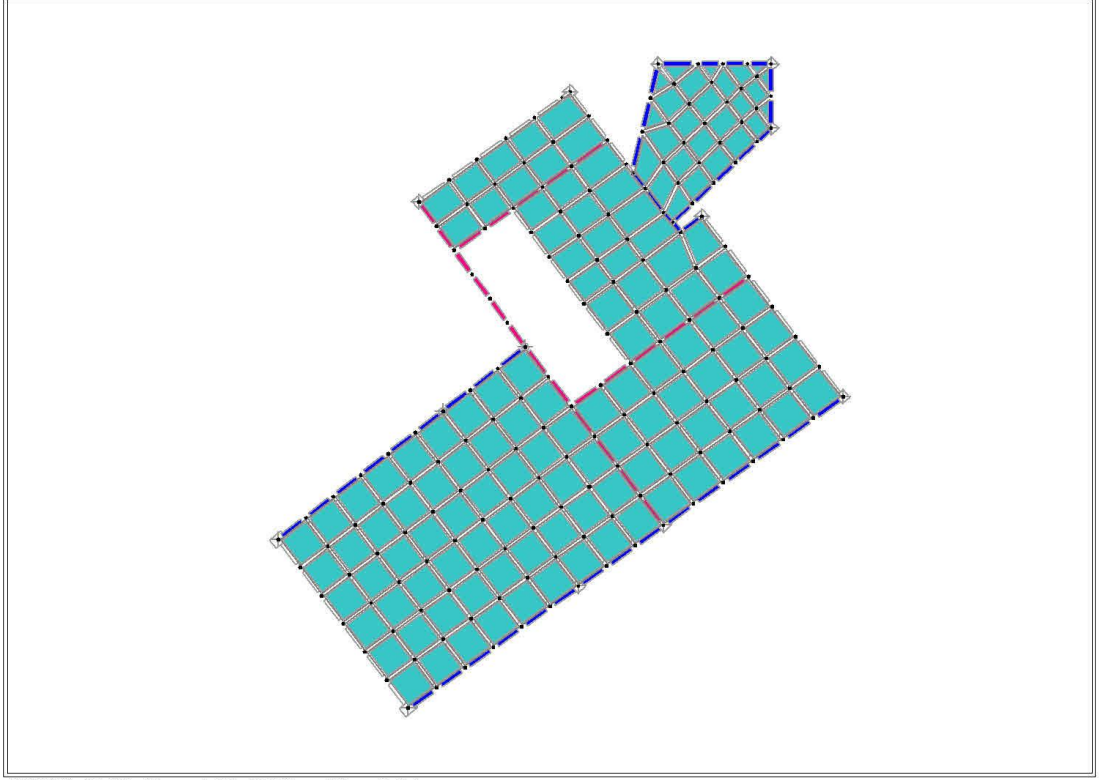


SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - 3-D View - KN, m, C Units

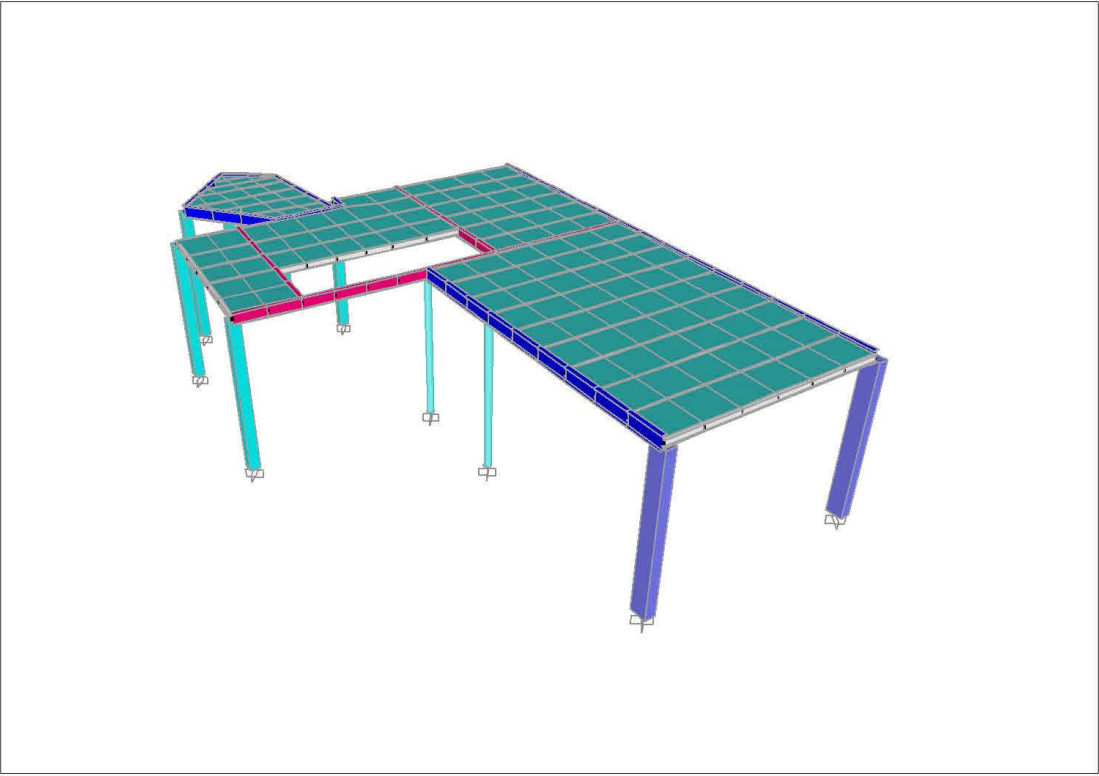


SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - 3-D View - KN, m, C Units

Şekil 5. 77 Modelin 3D ve tepeden görünüşü

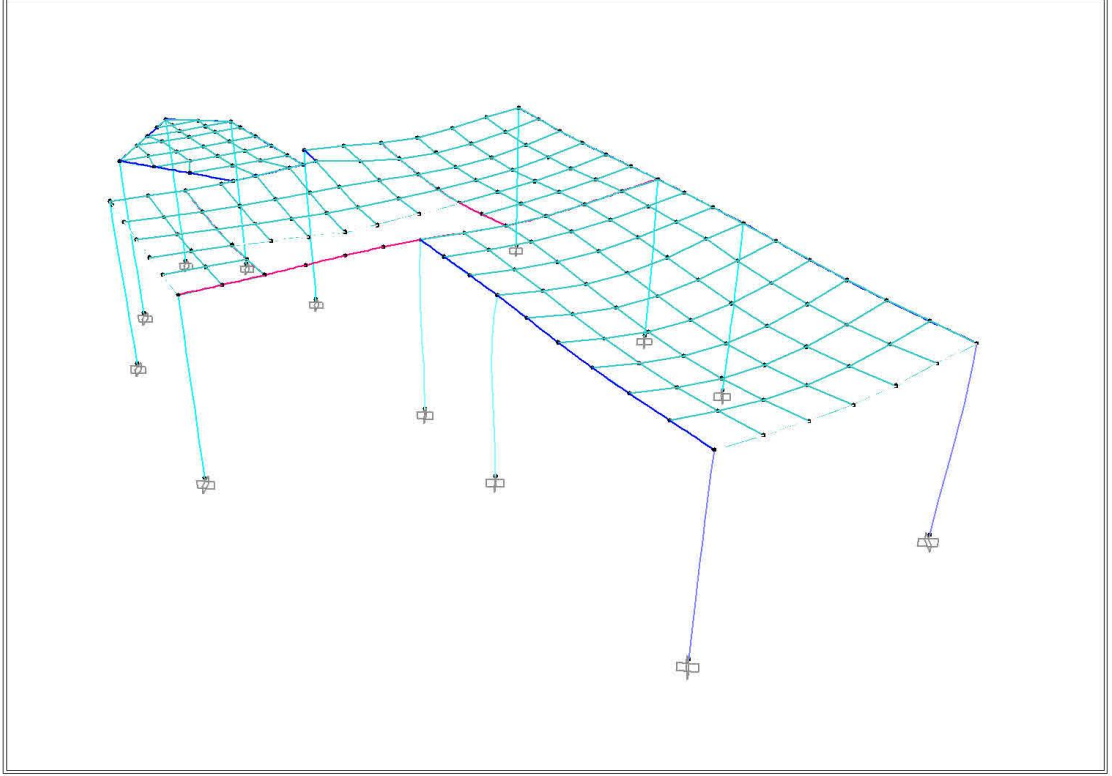


SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - 3-D View - KN, m, C Units

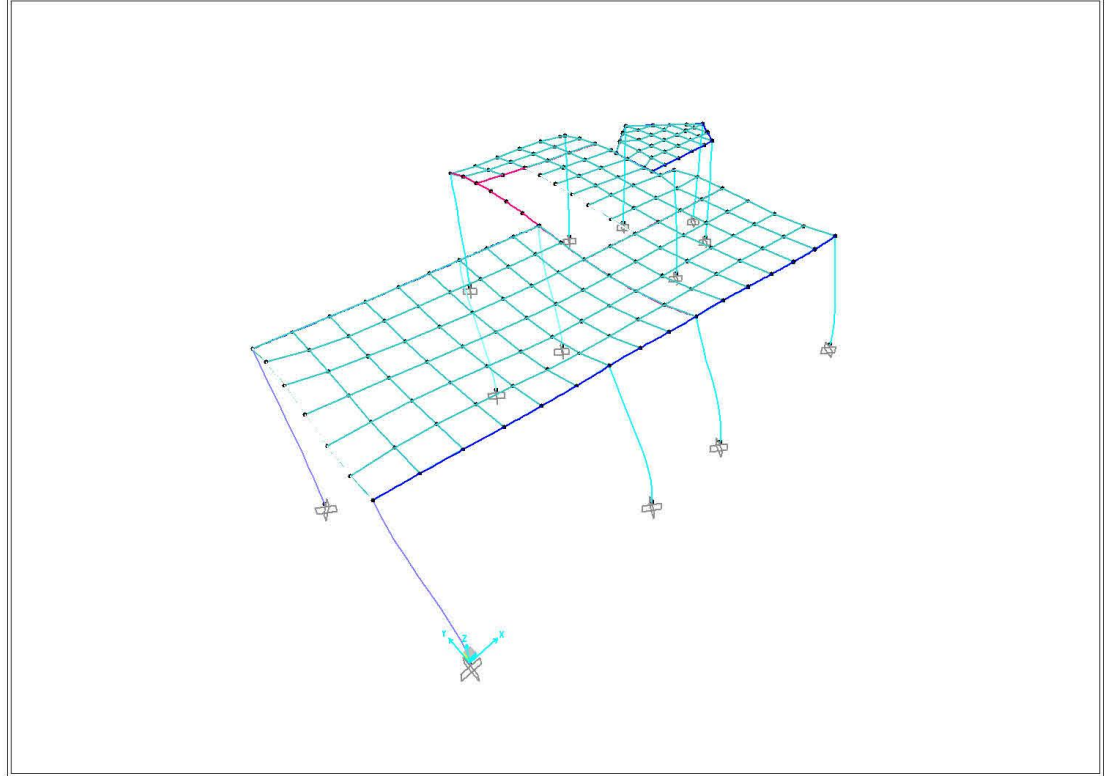


SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - 3-D View - KN, m, C Units

Şekil 5. 78 Yapının eleman kalınlıklarını gösteren 3D görünüşü

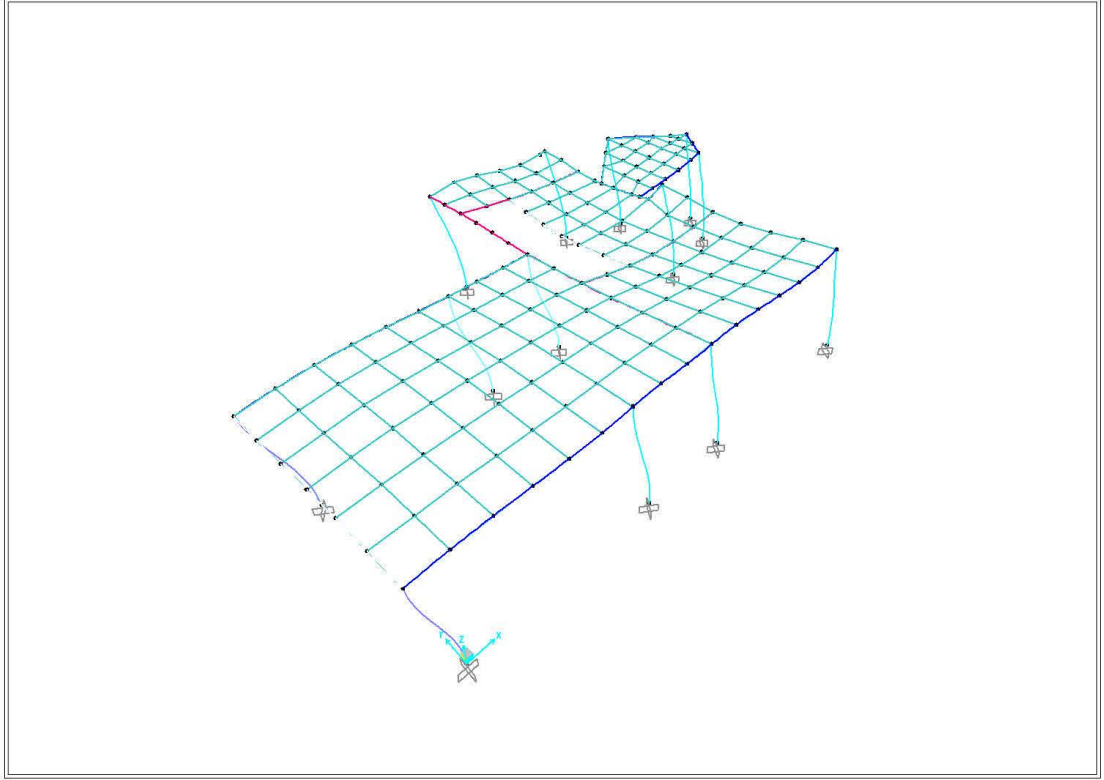


SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Deformed Shape (D1) - KN, m, C Units

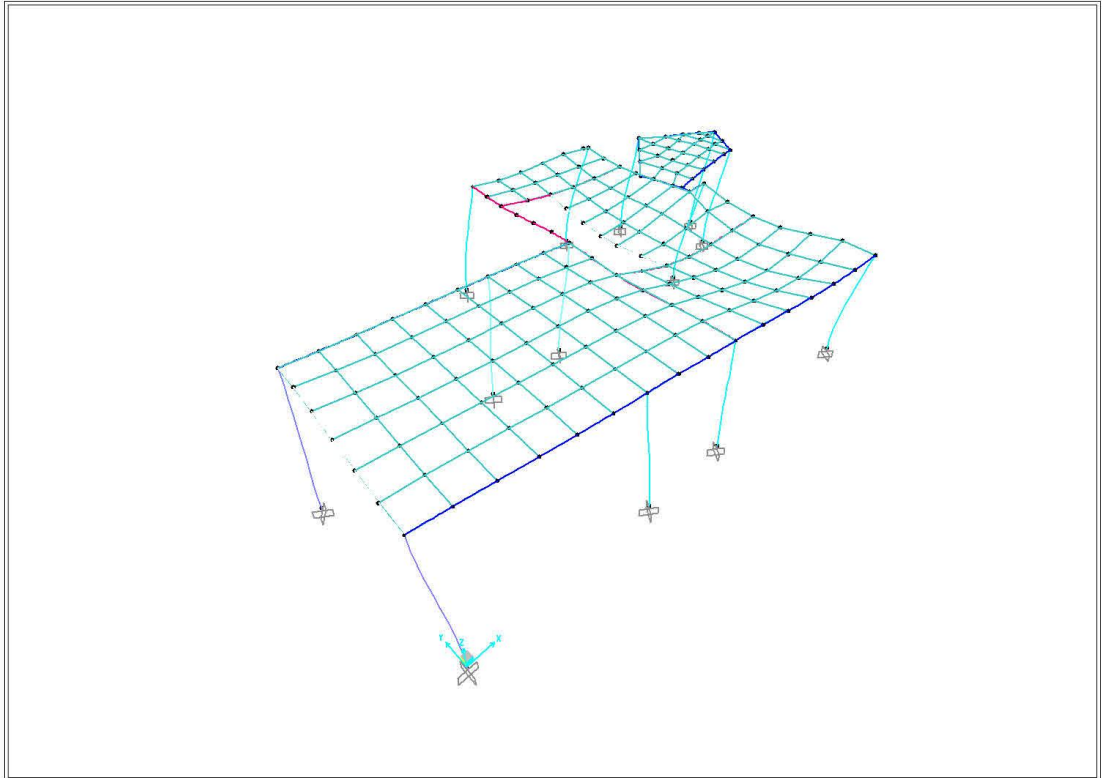


SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - T = 0,12069; f = 8,28557 - Tonf, m, C Units

Şekil 5. 79 Zati yükü altındaki deformasyon (Altta 1. Modal şekli)



SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Deformed Shape (MODAL) - Mode 2 - T = 0,08861; f = 11,28556 - Tonf, m, C Units



SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Deformed Shape (MODAL) - Mode 5 - T = 0,06803; f = 14,69837 - Tonf, m, C Units

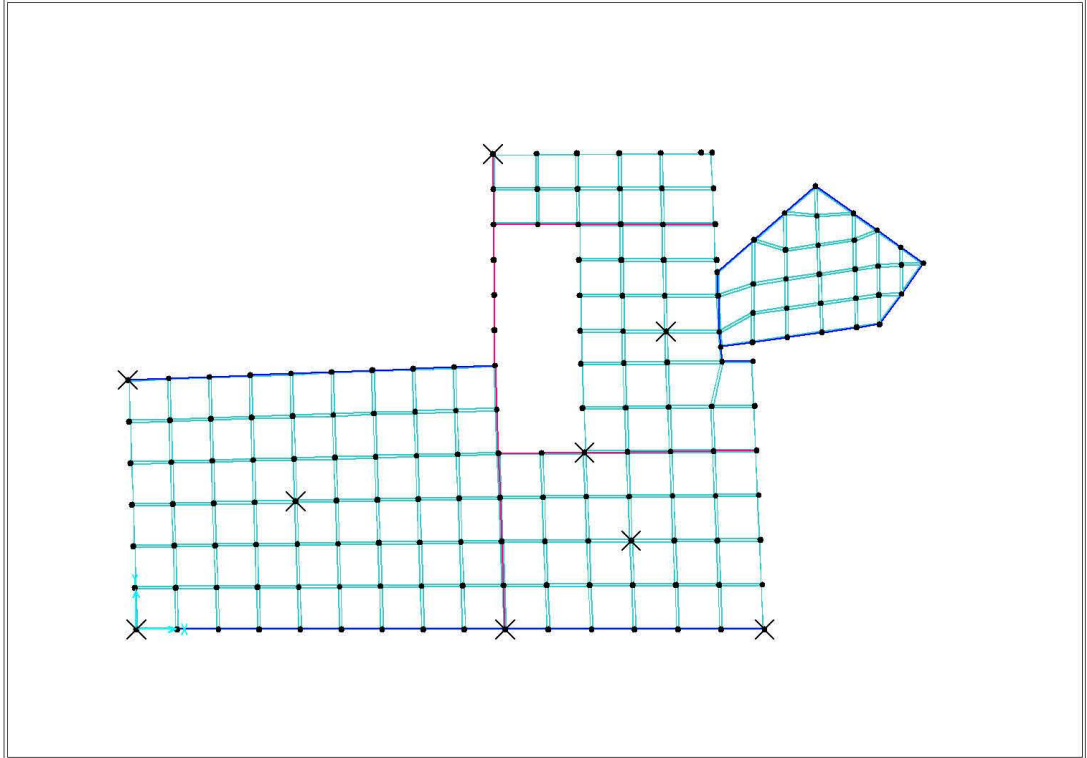
Şekil 5. 80 Modal deformasyon (Mod 2 ve 3)

Çizelge 5. 17 Modal Değerleri

TABLE: Modal Participating Mass Ratios							
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	UX	UY	UZ
Text	Text	Unitless	Sec	1/sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,12	8,29	0,01	0,79	0,00
MODAL	Mode	2	0,09	11,29	0,93	0,00	0,01
MODAL	Mode	3	0,08	13,29	0,01	0,01	0,23
MODAL	Mode	4	0,07	14,28	0,04	0,03	0,25
MODAL	Mode	5	0,07	14,70	0,01	0,14	0,07
MODAL	Mode	6	0,05	18,50	0,01	0,01	0,02
MODAL	Mode	7	0,05	19,43	0,00	0,01	0,01
MODAL	Mode	8	0,04	24,85	0,00	0,00	0,02
MODAL	Mode	9	0,03	29,13	0,00	0,00	0,08
MODAL	Mode	10	0,03	33,46	0,00	0,00	0,01
MODAL	Mode	11	0,03	35,59	0,00	0,00	0,01
MODAL	Mode	12	0,02	43,92	0,00	0,00	0,01
MODAL	Mode	13	0,02	49,74	0,00	0,01	0,00
MODAL	Mode	14	0,01	84,95	0,00	0,00	0,02
MODAL	Mode	15	0,01	94,62	0,00	0,00	0,01

SAP2000

11.6.12 11:17:55

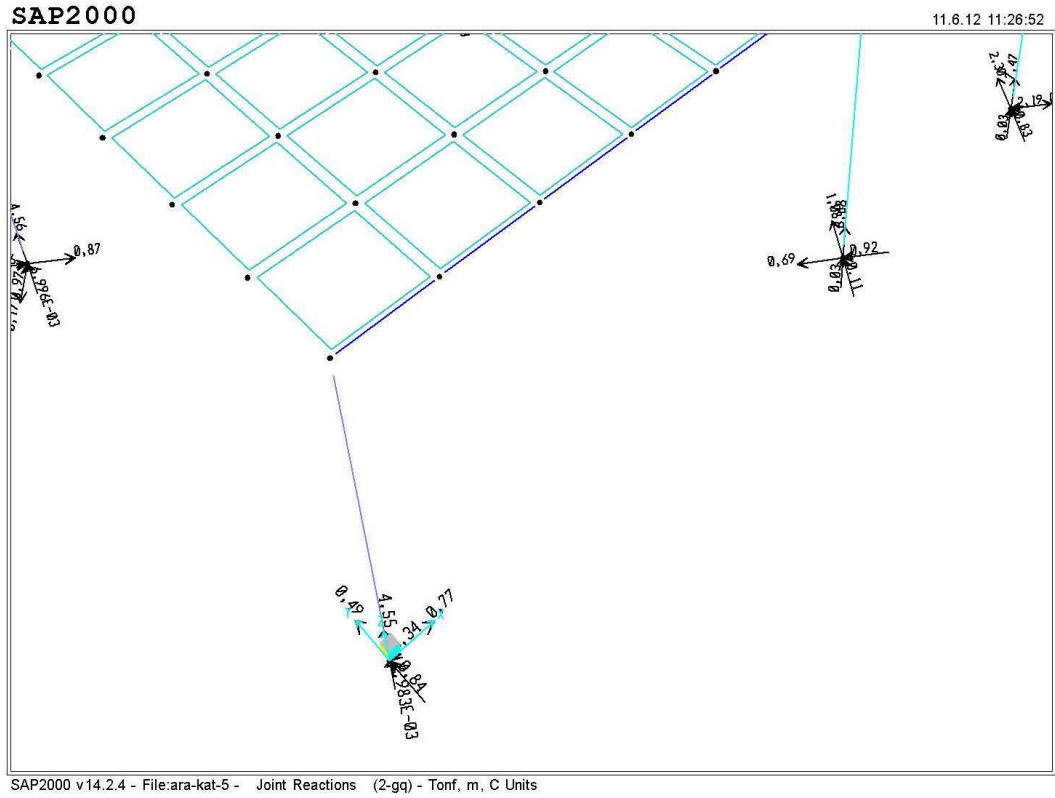


SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - X-Y Plane @ Z=3 - Tonf, m, C Units

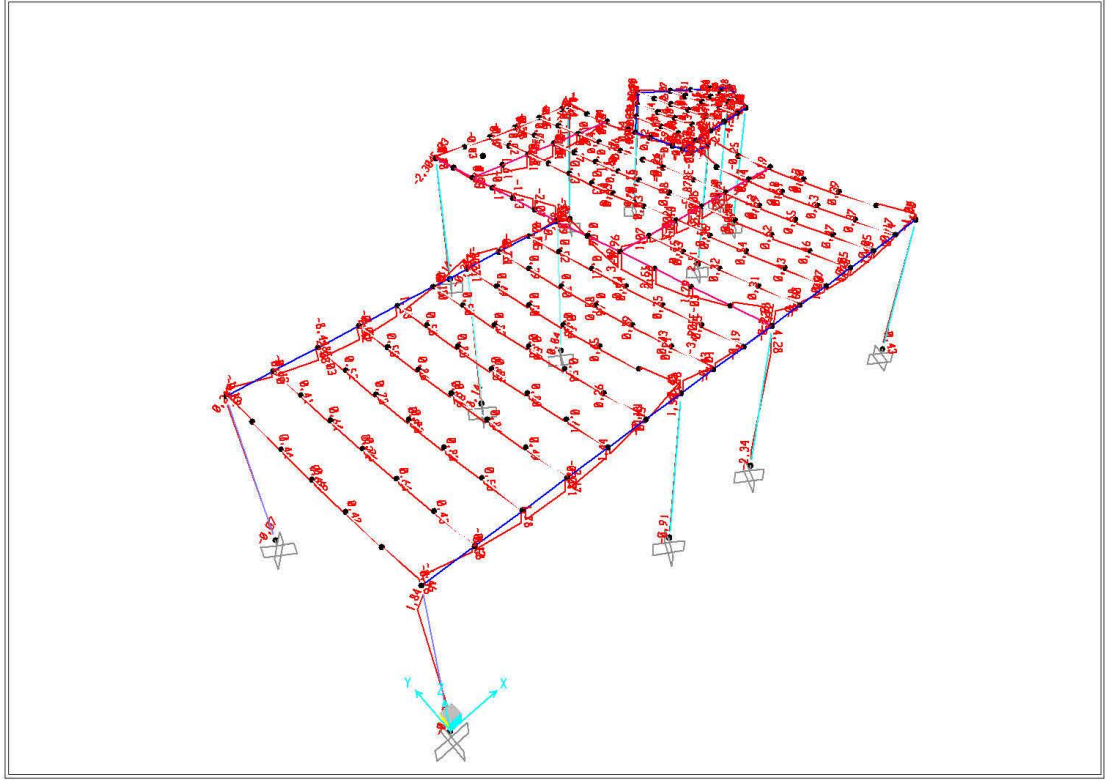
Şekil 5. 81 Modal analiz parametrik değerleri

Çizelge 5. 18 Kombinasyon Değerleri

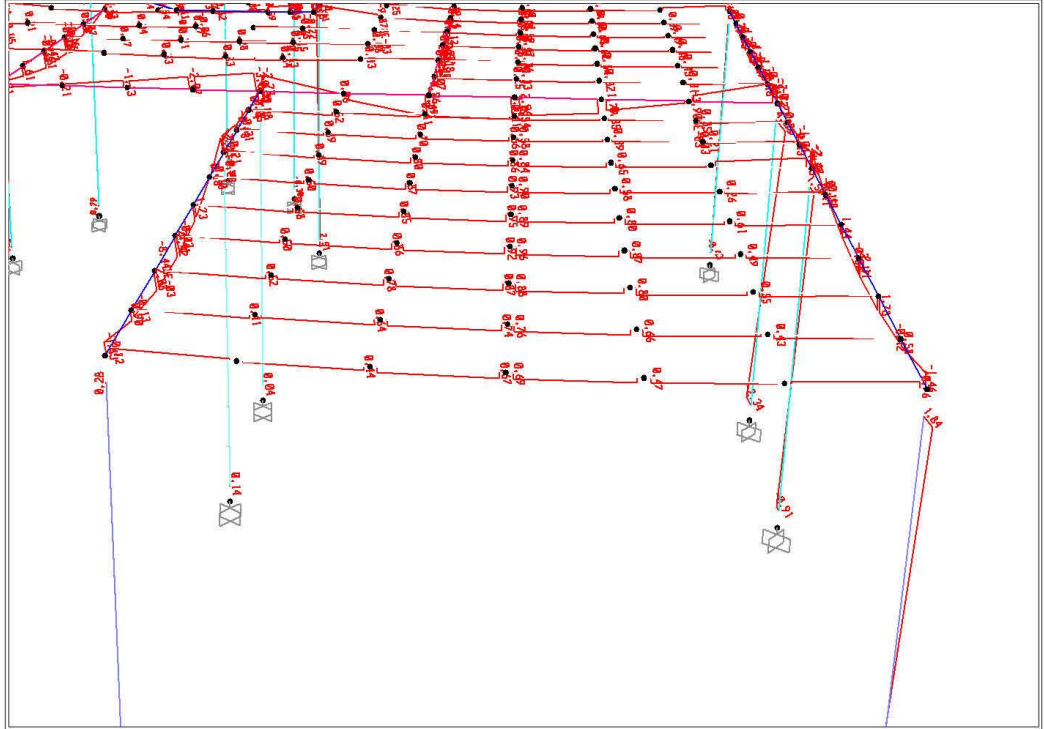
TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	mm	mm	mm
505	2-gq	Combination	-0,25	0,34	-0,05
740	2-gq	Combination	-0,21	0,12	0,00
786	2-gq	Combination	-0,34	0,11	-3,17
819	2-gq	Combination	-0,27	0,03	-2,42
826	2-gq	Combination	-0,28	0,00	-2,21
876	2-gq	Combination	-0,34	0,18	-0,05
877	2-gq	Combination	-0,34	0,03	-0,01
879	2-gq	Combination	-0,28	-0,05	-0,01



Şekil 5. 82 Deformasyon ve mesnet reaksiyon değerleri



SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Moment 3-3 Diagram (2-gg) - Tonf, m, C Units

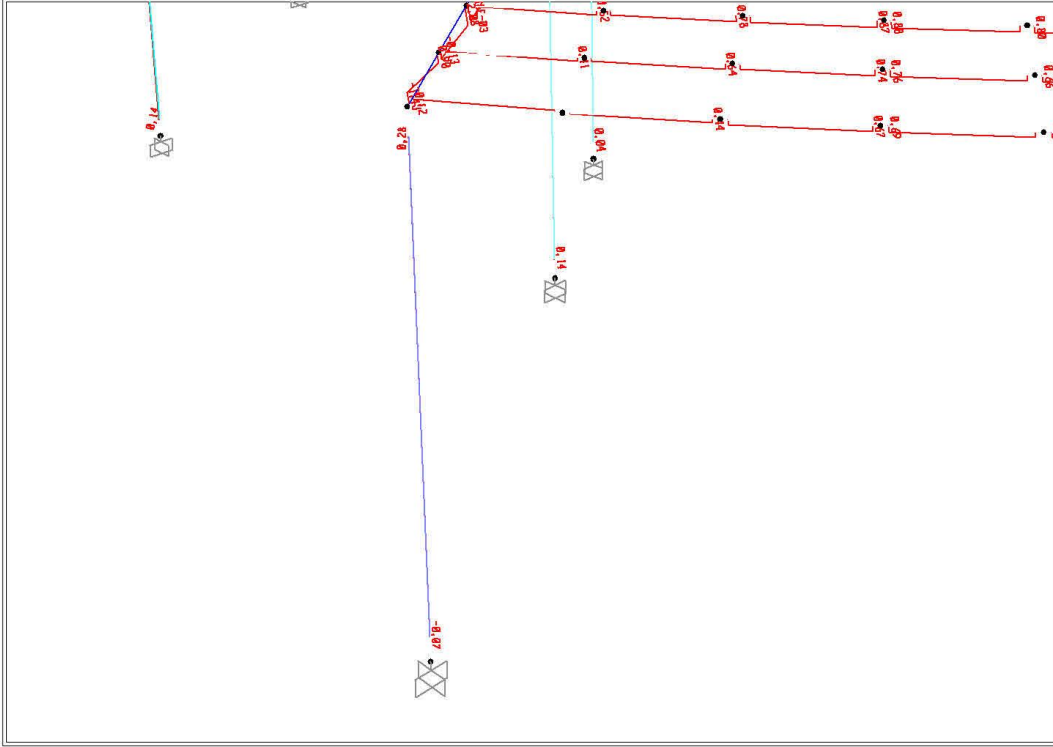


SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Moment 3-3 Diagram (2-gg) - Tonf, m, C Units

Şekil 5. 83 Eleman İç kuvvetleri, Kiriş eğilme momenti

SAP2000

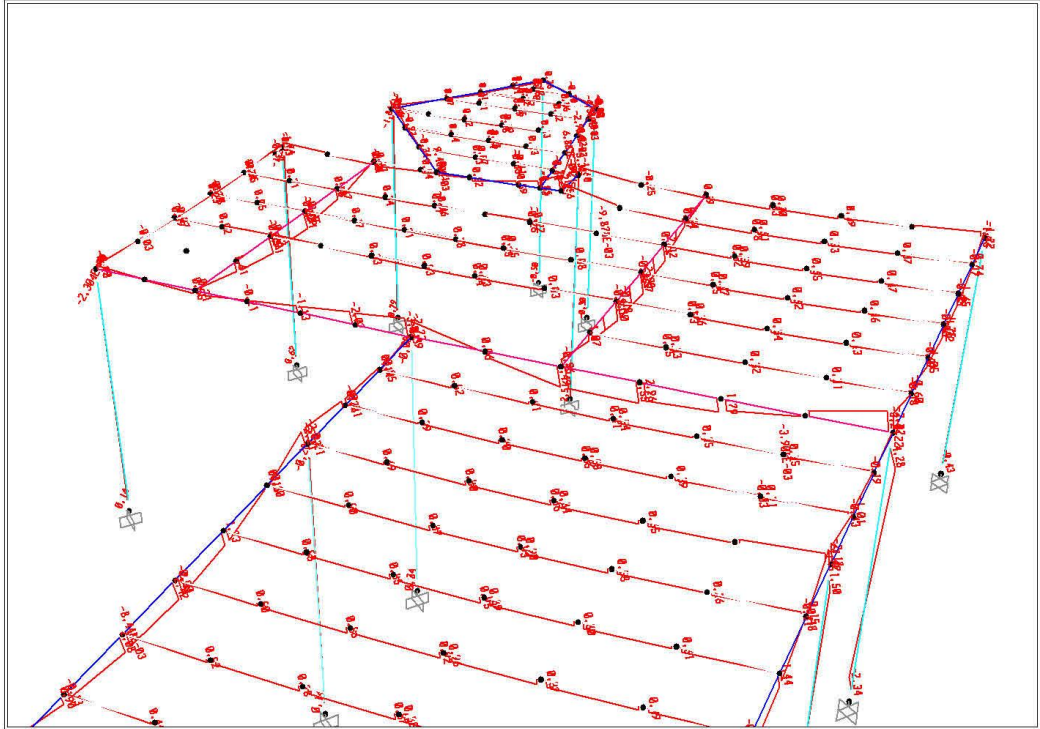
11.6.12 11:30:18



SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Moment 3-3 Diagram (2-gg) - Tonf, m, C Units

SAP2000

11.6.12 11:30:34

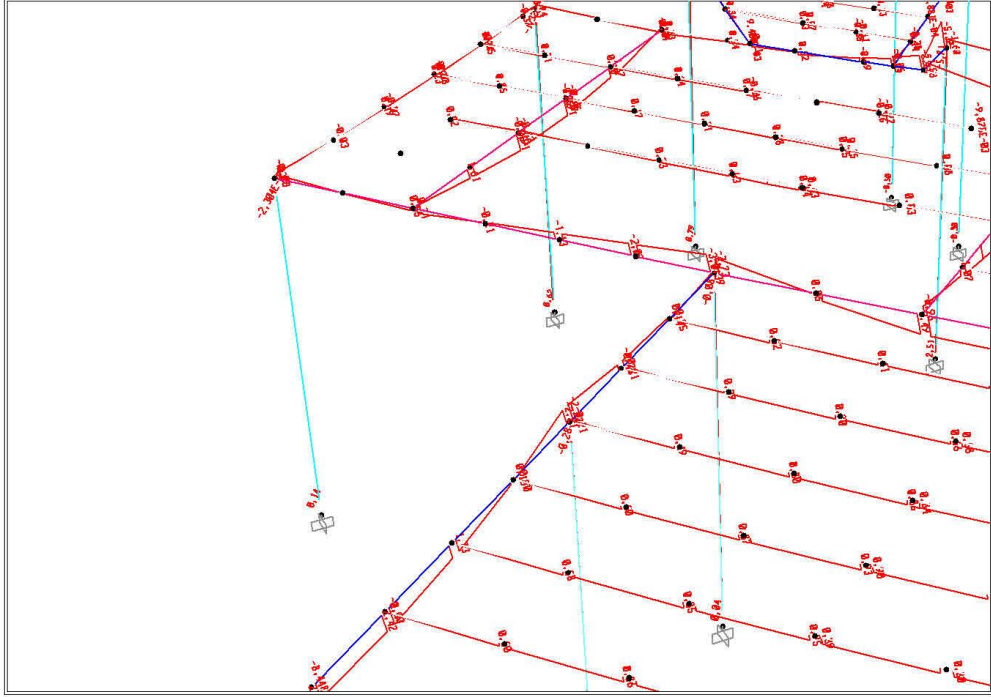


SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Moment 3-3 Diagram (2-gg) - Tonf, m, C Units

Şekil 5. 83 Eleman İç kuvvetleri, Kiriş eğilme momenti (Devamı)

SAP2000

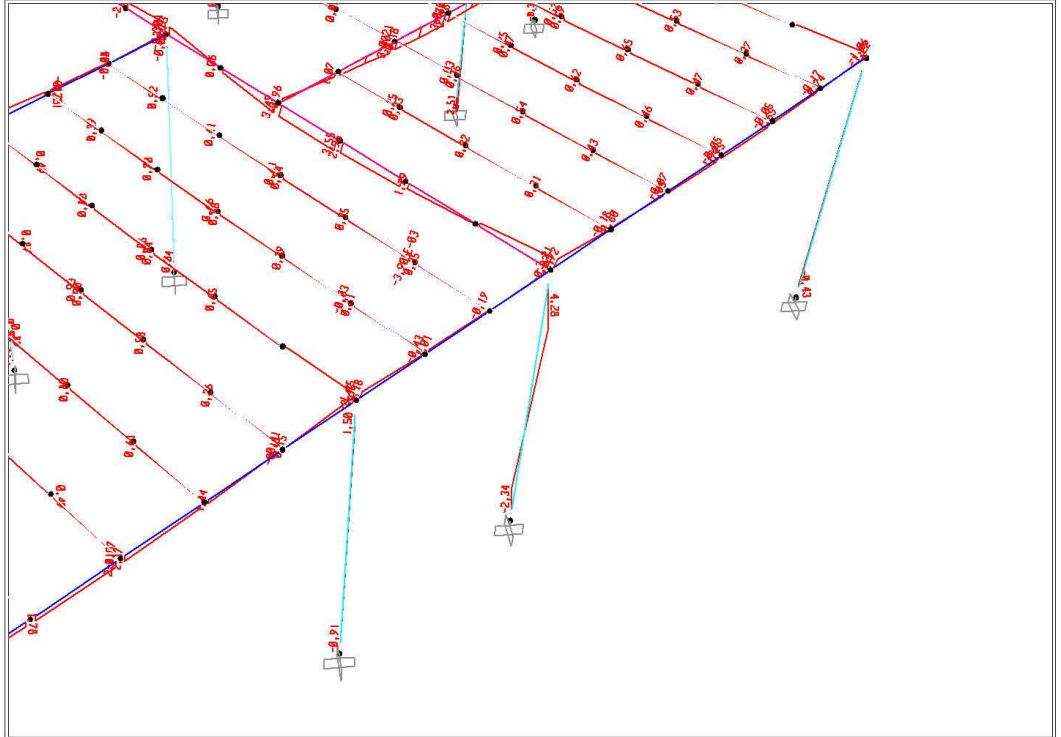
11.6.12 11:30:48



SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Moment 3-3 Diagram (2-gg) - Tonf, m, C Units

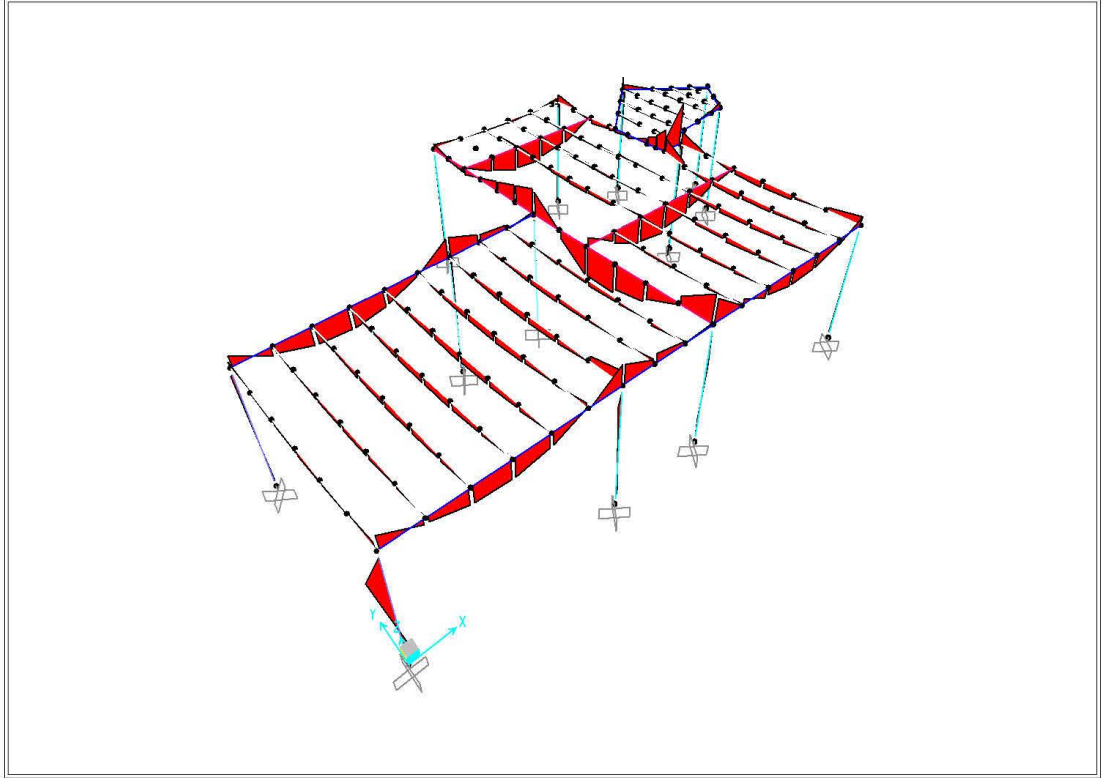
SAP2000

11.6.12 11:31:35

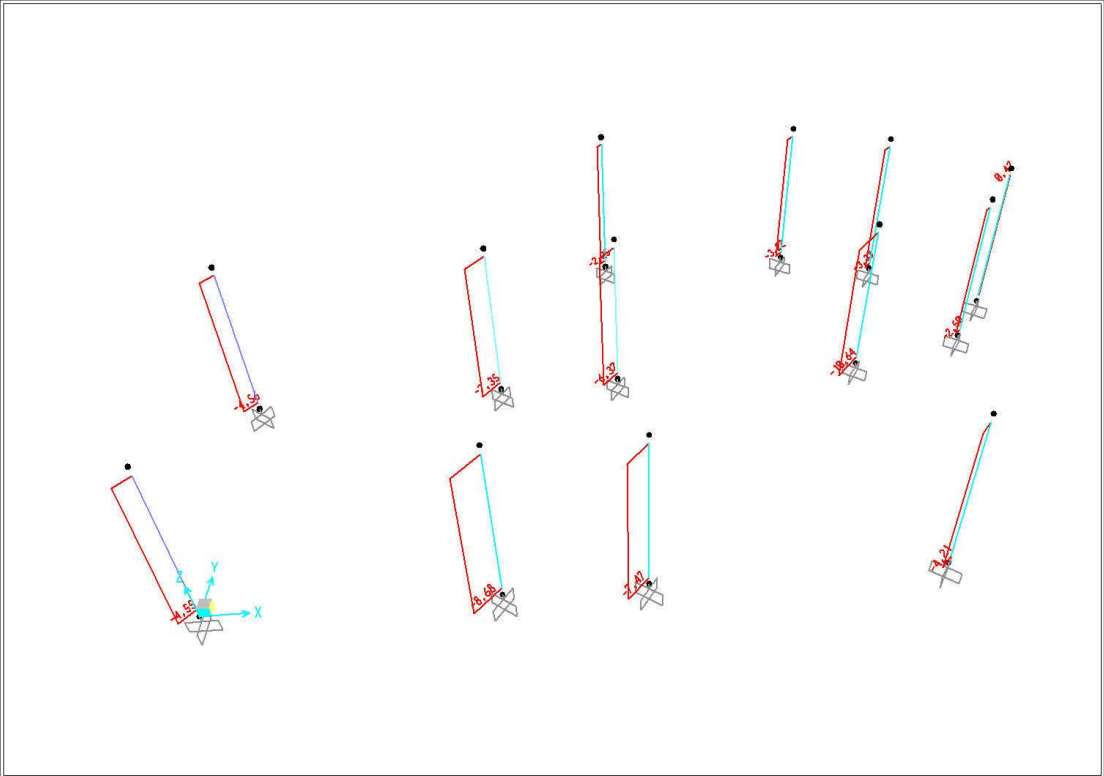


SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Moment 3-3 Diagram (2-gg) - Tonf, m, C Units

Şekil 5. 83 Eleman İç kuvvetleri, Kiriş eğilme momenti (Devamı)



SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Moment 3-3 Diagram (2-gg) - Tonf, m, C Units

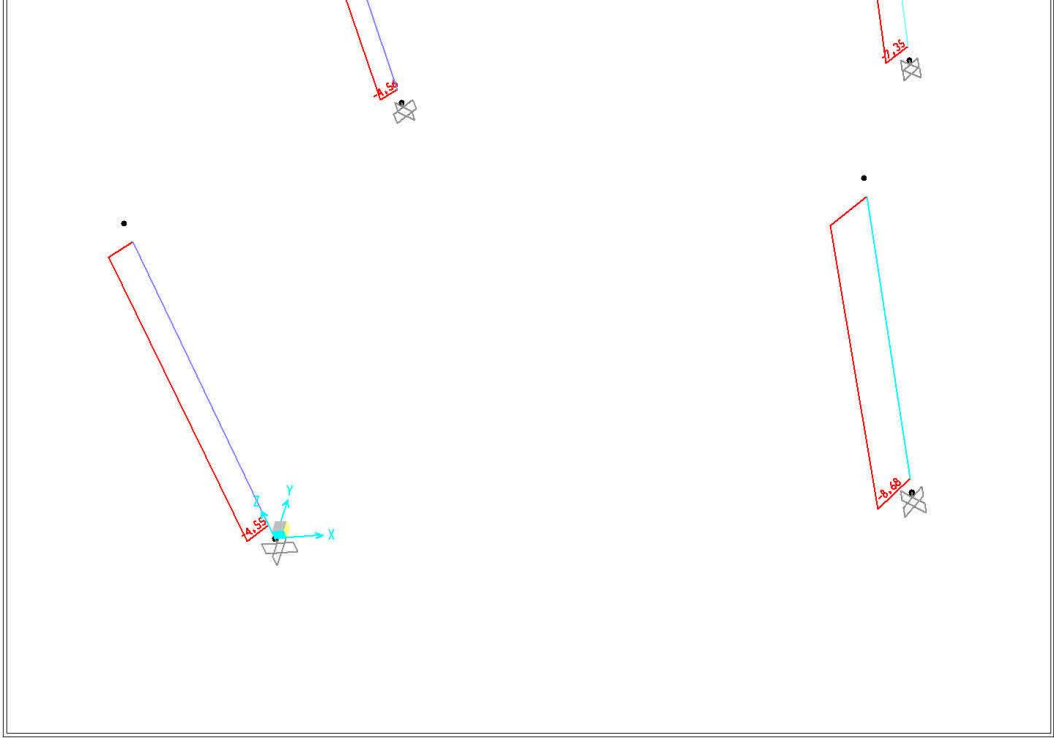


SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Axial Force Diagram (2-gg) - Tonf, m, C Units

Şekil 5. 83 Eleman İç kuvvetleri, Kiriş eğilme momenti (Devamı)

SAP2000

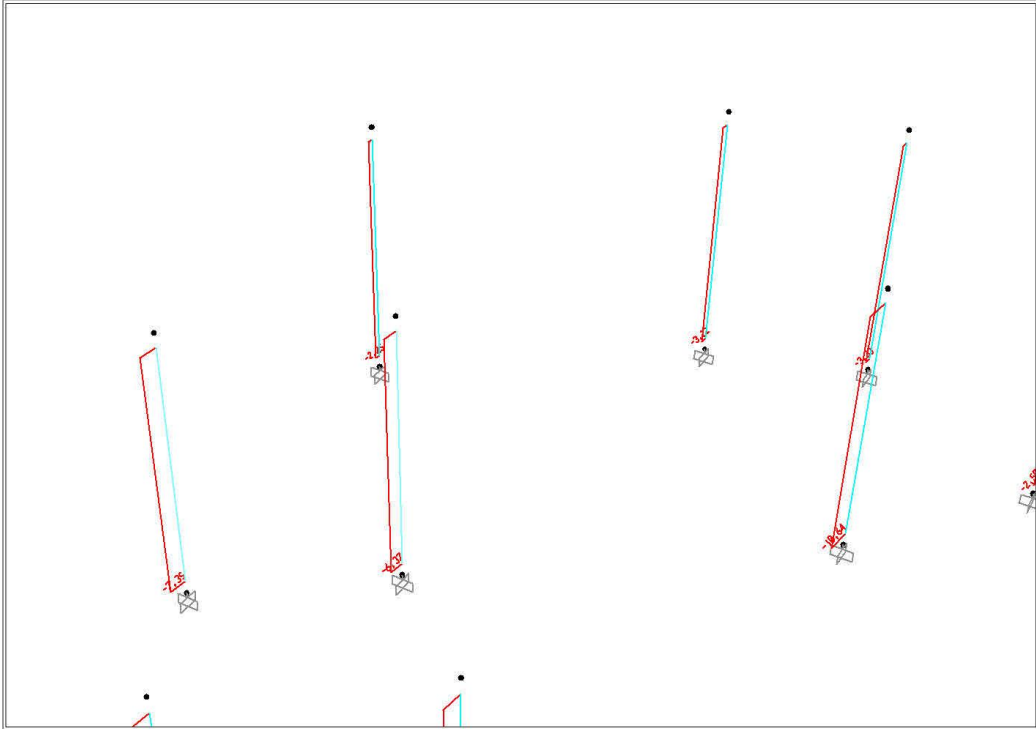
11.6.12 11:34:33



SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Axial Force Diagram (2-gg) - Tonf, m, C Units

SAP2000

11.6.12 11:34:47



SAP2000 v14.2.4 - File:ara-kat-5 - Axial Force Diagram (2-gg) - Tonf, m, C Units

Şekil 5. 84 Kolonların eksenel iç kuvvetleri

5.12 Güçlendirme

Çizelge 5. 19 Modal kapasitesi

	MODEL 1 (PAYANDASIZ)	MODEL 2 (1M ALTTAN PAYANDALI)	MODEL 3 (2M ALTTAN PAYANDALI)	MODEL 4 (2M ALTTAN DÜZ PAYANDALI)	MODEL 5 (1M ALTTAN PAYANDALI DESTEKLi)
1. PERİYOT	0.29	0.246	0.207	0.192	0.245
2. PERİYOT	0.092	0.0812	0.069	0.0653	0.081
3. PERİYOD	0.052	0.0489	0.042	0.0406	0.048
	mm	mm	mm	mm	mm
4.KAT YATAY DEPLASMAN	54	28	20	17	27
3. KAT YATAY DEPLASMAN	49	24	17	14	23
2. KAT YATAY DEPLASMAN	30	17	12	10	16
1. KAT YATAY DEPLASMAN	12	7	52	4	7



Şekil 5. 85 Bina güçlendirilmesi



Şekil 5. 86 Bina güçlendirmesi



Şekil 5. 87 Bina güçlendirmesi



Şekil 5. 88 Bina güçlendirmesi



Şekil 5. 89 Bina güçlendirmesi



Şekil 5. 90 Bina güçlendirmesi



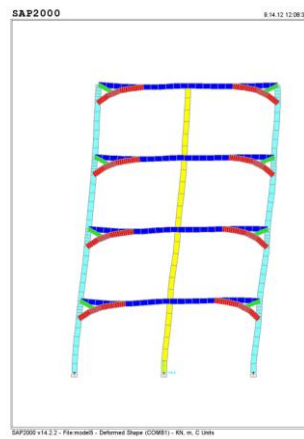
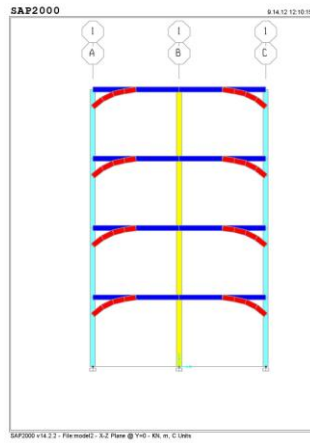
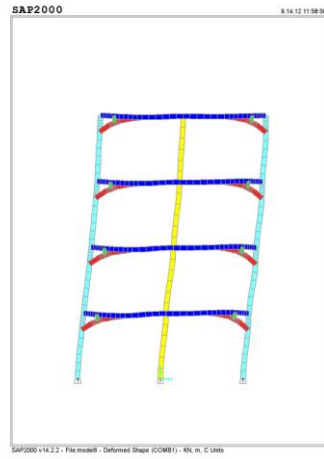
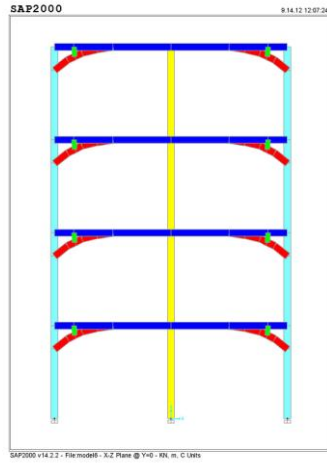
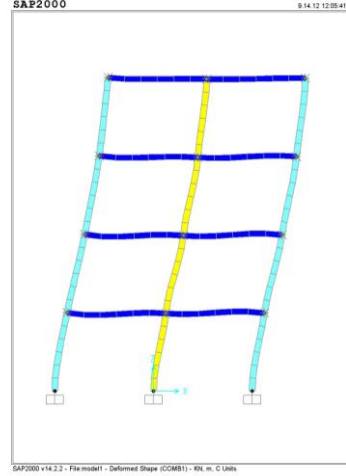
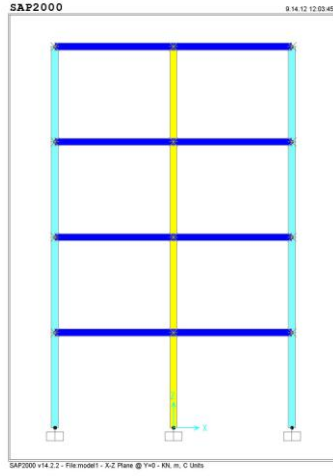
Şekil 5. 91 Bina güçlendirmesi



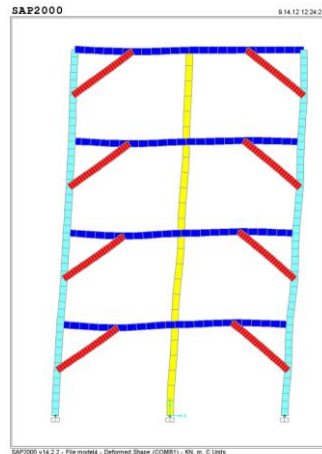
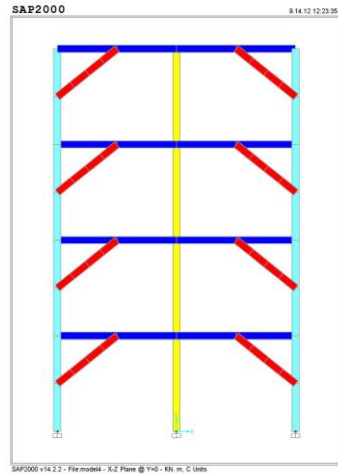
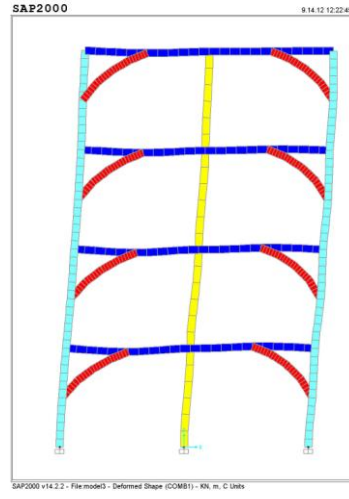
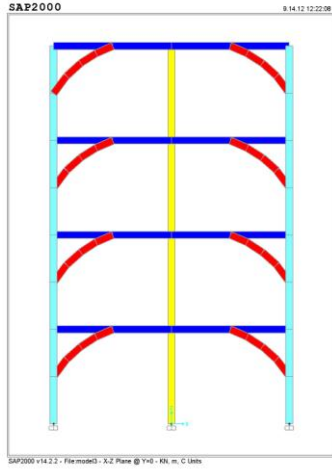
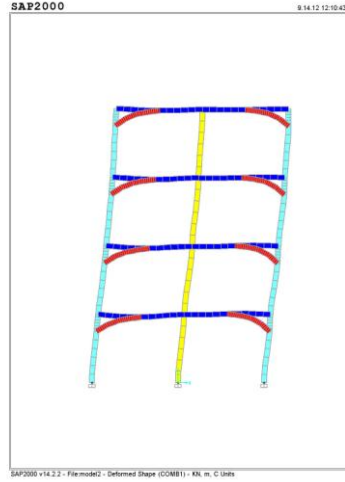
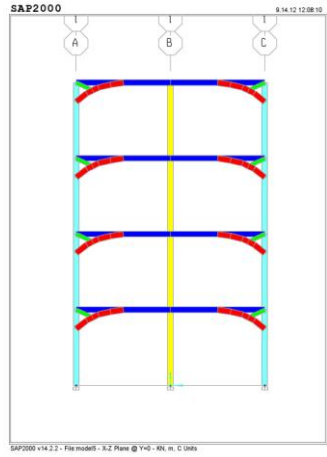
Şekil 5. 92 Bina güçlendirmesi



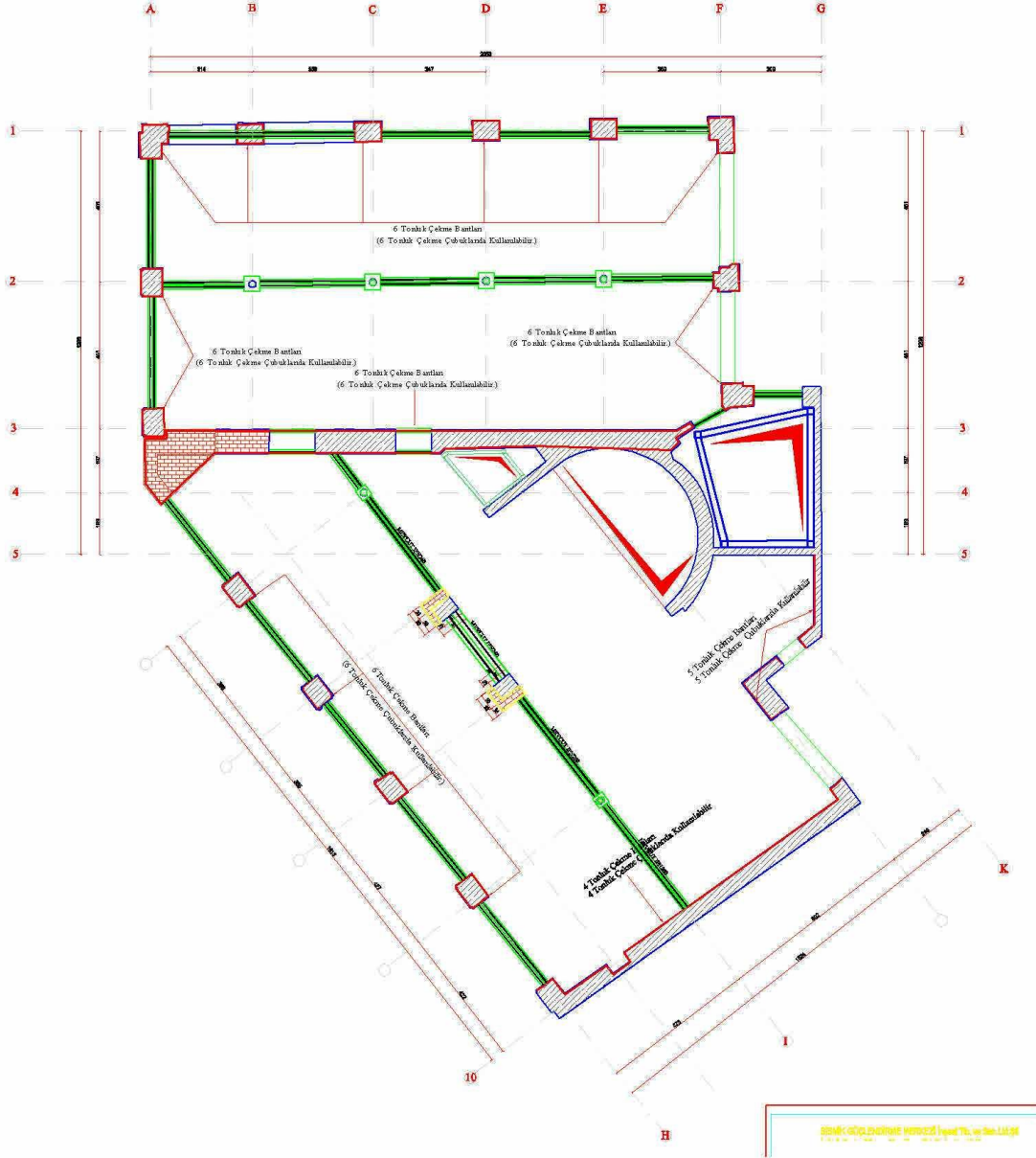
Şekil 5. 93 Bina güçlendirmesi



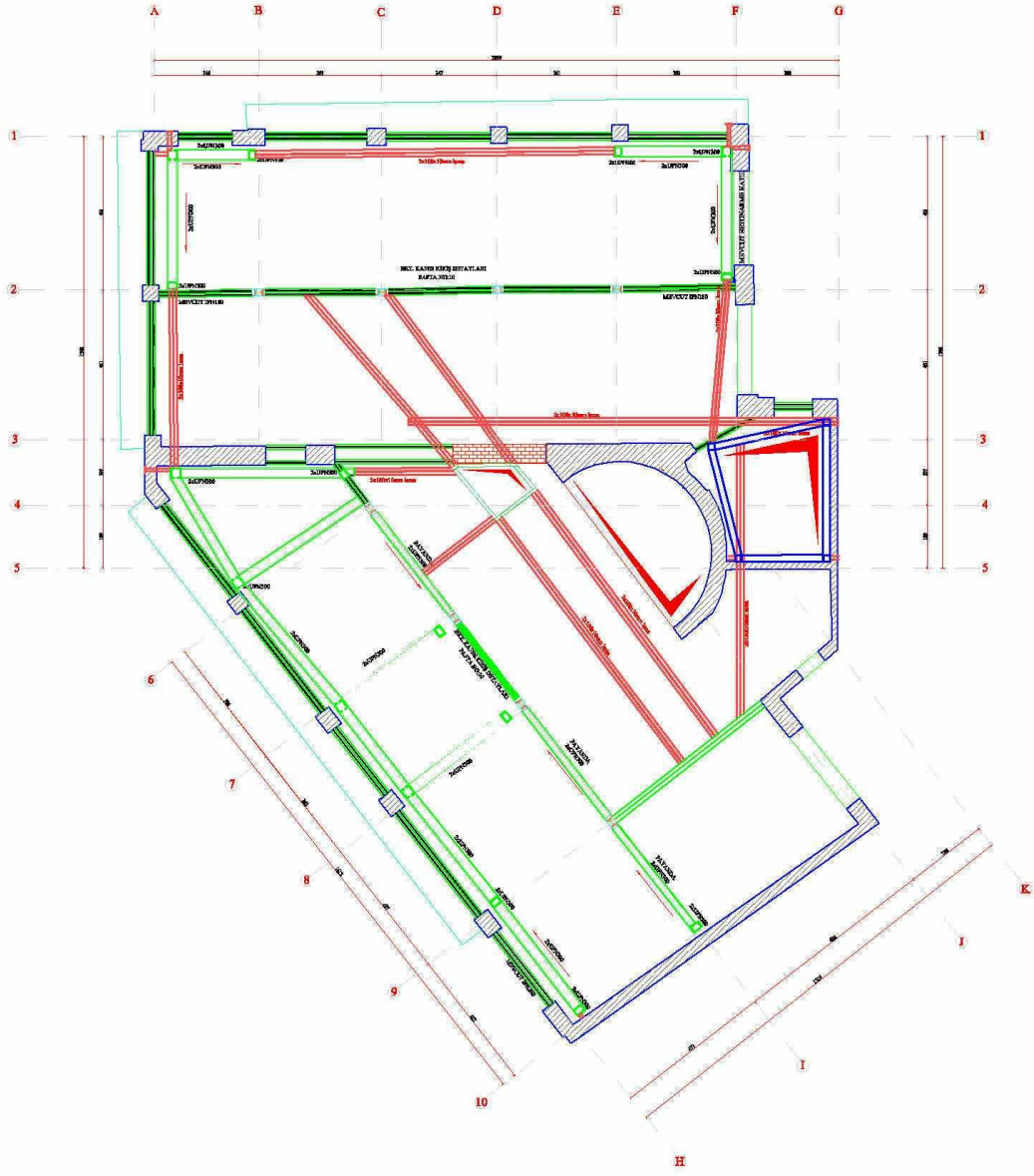
Şekil 5. 94 1., 2., 3. Deformasyonel



Şekil 5. 95 4., 5., 6. Deformasyonel

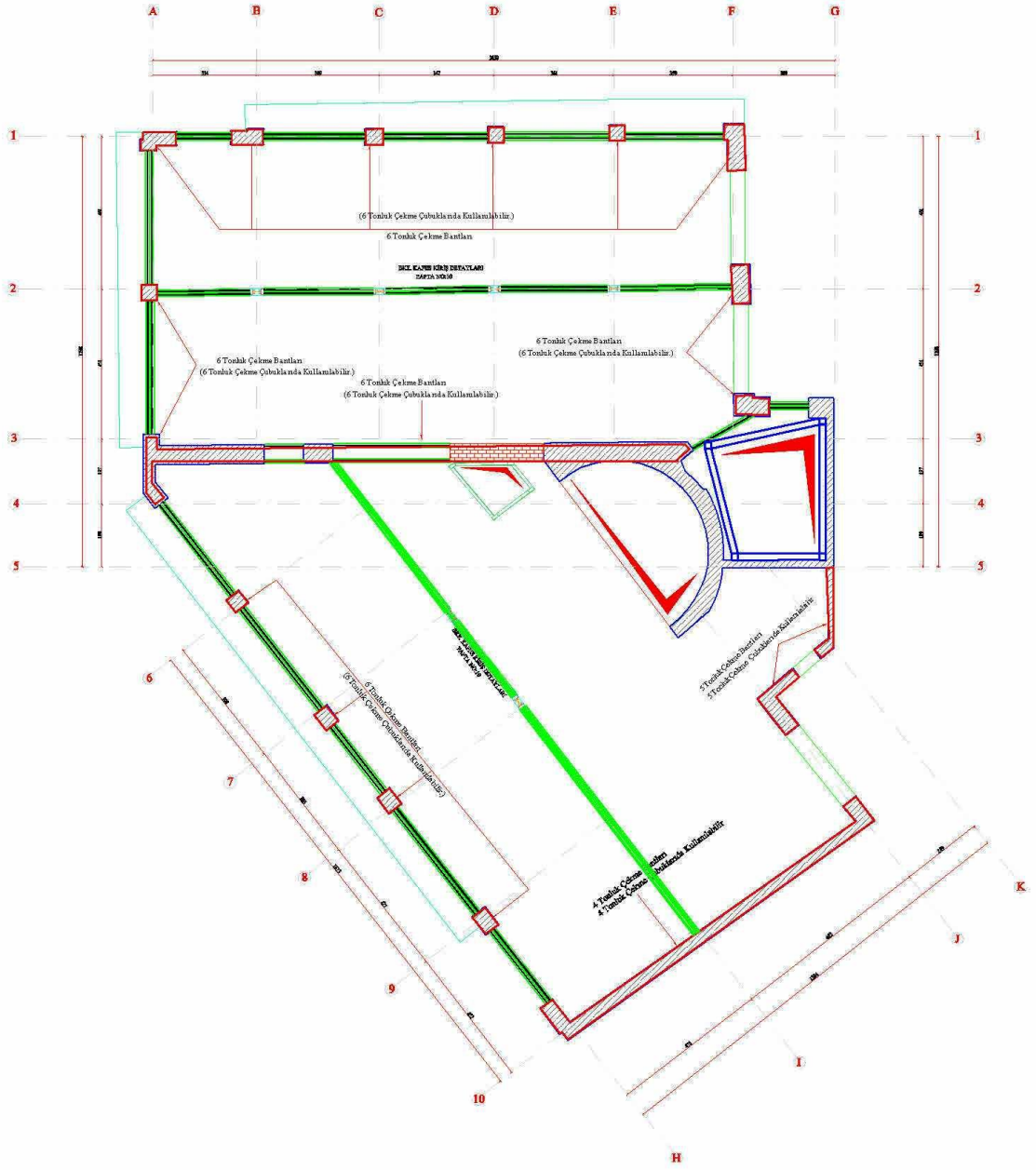


Şekil 5. 98 1. kat payanda yerleşimesi



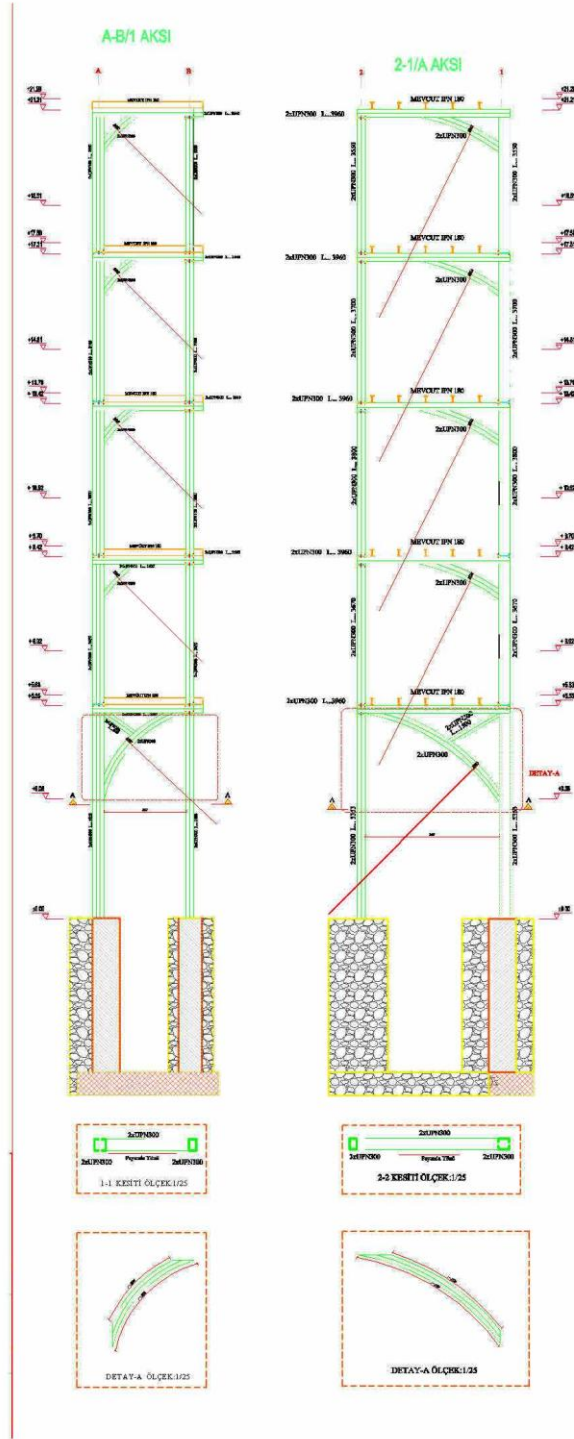
BİRİNCİ KAT TAKVİYE LAMA YERLEŞİM PLANI

Şekil 5. 99 1. kat takviye lama yerleşmesi

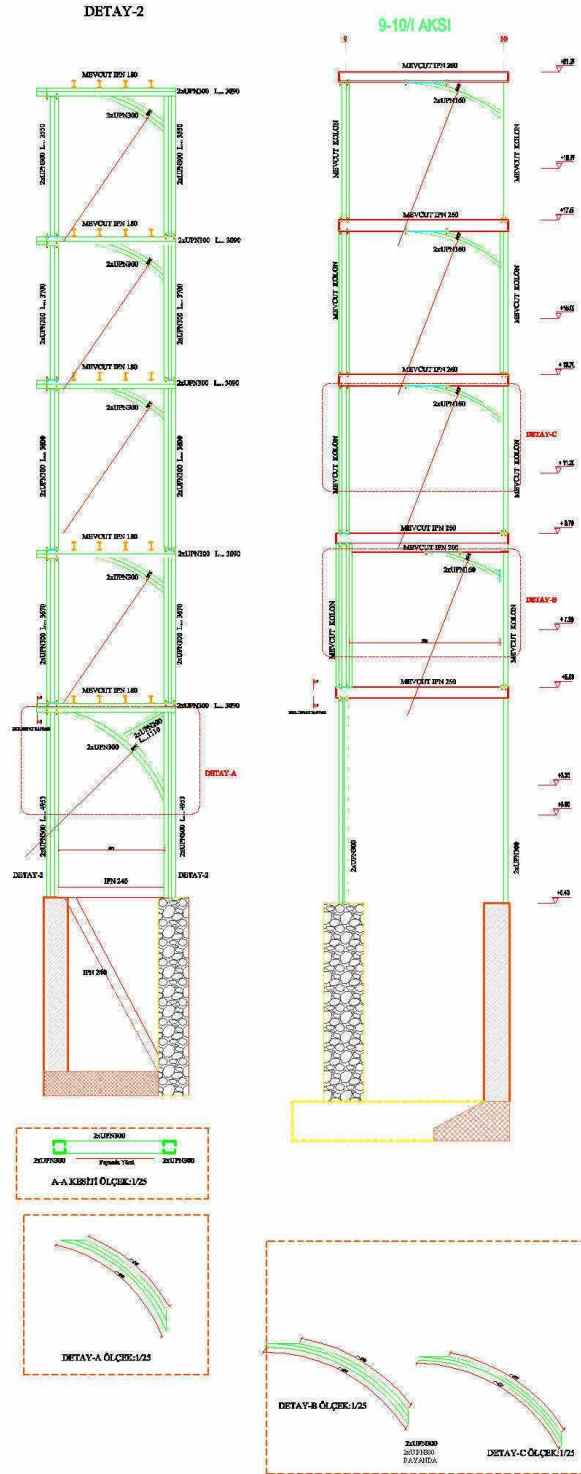


1.NORMAL KAT TAKVİYE BANT YERLEŞİM PLANI

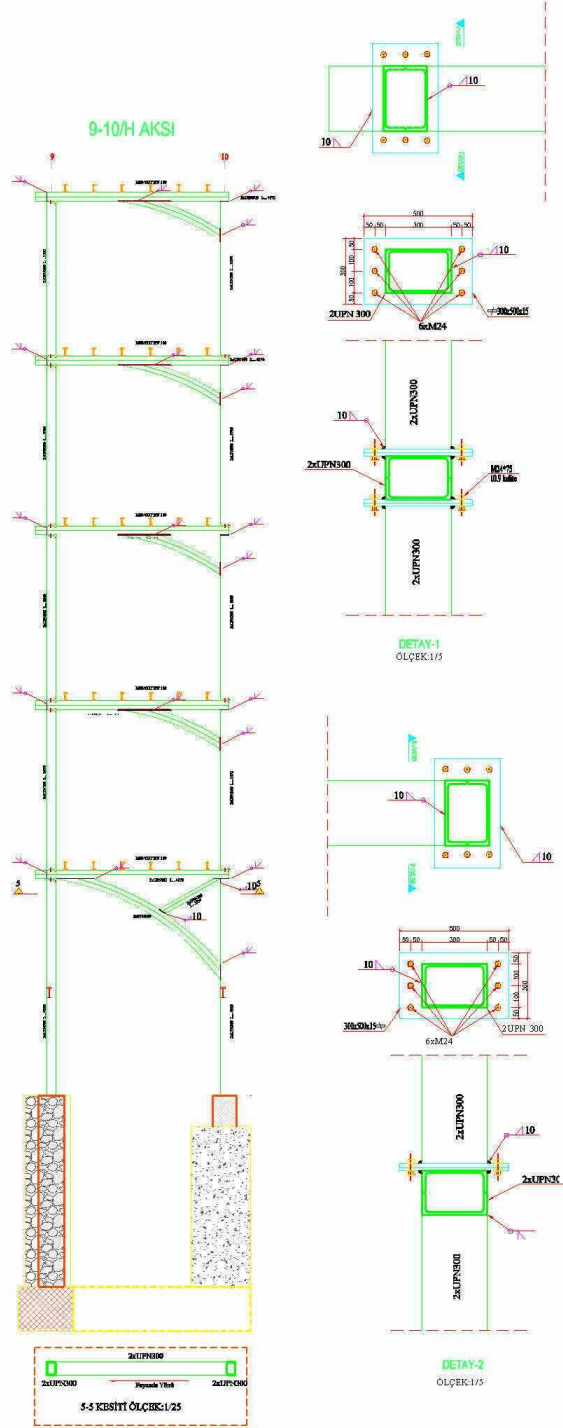
Şekil 5. 100 1. kat bant yerleşmesi



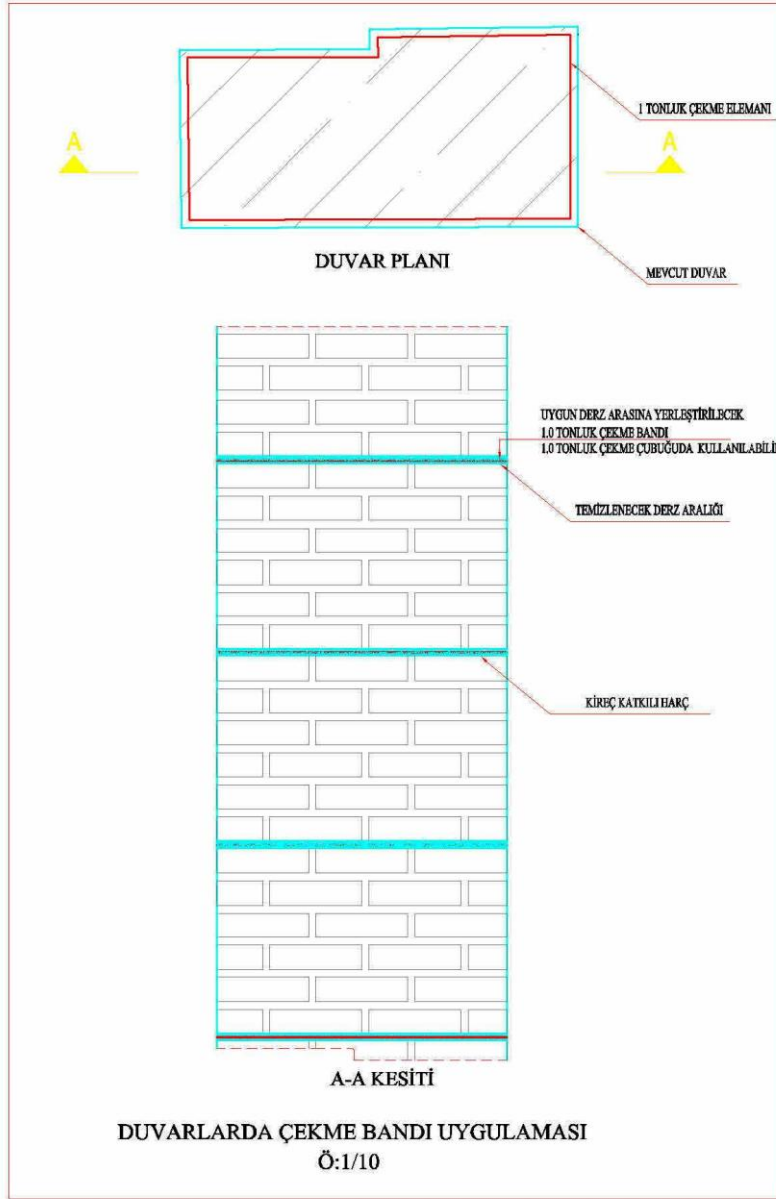
Şekil 5. 102 Güçlendirme kesit planı



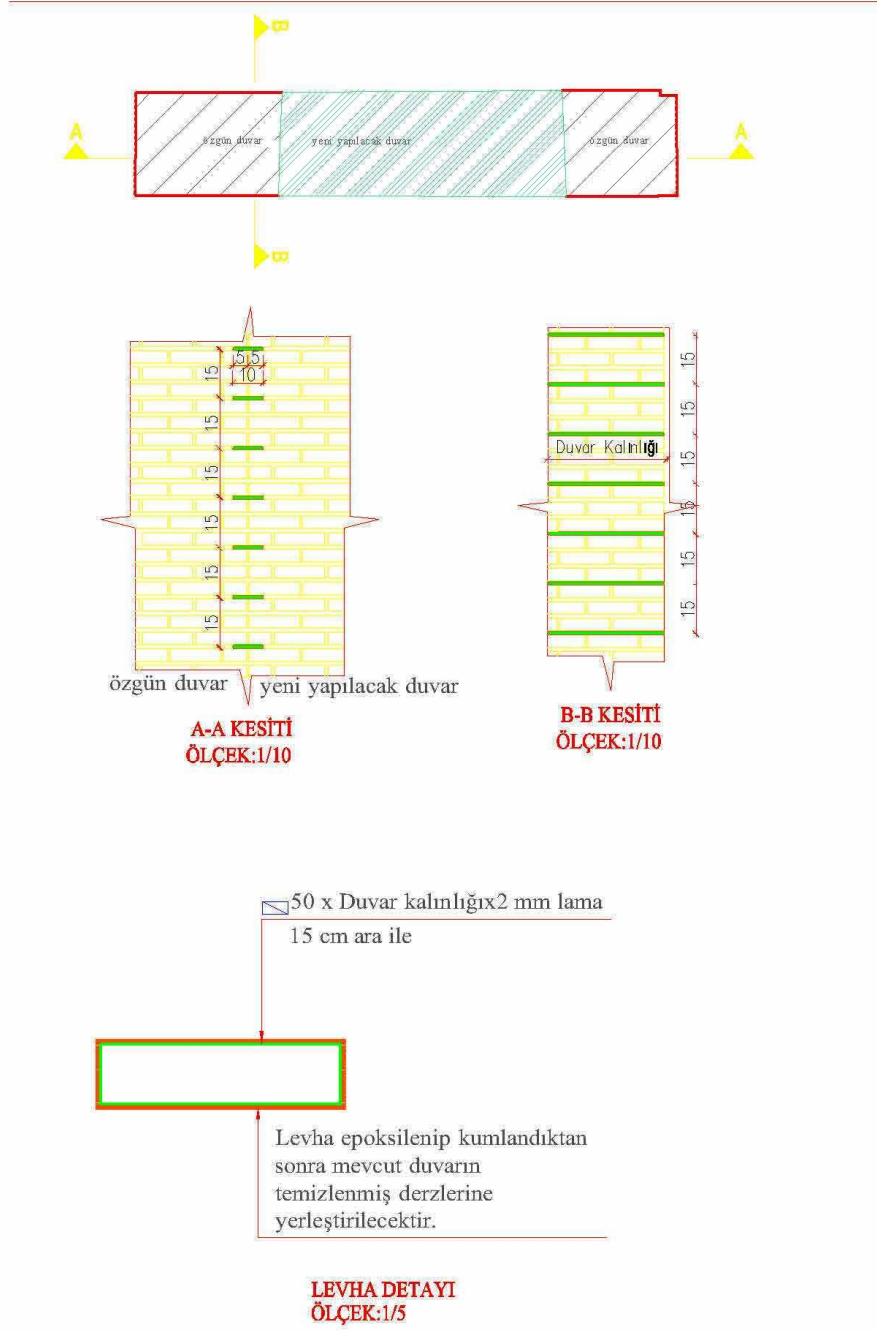
Şekil 5. 103 Güçlendirme kesit planı



Şekil 5. 104 Güçlendirme kesit planı



Şekil 5. 105 Duvarda çekme bandı uygulaması



ÖZGÜN DUVAR VE YENİ DUVARIN
BİRLEŞİM DETAYI Ö:1/10 -1/5

Şekil 5. 106 Özgün duvar ve yeni duvarın birleşim detayı

KARŞILAŞTIRMA

6. Yapının Güçlendirme Aşamaları

6.1 Genel

Geçen bölümlerde güçlendirme ile ilgili açıklama yapıldıktan sonra 3 tane örnek proje göz önüne alındı ve güçlendirme aşamaları açıklandı. Burada bu 3 projenin güçlendirme yöntemleri özet olarak karşılaştırılacaktır.

Bu karşılaştırmadan sonra bu 3 projenin arasındaki farklar açıklanır.

6.2 Kredi Han binası

Bölüm 5'teki Kredi Han binası son derece zayıf bir yığma binaydı. duvarlar büyük bölümü kaldırılmış ve bazı yerlerde tuğla duvarlar sadece 60x60 bir kolon haline gelmiş. 5-6 katlı bir bina genelde periyodu 0.5 saniye civarında olması gerek ama burada bu periyod 1.5 saniyeydi. Fazla duvar eklenemezdi çünkü kullanımı öyle gerekirdi ve izin verilmedi. (mesela hotel lobisi duvarlar olmaması gerek vs.)

Binanın içinde öyle bir çerçeve ve kiriş eklendi ki ne duvarlar ve ne kolonlara temas edildi. sadece çelik çerçevelerin kirişlerler tavandaki volta döşemelere bağlandı. bu şekilde çelik çerçeve binaya bağlanması mümkün olurdu. yeni çerçeve sistemini kolonlara veya duvarlara bağlamak onlara zarar verirdi.

Bu şekilde sanki 2 bina içiçe girmiş ve beraber davranıyordu. Güçlendirmeden sonra binanın periyodu 0.6 saniyeye indirilmiştir ve 2 yapı uyumlu bir şekilde davranıyordu. Şekillerde olduğu gibi. Şekil 5. 82, 83, 84, 85 ve 86.



Şekil 6. 1 Kredî Han binanın güçlendirmesi

Ayrıca duvarlarda bant yerleştirildi ve duvarlar yüksek olduğu için her 60 santimetrede bir bant daha yerleştirildi. Çelik çerçeve çapraz eklenmedi fakat eğri bir payanda eklendi ve bu şekilde yığma yapının feleksibilitesi çelikle uyum sağlandı.

Eğer betonarme kolon eklenseydi yığma ve betonarme arasında uyumsuzluk sağlanacaktı ve bu bir dezavantajdır çünkü depremin ilk saniyelerinde dayanabilir ama zaman geçince yığma duvarlar çatlamaya başlar. Malesef güçlendirmelerde sadece depremin ilk saniyeleri göz önüne alınır ama bu güçlendirmede depremin gidiş-dönüş vuruşları da göz önüne alındı.

Ayrıca eğer payanda yerine çapraz çelik eklenseydi binanın rijitliği yüksek olurdu ve bu da istenmez. Eğri payanda argesi yapıldı ve binaya etkisini bir çerçevede analizi ve etkisi ispatlandı ve sonra kullanıldı.

Aslında özet olarak bantlar çatlamalara karşı eklendi ve çelik kolonları yeterli duvar kesiti olmayınca eklendi. Bantlar çekmede işe yarar basınçta değil.

6.3 Fatih İlk öğretim okulu binası

Bölüm 4'teki Fatih İlk Öğretim okulu binasının güçlendirmesinde kesitler yeterli olduğu için sadece bant kullanıldı.

6.4 Çinili karakolu Binası

Bölüm 3'teki Karakolu binasının güçlendirmesinde kesitler yeterli olduğu için sadece bant kullanıldı.

6.5 Özet

Fatih ve karakolu binasında aynı yöntem kullanıldı ama kredi han binasında kesitleri kurtarmak için mecburen çelikler eklendi.

Bazen güçlendirmelerde tüm derzler sadece bant yerleştiriliyor ve bu yanlış bir yöntemdir. Tüm duvarlar bant eklenecektir. Eğer duvarda pencere olmazsa duvarın ortasında 40cm yukarı 40 Cm aşağıda bant eklenecektir ve bir pencere olursa 36 Cm pencerenin üstude eklenecektir ama 2 pencere olursa 2 pencerenin arasında da iki bant eklenecektir ve çapraz olaya karşı olacaktır. Bu örnekler 3m yüksekliği olan duvar içindir.

her 3 yığma yapıda bir tanesi farklı bir şekilde güçlendirilmesinin sebebi var.

bu yapıda çelik kullanılması da bu sebeptendir.

2 tane genelde karbon fiber bant yerleştirilerek güçlendirme yapılır.

ve diğer bir tane de eğer duvar veya kolon güçlendirilmesi yetmiyorsa aynı malzemeden olan duvardan ya kalınlaştırılır veya yeni duvar eklenir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde çok tercih edilen bir yapı türü olmasına rağmen yapı davranışı ile ilgili mühendislik açısından yeterli çalışmalar bulunmamaktadır. Aynı zamanda yığma yapıların davranışlarının belirlenmesi için yapılan hesap yöntemlerinin karmaşık, kullanılacak malzeme parametrelerinin belirsiz oluşu bilgi karmaşasına yol açmaktadır.

Donatısız yığma tarihi yapılar için aşağıdaki hususlar önerilebilir.

- 1) Tarihi yapılarda dikkate alınacak en önemli şartlardan biri binanın mimarisi ve tarihsel görünüşünü korumak ve zarar vermemektir.
- 2) Tarihi yığma yapılarda güçlendirme esnasında kullanılacak malzeme mümkün mertebe binanın imal edildiği malzemeler cinsinden olmalıdır.
- 3) Tarihi yapılarda en önemli hususlardan birisi temelin hava alabilmesidir. Bu nedenle galeri veya kuyu yapılması önerilmektedir.
- 4) Tarihi yapıların güçlendirmesinde binanın rijitliğinin göz önüne alınması önerilmektedir.
- 5) 2 boyutlu ve 3 boyutlu sonlu eleman tipiyle yapılan mikro modellemelerde elde edilen yatay yük – yatay yer değiştirme ilişkisi, yük taşıma kapasitesi açısından gerek elastik gerek plastik bölgede deneysel verilerle uyumludur. Modellemede homojenizasyon göz önüne alınarak makro yöntemim kullanılması önerilmektedir. Aksi

halde, sonlu eleman sayısı fazla olacağından hem analiz uzun sürecek hem de hata yüzdesi yükselecektir.

6) Deneyleerde duvarın alt ve üst kesimlerinde yer alan rijit plaklar ile duvarın bağlantılarının tam olarak rijit olmadığı düşünöldüğünden, iki ve üç boyutlu sonlu eleman tipleri ile oluşturulan numerik modellerde, deneysel verilerle uyumlu sonuçlar elde edilebilmesi için herhangi bir diyafram çalışması öngörölmemiştir.

7) Fiber karbon bant yönteminde gerilme analizi yapılmalıdır. Bu tez çalışmasında sıyrılma ile ilgili deney yapılamamıştır. Dolayısıyla, böyle bir deneysel çalışma işbu tezin devamı niteliğinde bir araştırma konusu olabilecek niteliktedir. Böyle bir deneysel çalışma ile bu tezde yapılan nümerik modellerin ne derece doğru sonuçlar verip vermediği ortaya çıkacaktır. Deneysel çalışma sonucunda, ya nümerik modellemede iyileştirmeler ya da yeni bir takım kabullerle yeni modellemeler ortaya konulabilecektir.

-
- [1] Maktav, N., (2003). Yeryüzü ve Deprem , Boyut Yayın Grubu, İstanbul, 9755213791.
- [2] T.C.Başbakanlık, (2012), “Depremle İlgili Teknik Bilgiler“ , T.C.Başbakanlık Afet Ve Acil Durumu Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Personel/comoglu/depremnedir/>
- [3] Karagöz, Ö., (2008). “Deprem Bilgisi“, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, http://deivil.comu.edu.tr/deprem_bilgisi/bolum_7.pdf
- [4] Bayraktar, A., (2006). Tarihi Yapıların Analitik İncelenmesi Ve Güçlendirme Metodları, Beta Yayınevi, İstanbul 9789752955875.
- [5] Baji, H., Hashemi, J. , (2007). Analysis And Design Of Structures SAP2000 User’s Manual, Beta Yayınevi, Iran 964-94223-2-3.
- [6] Kalalı, A. Ve Zaman Kabır, M., 2011 “Determination Of Linear Elastic Constant Of Unreinforced Brick Walls In In-Plane and Out-of Plane Performance Based on Homogenization and Micromechanics Approach“, 23 June 2011
- [7] Key Niya,A., (2010). Betonarme Yapı Analizi Ve Tasarımı, Jahad Daneshgahi, İsfahan University Of Technoloy , 9789646122086.
- [8] Ay, Z. Ve Çarhoğlu, A. (2012). Yığma Yapıların Yapısal Davranışının İncelemesi, Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg., (2):2, 2012, 41-53/Ordu Univ. J. Sci. Tech.,
- [9] Zienkiewicz C. Ve Taylor L., (1988). The finite element method, Publisher, Mcgraw-Hill, England.
- [10] Cook R. Ve Malkus D., Plesha M., (1989). Concepts and applications of finite element analysis Publisher, John Wiley & Sons ,Canada.
- [11] Bathe K., (1967). The finite element method Publisher, Journal of the University of Cape Town Engineering Society, 57-61.
- [12] Wilson E. ve Habibullah A., (1998), Sap 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Refence Manual, Computers and Structures, Berkeley.
- [13] Batur, N., (2006). Yığma Yapı Tasarımı Ve Analizi, Beta Yayınevi, İstanbul Üniversitesi.
- [14] Beg, D., (2006). Seismic Protection Systems, Beta Yayınevi, İstanbul Conference.
- [15] Robinson, W.H., “Seismic Isolation of Civil Buildings in New Zealand, Progress

in Structural Engineering and Materials”, (2): 328-324.

- [16] Bayraktar, A., (2011). Yığma Yapı Mühendisliğinin Gelişim Tarihi, Beta Yayınevi, İstanbul 9786053774372.
- [17] Kaya, Ç., (2010). Yığma Duvarların Elastik-Plastik Hesabi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

E-A TS500 (Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları)

E-A.1 Bu standard, Türk Standardları Enstitüsü'nün İnşaat Hazırlık Grubu'nca TS 500 (1984)'ün revizyonu olarak hazırlanmış ve TSE Teknik Kurulu'nun 22 Şubat 2000 tarihli toplantısında kabul edilerek yayımına karar verilmiştir.

E-A.2 Teknik kurul, ayrıca bu standardın mecburi yürürlüğe konulmasını uygun bularak ilgili Bakanlığa önerilmesini kabul etmiştir.

E-A.3 Bu standard, 21/03/1986 gün ve 19054 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan ilgili Bakanlık Tebliği ile mecburi yürürlükte bulunduğundan, bu yeni metne ilişkin Bakanlık Tebliği Resmi Gazete'de yayımlandıktan ve bu kararda verilen geçiş süresi son bulduktan sonra eski baskıları geçersizdir.

Bu yönetmeliğin referansı ' <http://imb.cu.edu.tr/TS500.pdf> ' sitede bulunmaktadır.

E-B TS498 (Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri)

E-B.1 Bu standard, Türk Standardları Enstitüsü'nün İnşaat Hazırlık Grubu'nca hazırlanmış ve TSE Teknik Kurulu'nun 17 Kasım 1987 tarihli toplantısında kabul edilmiştir. 18 Kasım 1997 tarihli Teknik Kurul toplantısında da tadil edilmiş ve metin içine yedirilerek yayımına karar verilmiştir.

E-B.2 Bu standardın son baskısından itibaren daha önce yayımlanmış bulunan baskıları geçersiz sayılır.

E-B.3 Tadil edilerek yapılan değişiklikler metin içerisinde dikey çizgi ile gösterilmiştir.

Bu yönetmeliğin referansı ' http://www.insaathaberleri.net/dosyalar/CA6_ts498.pdf ' sitede bulunmaktadır.

DEPREM YÖNETMENLİĞİ

E-C Deprem Yönetmeliği (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar)

E-C.1 Bu Yönetmelik hükümleri, deprem bölgelerinde yeni yapılacak binalar ile daha önce yapılmış mevcut binalara uygulanır.

E-C.2 Kullanım amacı ve/veya taşıyıcı sistemi değiştirilecek, deprem öncesi veya sonrasında performansı değerlendirilecek ve güçlendirilecek olan mevcut binalar için uygulanacak hükümler verilmiştir.

E-C.3 Bu Yönetmelik hükümleri, betonarme (yerinde dökülmüş ve öngerilmeli veya öngerilmesiz prefabrike), çelik ve yığma binalar ile bina türü yapılar için geçerlidir.

E-C.4 Ahşap bina ve bina türü yapılara uygulanacak minimum koşul ve kurallar, ilgili yönetmelik hükümleri yürürlüğe konuluncaya dek, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından saptanacak ve projeleri bu esaslara göre düzenlenecektir.

E-C.5 Binalar ve bina türü yapılar dışında, tasarımının bu yönetmelik hükümlerine göre yapılmasına izin verilen bina türü olmayan diğer yapılar.Bu bağlamda; köprüler, barajlar, kıyı ve liman yapıları, tüneller, boru hatları, enerji nakil hatları, nükleer santraller, doğal gaz depolama tesisleri gibi yapılar, tamamı yer altında bulunan yapılar

ve binalardan farklı hesap ve güvenlik esaslarına göre projelendirilen diğer yapılar bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

E-C.6 Bina taşıyıcı sistemini deprem hareketinden yalıtılmak amacıyla ile, bina taşıyıcı sistemi ile temelleri arasında özel sistem ve gereçlerle donatılan veya diğer aktif ve pasif kontrol sistemlerini içeren binalar, bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

E-C.7 Bu Yönetmeliğin kapsamı dışındaki yapılara uygulanacak koşul ve kurallar, kendi özel yönetmelikleri yapılmıca dek, ilgili Bakanlıklar tarafından çağdaş uluslararası standartlar gözönünde tutularak saptanacak ve projeleri bu esaslara göre düzenlenecektir.

Bu yönetmeliğin referansı aşağıdaki sitede bulunmaktadır.

'<http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Doc/Yonetmelik/DBYBHY-2007.pdf>'

OLUMSUZ GÖRÜŞ BİLDİRME JÜRİ ÜYESİNİN RAPORU

10510005 numaralı Ramon Yousefy Chamaky tarafından hazırlanan 'Tarihi Yiğma Yapıların Deprem Analizi ve Uygun Güçlendirme Teknikleri' adlı Yüksek Lisans Tezi Hakkındaki Görüşler:

1. Kolon-kiriş birleşimlerinde, kirişler sürekli alınmış, kolonlar ise kirişlere köşe kaynakla birleştirilen levhalara bulonlarla bağlanmıştır. Moment aktarımının sağlıklı olmayacağı açık olan birleşim için herhangi bir hesap ve doğrultma verilmemiştir.
2. Çelik sistemin çok parçalı döşeme tipi olan volta döşemeye bağlanması, duvarlar ile irtibatlandırılmaması sakıncalıdır. Etkileşim esnasında döşeme göçmesi sonucu can ve mal kaybı ve iki sistem arasındaki irtibatın ortadan kalkması gibi olumsuz bir durum ortaya çıkacaktır. Yiğma yapı ve mevcut kağıt yapının ortak çalışmasına nasıl olacağı, yapıların beraberce nasıl modellenilebileceği belli değildir. Gerekli detay çizimleri ve hesaplar mevcut değildir.
3. Tezde sunulan çok kötüdür. Türkçe çok bozuk olup mutlaka Türkçeye hakim olan kişiler tarafından baştan sona kadar okunmalı ve gerekli düzeltmeler yapılmalıdır. Tezde verilen detay çizimler okunamamaktadır.
4. Derzlerden geçirilen FRP şeritlerle yiğma yapının güçlendirilmesi yöntemi en temel mekanik olarak bakıldığında bakıldığında bile anlamsızdır. Eğilme rijitliği çok zayıf olan FRP şeritler derzler arasında yerleştirilip yapının kesme mukavemetinin artırıldığı ifade edilmektedir. Bu durum tezde verilen fakat nerede gerçekleştirildiği belli olmayan deneylerle de ortaya çıkmıştır. İkinci deneyde kullanılan FRP donatılarının taşıyıcı kapasite olmadığı, ikinci testte birinci testin sonuçları ile aynı sonuçların ortaya çıktığı belirtilmiştir. Üçüncü testte ise duvar uçlarında düşeyde uçları her iki yanına 8mm çaplı düşey donatılar yerleştirilmiş ve fiberler bu donatılara sarılmıştır. Böylece bir durumda, yukarıda da sözü edildiği gibi eğilme rijitliği olmayan FRP yerine çelik donatı kullanılması tercih edilmiştir ki kesme dayanımının artırılması yanında çok olumsuz bir davranış olan burkulma da ortaya çıkmıştır. Ayrıca, tarihi yapılar için derzler açılarak yerleştirildiği için uygun olarak sunulan bir yöntemden, tarihi yapıların köşelerinde yerleştirilmesi hemen hemen imkansız olur diye düşey çelik donatıların da kullanılması yoluna gidilmiştir. Projelendirilen ve fakat uygulamada anlamsız bulunarak hayata geçirilmeyen Fatih İlköğretim Okulu Projesi de örnek olarak verilmiştir. Fatih İlköğretim Okulu Projesinde derz aralarında sadece FRP şeritler kullanılmıştır. Tezde sunulan, nerede ve kimin tarafından yapıldığı belli olmayan deneyden de anlaşıldığı gibi, bu uygulama tümüyle anlamsızdır ve yiğma yapılarda uygun güçlendirme yöntemi olarak verilmesi son derece yanlışır.
5. Tarihi kağıt yapılarda alan ve hacimlere ihtiyaç olup tezde verildiği gibi çizgisel ve noktasal yüklemeler ortaya çıkaracak yollar son derece zararı ve anlamsızdır. Tezde verilen kaynaklardan, biri de SGM firması sahibinin yazdığı, yani bu yöntemin

T.K.

doğruluğunu iddia eden ticari firmanın sahibinin kaleme aldığı kitap dışındaki hiçbir yayının yöntemin doğruluğunu desteklemede kullanılmadığı görülmüştür. Derz analarına FRP şeritlerin yerleştirilmesiyle yapılan güçlendirme bilimsel temeli olmayan, en temel mekanik bilgisinden bile yanhş olduğu çıkarılabilecek, son derece anlamsız bir yoldur.

6. Tezin sadece ticari bir firmamı yaptığı ve bilimsel çalışmalara dayanmayan proje ve uygulamaları içermesi ve bunların doğruluğunu peşinen kabullenerek hiçbir inceleme yapılmaması en büyük eksikliğidir.

Tez mevcut haliyle kabul edilemez. Ancak güçlendirmede kullanılan çeşitli yöntemlerin incelenmesi ve tezde kim tarafından yapıldığı belli olmayan deneylerden de görüldüğü gibi uygun bir yöntem olmayan FRP şeritler kullanımının sakıncalı olduğunun idelenerek belirtilmesi, moment iletmeyen ve volta döşeme kirişlerine bağlanan çelik güçlendirme tekniğinin hatalı olduğunun belirtilmesi, tarihi yapılarda noktasal ve çizgisel zorlamalardan kaçınılması gerektiğinin vurgulanması, tezin Türkçesinin baştan sona gözden geçirilerek düzeltilmesi halinde tez çalışması yeniden sunulmaya değer hale gelebilir.



Prof. Dr. Tugut KOCATÜRK

Mekanik Anabilim Dalı

Öğretim Üyesi

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı/Soyadı : Ramon YOUSEFY CHAMAKY
Doğum Tarihi ve Yeri : 19.12.1979 – Iran (Tahran)
Yabancı Diller : Türkçe, Süryanice, İngilizce, Farsça
E-posta : ramon2001ir@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	İnşaat/Yapı Mekaniği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2014
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2009
Lise	Fizik Ve Matematik	Talaş Lisesi	1999

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görev
2012-2014	İstanbul Adalet Sarayı	Tercüman
2010-2014	İstanbul	GRE, ALES, YÖS Öğretmeni
2009-2014	İnşaat Firmasında	Mühendis
2006-2007	CARİTAS	Öğretmen
2000-2009	Tahran Katolik Kilisesi	Plan Çizme Ve Röleve

HOBİLER

Yıl	Hobi
1986-2014	Piyano
2000-2014	Piskoloji
2000-2014	İran Pulları Uzmanı Ve Koleksiyoncu