

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BİR TRAFO YAPISININ DEPREM PERFORMANSI VE BU
PERFORMANSIN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK MÜDAHALELERİN
İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cansev BAYDAR YILMAZ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BİR TRAFO YAPISININ DEPREM PERFORMANSI VE BU
PERFORMANSIN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK MÜDAHALELERİN
İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Cansev BAYDAR YILMAZ
(501101012)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Alper İLKİ

HAZİRAN 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101012 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Cansev BAYDAR YILMAZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“MEVCUT BİR TRAFO YAPISININ DEPREM PERFORMANSI VE BU PERFORMANSIN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK MÜDAHALELERİN İRDELENMESİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Alper İLKİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kutlu DARILMAZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa ZORBOZAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **4 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **10 Haziran 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında kendisinden almış olduğum dersler sayesinde bana bir mühendislik bakış açısı kazandıran, tez çalışmam süresince bana değerli vaktini ayıran ve her konuda yardımını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Alper İlki' ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul Teknik Üniversitesi'nde geçirmiş olduğum altı sene boyunca üzerimde emekleri olan tüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam esnasında desteklerini esirgemeyen Tekfen Mühendislik' teki müdürlerime teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Hayatım boyunca yanımda olan anneme, babama ve kardeşime bana verdikleri sevgi ve yaşama sevinci için minnettarım.

Gerek tez sürecinde gerekse hayatımın her anında bana olan sonsuz desteği ve sevgisi için değerli eşim Burak' a minnettarım. Çalışmalarım boyunca bana gösterdiği sabır ve anlayış sayesinde bu çalışma huzur ve keyifle tamamlanmış oldu.

Haziran 2015

Cansev Baydar Yılmaz

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	1
1.2 Literatür Özeti	3
1.2.1 Binaların deprem performansının değerlendirilmesi	3
1.2.1.1 Binalardan bilgi toplanması	3
1.2.1.2 Yapı elemanlarının hasar sınırları ve hasar bölgeleri.....	4
1.2.1.3 Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar	4
1.2.1.4 Doğrusal elastik hesap yöntemleri	6
1.2.1.5 Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri	9
1.2.1.6 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi	10
1.2.1.7 Bina deprem performansının belirlenmesi	15
1.2.1.8 Binalar için hedeflenen performans düzeyleri	15
1.2.2 Dolgu duvarların modellenmesi.....	16
1.2.2.1 Eşdeğer basınç çubuğu genişliği	16
1.2.2.2 Kısmi dolgu duvarlı çerçeve durumu	18
1.2.2.3 Boşluklu dolgu duvarlı çerçeve durumu	18
1.2.2.4 Eşdeğer basınç çubuğunun yük-yerdeğiştirme ilişkisi.....	18
1.2.3 Lifli polimer ile güçlendirme	21
1.2.3.1 Lifli polimer malzeme ile kolonların sargılanması	21
1.2.3.2 Kolonların kesme dayanımının arttırılması.....	21
1.2.3.3 Kolonların eksenel basınç dayanımının arttırılması.....	22
1.2.3.4 Kolonların sünekliğinin arttırılması	24
2. İNCELENEN YAPININ MEVCUT DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ	25
2.1 Yapının Geometrik ve Malzeme Özellikleri	25
2.2 Zemin Parametreleri, Depremsellik ve Tasarım Spektrumu	28
2.3 Yapının Modal Analizi	30
2.4 Yapının Dolgu Duvarlar İhmal Edilerek Performans Değerlendirmesi.....	32
2.4.1 Doğrusal yöntemle performans değerlendirilmesi	32
2.4.1.1 Kolonların tahkiki	33
2.4.1.2 Kirişlerin tahkiki	38
2.4.1.3 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü	41

2.4.2 Doğrusal olmayan yöntemle performans değerlendirmesi.....	41
2.5 Yapının Dolgu Duvarlar Dikkate Alınarak Performans Değerlendirmesi	51
2.5.1 Dolgu duvarların modellenmesi	51
2.5.2 Doğrusal yöntemle performans değerlendirmesi	55
2.5.2.1 Kolonların tahkiki	57
2.5.2.2 Kirişlerin tahkiki	63
2.5.2.3 Görelî kat ötelemelerinin kontrolü	65
2.5.3 Doğrusal olmayan yöntemle performans değerlendirmesi.....	66
2.6 Duvarlı ve Duvarsız Yapı Modelinin Karşılaştırılması.....	72
3. İNCELENEN YAPININ GÜÇLENDİRİLMESİ	75
3.1 Kolonların Güçlendirilmesi	75
3.2 Güçlendirilmiş Yapının Performans Değerlendirmesi	77
3.2.1 Doğrusal yöntemle yapının performansının değerlendirilmesi.....	77
3.2.1.1 Kirişlerin tahkiki	79
3.2.1.2 Görelî kat ötelemelerinin kontrolü	81
3.2.2 Doğrusal olmayan yöntemle performans değerlendirmesi.....	81
4. SONUÇLAR	87
KAYNAKLAR.....	91
EKLER.....	95

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
MN	: Minimum Hasar Sınırı
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
GB	: Göçme Bölgesi
GV	: Güvenlik Sınırı
GÇ	: Göçme Sınırı
HK	: Hemen Kullanım
CG	: Can Güvenliği
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi
SAP 2000	: Integrated Software for Structural Analysis and Design
TS-500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
XTRACT	: Cross-sectional X Structural Analysis of Components

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	4
Çizelge 1.2 : Betonarme kirişlerde hasar sınırını tanımlayan etki/kapasite oranları... 8	8
Çizelge 1.3 : Betonarme kolonlarda hasar sınırını tanımlayan etki/kapasite oranları. 8	8
Çizelge 1.4 : Betonarme perdelerde hasar sınırını tanımlayan etki/kapasite oranları. 8	8
Çizelge 1.5 : Göreli kat ötelemesi kontrolü.....	9
Çizelge 1.6 : Performans şartları.	15
Çizelge 1.7 : Bina için hedeflenen çok seviyeli performans düzeyleri.....	16
Çizelge 1.8 : İtme analizi için yük-yerdeğiştirme ilişkileri (FEMA 273, 1997).....	20
Çizelge 1.9 : Karbon lifli polimer sargının mekanik özellikleri (SİKA, 2009).....	21
Çizelge 2.1 : Bina modlarının periyotları ve etkin kütle oranları.....	32
Çizelge 2.2 : Kesit tesirleri (tasarım depremi).....	34
Çizelge 2.3 : Kesit kapasiteleri (no-1-i tasarım depremi).....	35
Çizelge 2.4 : Kesit kapasiteleri (no-1-j tasarım depremi).....	35
Çizelge 2.5 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-i Tasarım Depremi).....	37
Çizelge 2.6 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-j Tasarım Depremi).....	37
Çizelge 2.7 : Etki/kapasite oranları (no-1-i, tasarım depremi).	38
Çizelge 2.8 : Betonarme kiriş plastik moment kapasiteleri.....	39
Çizelge 2.9 : Betonarme kirişler için kesme kontrolü (tasarım depremi).....	40
Çizelge 2.10 : Kolonların göreli kat öteleme oranları.	41
Çizelge 2.11 : Kolon eğrilik değerleri (tasarım depremi).....	45
Çizelge 2.12 : Tasarım depremi kesit minimum hasar sınırı (MN).....	46
Çizelge 2.13 : Tasarım depremi kesit güvenlik sınırı (GV).....	46
Çizelge 2.14 : Tasarım depremi kesit göçme sınırı (GÇ).	47
Çizelge 2.15 : Kolon eğrilik değerleri (en büyük deprem).....	47
Çizelge 2.16 : En büyük deprem kesit minimum hasar sınırı (MN).....	48
Çizelge 2.17 : En büyük deprem kesit güvenlik sınırı (GV).	48
Çizelge 2.18 : En büyük deprem kesit göçme sınırı (GÇ).....	49
Çizelge 2.19 : En büyük deprem kolon-kiriş bölgesi kesme güvenliği kontrolü.....	50
Çizelge 2.20 : En büyük deprem kolon kesme güvenliği kontrolü.....	51
Çizelge 2.21 : Dolgu duvar kuvvet-yerdeğiştirme ilişkileri.	52
Çizelge 2.22 : Bina modlarının periyotları ve etkin kütle oranları.....	55
Çizelge 2.23 : Kesit tesirleri (tasarım depremi, duvarlı durum).....	58
Çizelge 2.24 : Kesit kapasiteleri (no-1-i tasarım depremi).....	59
Çizelge 2.25 : Kesit kapasiteleri (no-1-i tasarım depremi).....	59
Çizelge 2.26 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-i tasarım depremi).....	61
Çizelge 2.27 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-i tasarım depremi).....	61
Çizelge 2.28 : Etki/kapasite oranları (kolon no-1-i tasarım depremi).	62
Çizelge 2.29 : Betonarme kiriş plastik moment kapasiteleri.....	64
Çizelge 2.30 : Betonarme kirişler için kesme kontrolü (tasarım depremi).....	65
Çizelge 2.31 : Kolonların göreli kat öteleme oranları.	66

Çizelge 2.32 : En büyük depremde kolon-kiriş bölgesi kesme güvenliği kontrolü...	70
Çizelge 2.33 : Betonarme kirişler için kesme kontrolü.	71
Çizelge 2.34 : X ve Y doğrultuları kolon kesme güvenliği kontrolü.....	72
Çizelge 3.1 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-i tasarım depremi).....	77
Çizelge 3.2 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-j tasarım depremi).....	77
Çizelge 3.3 : Etki/kapasite oranları (kolon no-1-i tasarım depremi).	78
Çizelge 3.4 : Betonarme kiriş plastik moment kapasitleri.	80
Çizelge 3.5 : Betonarme kirişler için kesme kontrolü (tasarım depremi).....	81
Çizelge 3.6 : En büyük depremde kolon-kiriş bölgesi kesme güvenliği kontrolü.....	84
Çizelge 3.7 : X ve Y doğrultuları kolon kesme güvenliği kontrolü.....	84
Çizelge 3.8 : Betonarme kirişler için kesme kontrolü.	85

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Kesit hasar bölgeleri.....	4
Şekil 1.2 : Modal kapasite diyagramı-1.....	14
Şekil 1.3 : Eşdeğer basınç çubuğu geometrisi (Al Chaar, 2002).	17
Şekil 1.4 : Kısmi dolgu duvarlı çerçeve (Al Chaar, 2002).	18
Şekil 1.5 : Boşluklu dolgu duvarlı çerçeve (Al Chaar, 2002).	19
Şekil 1.6 : Dolgu duvarda kesme güç tükenmesi (Al Chaar, 2002).	19
Şekil 1.7 : Yük-yerdeğiştirme ilişkisi (Al Chaar, 2002).	20
Şekil 1.8 : Yük-yerdeğiştirme ilişkisi (FEMA 273).	20
Şekil 1.9 : Şekil 7E.1 (DBYBHY, 2007).	22
Şekil 1.10 : Şekil 7E.2 (DBYBHY, 2007).	23
Şekil 2.1 : +4.65m kotu kalıp planı.	25
Şekil 2.2 : Bina görünüş-1.	26
Şekil 2.3 : Bina görünüş-2.	26
Şekil 2.4 : Mevcut projenin mimari planı.	27
Şekil 2.5 : Mevcut proje kesit A-A.	28
Şekil 2.6 : Mevcut proje kesit B-B.	28
Şekil 2.7 : Tasarım depremi için spektral ivme katsayıları.	29
Şekil 2.8 : En büyük deprem için spektral ivme katsayıları.	29
Şekil 2.9 : Dolgu duvarların ihmal edildiği bilgisayar modeli.	31
Şekil 2.10 : Dolgu duvarların dikkate alındığı bilgisayar modeli.	31
Şekil 2.11 : Moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı (kolon no-1- i).	36
Şekil 2.12 : Moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı (kolon no-1- j).	36
Şekil 2.13 : X doğrultusundaki tasarım depreminde plastikleşen kesitler.	43
Şekil 2.14 : Y doğrultusundaki tasarım depreminde plastikleşen kesitler.	44
Şekil 2.15 : Kolon (frame) numaraları.	44
Şekil 2.16 : Yapı duvar planı ve duvarların modeldeki numaraları.	52
Şekil 2.17 : Yapı duvar görünüşleri-1.	53
Şekil 2.18 : Yapı duvar görünüşleri-2.	54
Şekil 2.19 : Eşdeğer basınç çubuklarının kuvvet-yerdeğiştirme ilişkileri.	55
Şekil 2.20 : Moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı (kolon no-1-i).	60
Şekil 2.21 : Moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı (kolon no-1-j).	60
Şekil 2.22 : X doğrultusundaki tasarım depreminde plastikleşen kesitler.	67
Şekil 2.23 : Y doğrultusundaki tasarım depreminde plastikleşen kesitler.	68
Şekil 2.24 : X doğrultusundaki tasarım depreminde kolon kesit hasarları.	68
Şekil 2.25 : X doğrultusundaki en büyük depremde kolon kesit hasarları.	69
Şekil 2.26 : Y doğrultusundaki tasarım depreminde kolon kesit hasarları.	69
Şekil 2.27 : Y doğrultusundaki en büyük depremde kolon kesit hasarları.	70
Şekil 2.28 : Yapının kuvvet-yerdeğiştirme eğrisi.	73
Şekil 3.1 : Kolonların güçlendirilmesi.	75
Şekil 3.2 : X doğrultusundaki tasarım depreminde kolon kesit hasarları.	82

Şekil 3.3 : X doğrultusundaki en büyük depremde kolon kesit hasarları.	82
Şekil 3.4 : Y doğrultusundaki tasarım depreminde kolon kesit hasarları.	83
Şekil 3.5 : Y doğrultusundaki en büyük depremde kolon kesit hasarları.	83

SEMBOL LİSTESİ

A_c	: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
b	: Pekleşme oranı
b_w	: Kiriş gövde genişliği
c	: Tarafsız eksen derinliği
d	: Kesit faydalı yüksekliği
E_c	: Gerilme-şekildeğiştirme eğrisinin başlangıç noktasındaki eğimi
E_f	: Lifli polimerin elastisite modülü
f_c	: Betonun silindir basınç dayanımı
f_{cc}	: Lifli polimerle sargılanmış betonun basınç dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton basınç dayanımı
f_{yh}	: Sargı donatısının akma gerilmesi
f_{yh}	: Mevcut donatı çeliği akma dayanımı
f_{su}	: Donatı çeliğinin çekme dayanımı
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma gerilmesi
f_1	: Lifli polimerin sağladığı yanal basınç
h'	: Betonun sargılama donatıları arasında kalan bölgesinin genişliği
I	: Bina önem katsayısı
l_p	: Plastik mafsallık boyu
N_d	: Düşey yük ve deprem etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
n_f	: Tek yüzdeki lifli polimer tabaka sayısı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
r	: Etki/kapasite oranı
r_c	: Köşelerde yapılan yuvarlatma yarıçapı
$S_e(T)$	: Elastik tepki spektrumu ordinatı
s_f	: Lifli polimer şeritlerin eksenden eksene aralığı
s_h	: Sargılama donatılarının merkezden merkeze mesafesi
T	: Yapının birinci mod periyodu
T_B	: DBYBHY'e göre tasarım spektrumu plato bölgesinin üst sınırına denk gelen periyot
T_ϕ	: Çatlamış kesit rijitliğine karşı gelen periyot
t_f	: Bir tabaka lifli polimer için etkili kalınlık
V_c	: Kesme kuvveti dayanımına betonun katkısı
V_f	: Lifli polimerin kesme kuvveti dayanımına katkısı
V_{max}	: Asal basınç gerilmelerini sınırlamak için tanımlanan kesme kuvveti
V_r	: Kolon veya kirişin kesme dayanımı
V_s	: Kesme kuvveti dayanımına enine donatının katkısı
w_f	: Lifli polimer şeridinin genişliği
δ/h	: Göreli yerdeğiştirme oranı
ϵ_c	: Betondaki birim şekildeğiştirme
ϵ_{cc}	: Sargılanmış beton basınç dayanımına karşı gelen birim kısalma

ϵ_f	: Lifli polimerin etkin birim uzama limiti
ϵ_{fu}	: Lifli polimerin kopma birim uzaması
ϵ_s	: Donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme
κ_a	: Kesit şekil etkinlik katsayısı
ϕ	: Donatı çapı
ρ_s	: Sargılama donatısı hacimsel oranı
ρ_{sh}	: Perde yatay gövde donatısı alanının perde gövde düşey kesit alanına oranı
σ_c	: Betondaki gerilme
σ_s	: Donatı çeliğindeki gerilme

MEVCUT BİR TRAFİKO YAPISININ DEPREM PERFORMANSININ VE BU PERFORMANSIN GELİŞTİRİLMESİNE YÖNELİK MÜDAHALELERİN İRDELENMESİ

ÖZET

Bu tez çalışmasında 1989 yılında projelendirilen, endüstriyel bir tesise ait *trafo binasının* mevcut durumu ve projeleri incelenmiş, kuvvet ve şekildeğiştirme esaslı değerlendirmesi (duvarlar dikkate alınarak ve duvarlar dikkate alınmadan) yapılarak yapının nasıl bir deprem performansı sergilediği belirlenmiştir.

Dört bölümden oluşan bu çalışmanın birinci bölümünde, konuya giriş yapılmış ve binaların deprem performansının değerlendirilmesi konusunun ne amaçla ortaya çıktığı açıklanarak deprem performansı değerlendirmesiyle ilgili literatür özetine yer verilmiştir.

İkinci bölümde, 2007 deprem yönetmeliğinde tanımlanmış olan iki farklı yöntemle göre mevcut yapının performans düzeyleri belirlenmiştir. Kullanılan yöntemlerden “eşdeğer deprem yükü yöntemi ile doğrusal elastik değerlendirme yaklaşımı” kuvvet esaslı bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda, dikkate alınan taban kesme kuvvetinin katlara dağıtılması ile yapısal elemanlardaki kesit tesirleri elde edilir. Bu kesit tesirleri ve eleman kapasiteleri dikkate alınarak yapısal elemanların performansları belirlenir. Tez kapsamında kullanılan diğer bir yöntem ise “artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile doğrusal elastik olmayan değerlendirme yaklaşımı”dır ve bu yöntem yerdeğiştirme esaslı bir yaklaşımdır. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi şekildeğiştirme esaslı bir yöntem olduğu için yapısal elemanların performansları şekildeğiştirme kapasiteleri dikkate alınarak bulunur.

Üçüncü bölümde, yapının mevcut performansının geliştirilmesine yönelik müdahaleler irdeelenmiştir.

Dördüncü bölümde, yapının performans değerlendirmesinde kullanılan methodların ve yapı performansının geliştirilmesine yönelik müdahalelerin sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Mevcut trafo yapısının malzeme özellikleri, donatı çapı ve yerleşimleri EK A’ da verilmiştir. EK B’ de ise yapı analizinde kullanılan yüklemeler belirtilmiş, son olarak EK C’ de eşdeğer deprem yükü yöntemi ile doğrusal elastik değerlendirme yaklaşımı sonuçları (duvarlı, duvarsız ve kolonları CFRP ile güçlendirilmiş) her bir eleman için detaylı olarak verilmiştir.

EVALUATION OF SEISMIC PERFORMANCE AND REHABILITATION METHODS FOR AN EXISTING SUBSTATION STRUCTURE

SUMMARY

In this thesis, earthquake performance of an existing substation structure which was designed in 1989 is investigated through displacement and force-based assessment procedures.

Destructive earthquakes cause loss of life and property especially in the high population and industrial zones. Besides these losses, many industrial plants became unserviceable and national economy was damaged.

Seismic Code of Turkey (2007) is one of the codes which state the design requirements for buildings to be built in disaster areas and also the assessment requirements for existing buildings in disaster areas. As expected, it is not an easy task to give compatible methods applicable for buildings to be designed and for buildings to be assessed. The methods in the Code take into account directly or indirectly non-linear behavior of the structure, when the seismic effects are considered. However, the non-linear behavior of a structure can be considered in various ways, as it is the case in the seismic codes. The adoption of a seismic load reduction factor is one of them. On the other hand the use of the principles of the capacity design is another way of taking into account the non-linear capacity of the structural elements.

The use of the seismic load reduction factor is easy to apply and probably for this reason it is adopted widely by the large number of seismic codes. In a common application of the seismic force reduction factor it is applied to all elements of the structures disregarding the ductility degree of the individual elements. This type of the application of the seismic force reduction factor can be found in the Turkish Seismic Code for buildings to be designed as well. This application can be found in the equivalent static load method, the multi mode method and the time domain analysis method stated by the Code. However, the Code requires that the nonlinear behavior of the existing structures should be considered by a parameter which may be regarded as a load reduction factor which depends on the type of the elements as well as on the type and degree of the internal force. In fact this is much more realistic approach that the application of the global force reduction factor to all structural elements, provided that the information level of the element of the structure is high. In the Code there is an alternative method as well, where the nonlinear behavior of the structures is taken into account by using the plastic hinge hypothesis under the assumption that enough information exists for the structural elements for defining the characteristics of the hinge. In this case single or multi mode pushover analysis is applied for evaluating the lateral load capacity of the structure beyond the elastic range.

Structural engineering experts and other authorities concur on the opinion that the seismic performance assessment of constructed facilities is an important subject. The aim of the performance based evaluation is generally to predict the damage (inelastic deformations) of the structure under expected earthquakes and to determine whether the structural system has enough ductility to support those inelastic deformations and whether those inelastic deformations are acceptable by the owner of the building. For the performance based evaluation, various approaches are developed which can be considered in two groups. First one is the linear methods. Engineers are familiar to the linear methods and they use them in everyday engineering design practice. Second one is the nonlinear methods which are more realistic than the linear ones to simulate the behavior of structures under earthquake. Non-linear methods can be also categorized as Nonlinear Static Procedure and Nonlinear Dynamic Procedure based on the time dependence of the procedure.

Nonlinear Static Procedure (NSP) so called pushover analysis has a widespread use in practice. The main effort of the performance evaluation in NSP is to obtain the seismic capacity curve and the target displacement of the structural system under considered earthquake. The capacity curve of a structural system is obtained from a nonlinear model which includes force-deformation relations of the cross-sections, i.e., bending moment-rotation relations. Pushover analysis is applied by adopting a lateral load pattern compatible to the first mode shape. The capacity curve of the system represents a non-linear relationship between the lateral load and the top displacement and shows the weak and the strong points of the system. The displacement demand of the SDOF system is determined by using the effective period, the relevant spectrum and the displacement modification factors. The seismic deformation demands of the structural components are determined due to the performance point of the structure. Deformation demands are checked as if they can be compensated by the existing capacity of the section.

At the first section of the thesis, the topic is introduced and a summary of literature is presented.

In the second section, seismic performance levels of the examined substation structure are determined according to two different methods which are available in “Specification for Buildings to be Built in Earthquake Regions” put into force in 2007. Equivalent seismic load method with linear elastic evaluation approach is a force-based approach. This force-based method takes into account the ductile behavior of the structure indirectly through the seismic load reduction factors and capacity design principles. In accordance with this approach, base shear force is distributed to each storey considering mass participating ratios and internal forces are obtained. Structural performance is determined with these internal forces and member capacities. Incremental equivalent seismic load method is a non-linear seismic assessment procedure. As a matter of fact, this method which takes into account inelastic behaviour can be used in direct determination of internal force and deformation demand of the structure under the earthquake.

At the third section several rehabilitation methods are studied for improving earthquake performance of existing structure.

In the fourth section these methods are examined and evaluated in a comparative manner. Moreover, in this section all consequences of analysis are explained for all evaluation approaches.

In conclusion, material properties, reinforcement size and reinforcement layout of the examined substation structure is included in Appendix-A. Besides, loads which are assigned to the structure for SAP2000 analysis is presented in Appendix-B. Finally, in Appendix-C, all member end forces and damage failures of the members for equivalent seismic load method are submitted.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Ülkemizde özellikle sanayi ve nüfusun yoğun olduğu bölgelerde meydana gelen yıkıcı depremler can ve mal kaybına neden olmaktadır. Bu kayıpların yanında, daha önce yaşanmış olan depremler sonrasında, birçok sanayi tesisi kullanılamaz hale gelmiş ve ülke ekonomisi büyük ölçüde etkilenmiştir (Byers ve diğ., 2000; Cruz ve Steinberg, 2005; Kurtuluş, 2011).

“Kapasite Tasarımı İlkeleri” olarak bilinen tasarım ilkeleri sayesinde doğrusal yöntemlerle tasarlanmış yapılar büyük deprem etkileri altında istenilen doğrusal olmayan sünek davranışı gösterebilmektedir (FEMA 450, 2003). Doğrusal olmayan sünek davranış, doğrusal olarak tasarlanan yapılarda deprem yüklerinin “Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı” ile azaltılıp yapıya etkilmesi ile dolaylı olarak dikkate alınabilmektedir. 1998 ve 2007 deprem yönetmeliklerinde de tanımlanan ve taşıyıcı sistem tipine göre deprem yükünün 4~8 kat azaltılmasını sağlayan, R_a Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı sadece bu yönetmeliklerde tarif edilen kurallar altında boyutlandırılan ve donatılan betonarme yapılar için geçerlidir. Bunun yanı sıra yönetmelik çerçevesinde boyutlandırılıp, projelendirilmesine rağmen, inşaat aşamasında projelere uygun olmadan yapılan üretimler yapının performansını büyük ölçüde etkilemektedir. İşte bu sebepten, özellikle mevcut yapıların değerlendirilmesinde, performansa dayalı değerlendirme olarak isimlendirilen yöntemlere ihtiyaç duyulmuştur.

Performansa dayalı değerlendirmenin dünyadaki gelişimi Vision 2000 (1995), ATC-40 (1996), FEMA 273, 274 (1997) çalışmaları ile hızlanmıştır. Vision 2000 (1995)’in amacı yapıların tahmin edilebilir sismik performansının belirlenmesi için gerekli prosedürün iskeletini oluşturmak olarak tanımlanmıştır. Ardından 1996 yılında ATC-40 Applied Technology Council tarafından yayınlanmıştır. Bu yayını Building Seismic Safety Council tarafından hazırlanan FEMA 273 ve FEMA 274 dokümanları izlemiştir.

Ülkemizde ise DBYBHY 2007' de tariflenen iki farklı yaklaşımla yapıların deprem performansı belirlenebilmektedir. Bu yaklaşımlardan ilki, depremde bina performansının doğrusal elastik hesap yöntemleri ile belirlenmesidir. Bu yöntemler kuvvet esaslı yöntemlerdir. Ayrıca deprem yükünün etkililmesi açısından eşdeğer deprem yükü yöntemi veya mod birleştirme yöntemi ilgili şartlar dahilinde kullanılabilir. İkinci bir yaklaşım da, depremde bina performansının doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile belirlenmesidir. Bu yöntem şekildeğiştirme esaslı bir yöntemdir. Yönetmelikte tanımlanan; artımsal itme analizi, artımsal mod birleştirme analizi veya zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ilgili şartlar dahilinde performans değerlendirilmesi işleminde kullanılabilir.

Bu tez çalışmasında, 1989 yılında projelendirilen endüstriyel bir tesiste bulunan tek katlı terminal trafo yapısı incelenmiş ve DBYBHY 2007' de bulunan iki farklı yöntemle göre yapının performans düzeyleri belirlenmiştir. Kullanılan yöntemlerden ilki doğrusal elastik değerlendirme yaklaşımı, kuvvet esaslı bir yaklaşımdır. Bu tezde bu yöntemin eşdeğer deprem yükü uygulaması kullanılmıştır. Bu yaklaşımla, kesitlerin plastik deprem istemi belirlenmeden elastik istem yoluyla olası hasar durumları tahmin edilmektedir. Kullanılan bir diğer yöntem ise artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemidir. İlk yöntem gibi statik bir yöntem olmasına rağmen doğrusal olmayan bir yöntem olduğu için yapının deprem altındaki iç kuvvet ve şekildeğiştirme istemi ve dolayısıyla kesit hasarları doğrudan şekil değiştirmeye bağlı olarak belirlenmektedir.

Yapının performans değerlendirmesinde bilgi düzeyi kapsamlı olarak kabul edilmiştir.

Yapı ile ilgili olarak değinilmesi gereken önemli bir husus, üretim sırasında yapılan hatalı uygulamalardan kaynaklı, projeler ile mevcut durum arasındaki farklılıklardır. Etriye aralıkları, etriye kancalarının açıları proje uygulaması sırasında farklı olarak uygulanmıştır. Bu gibi uyumsuzluklar performans seviyesini oldukça etkileyen detaylardır ve uygulama aşamasının önemini arttırmaktadır.

Performans değerlendirmesinde, yapının hem duvarlı hem de duvarların ihmal edildiği durumdaki davranışı irdelenmiştir. Duvarların dikkate alındığı yapı modelinde, doğrusal elastik yöntemle değerlendirme yapıldığında yapı performansında duvarların etkisi net olarak irdelenememesine rağmen, artımsal eşdeğer itme yönteminde duvarların kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisi bilgisayar

modeline daha iyi yansıtılabilmiş ve performansa olan katkısı daha net bir şekilde görülebilmektedir.

Yapı analizlerinde çoğunlukla dikkate alınmayan dolgu duvarlar, yapının performansını pozitif veya negatif olarak etkilemektedir. Özellikle zayıf kolonların bulunduğu yapılarda dolgu duvarlardaki süreksizlikler (pencere, kapı, havalandırma vb.) kolonlardaki kesme kuvvetlerinin değişmesine kolonların kesme dayanımının yetersiz kalmasına neden olabilir.

Tez kapsamında duvarların dikkate alındığı ve ihmal edildiği durumlarda yapı analiz edilmiş ve duvarların dikkate alındığı model üzerinde kolonların kesme kapasitesini güçlendirmeye yönelik olarak kolonlar karbon lifli polimer (CFRP) ile güçlendirilmiştir. Bu durumda doğrusal ve doğrusal olmayan performans değerlendirmeleri yeniden yapılmış, sonuçlar ve yöntemler arasındaki farklılıklar irdelenmiştir.

1.2 Literatür Özeti

1.2.1 Binaların deprem performansının değerlendirilmesi

Bu bölümde, tez kapsamında bina performansının değerlendirilmesinde kullanılan ve DBYBHY 2007’de tanımlanan doğrusal elastik kuvvet tabanlı analiz yöntemi ve doğrusal elastik olmayan yer değiştirme tabanlı artımsal itme analizi yöntemi ile ilgili bilgiler verilmiştir. İlgili değerlendirmenin yapılabilmesi için yapının mekanik modelinin yapının karakteristiklerini yeterli düzeyde temsil edecek şekilde DBYBHY 2007 Bölüm 7.2’ye uygun bir şekilde oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca yapının yeterli bir şekilde modellenmesi için gerekli olan malzeme, taşıyıcı sistem eleman detayları ve geometrik bilginin nasıl toplanacağı yine aynı şartnamede tanımlanmıştır.

1.2.1.1 Binalardan bilgi toplanması

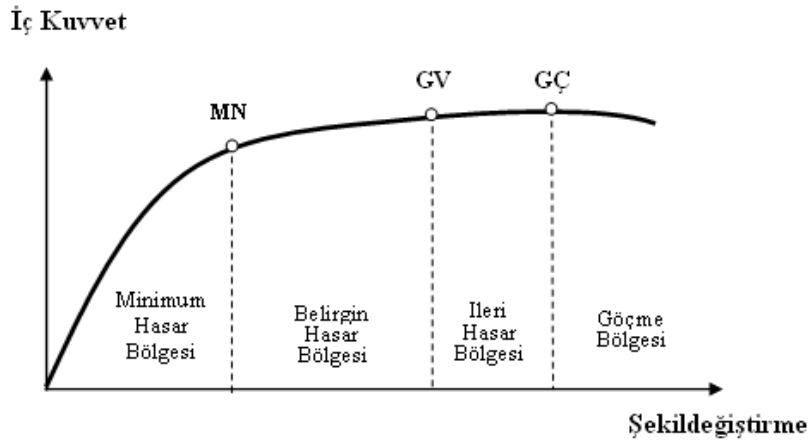
Betonarme binaların deprem performansının belirlenmesi için gerekli olan bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme özellikleri bilgilerinin tanımlanan farklı bilgi düzeyleri için hangi şartları sağlaması gerektiği DBYBHY 2007 Bölüm 7.2’de tarif edilmiştir. Betonarme binalar için sınırlı, orta ve kapsamlı olmak üzere üç farklı bilgi düzeyi belirlenmiştir. Çizelge 1.1’de yönetmelikte tariflenen bina bilgi düzeylerine karşılık gelen bilgi düzeyi katsayıları sunulmuştur.

Çizelge 1.1 : Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

1.2.1.2 Yapı elemanlarının hasar sınırları ve hasar bölgeleri

DBYBHY 2007 Bölüm 7.3'te sünek elemanların hasar sınırları için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bu sınırlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ) olarak adlandırılmıştır. Şekil 1.1'de tariflendiği üzere: kritik kesitleri MN'ye ulaşmayan elemanlar *Minimum Hasar Bölgesi*'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar *Belirgin Hasar Bölgesi*'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar *İleri Hasar Bölgesi*'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise *Göçme Bölgesi*'nde kabul edilmektedir. Bölüm 1.2.1.4'de betonarme yapı elemanları için bu hasar sınırlarının nasıl tespit edildiği verilmiştir. Ayrıca ilgili yapı için dolgu duvarları dikkate alınarak da modelleme yapıldığı için Bölüm 1.2.2'de literatürde bulunan dolgu duvarı modelleri ve bu yapı elemanının hasar sınırlarının nasıl belirlendiği sunulmuştur.



Şekil 1.1 : Kesit hasar bölgeleri.

1.2.1.3 Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar

DBYBHY 2007 Bölüm 7.4'te mevcut veya güçlendirilmiş binaların analiz ve değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler için genel ilke ve kurallar tarif edilmiştir. Bu ilke ve kurallar aşağıda verilmiştir:

Deprem hesabında bina önem katsayısı uygulanmayacaktır ($I=1.0$). Farklı aşılma olasılıklı depremler için elastik spektrum üzerinde gerekli düzeltmeler yapılacaktır. Bu düzeltmeler %2/50 depremi için tasarım depreminin 1.5 katı %50/50 depremi için tasarım depreminin 0.50 katı olarak DBYBHY 2007 Bölüm 7.8’de belirtilmiştir.

Deprem Performansı, yönetmeliğin ikinci bölümünde tarif edilen ve deprem hesaplarında gözönüne alınan kütlelerle uyumlu olacak şekilde hesaplanacaktır.

Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.

Deprem hesabında kullanılacak zemin özellikleri yönetmeliğin 6. bölümüne göre belirlenecektir.

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır.

Yönetmeliğin 3. bölümüne göre tarif edilen kısa kolon durumuna düşürülmüş olan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

Betonarme kesitlerin etkileşim diyagramları bu paragraftaki bilgiler doğrultusunda tanımlanır. Beton ve donatı çeliği için, yönetmelikteki binalardan bilgi toplanması bahsinde tanımlanan mevcut malzeme dayanımları kullanılır. Betonun en büyük basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin en büyük birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınabilir. Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılabilir.

Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınabilir.

Çatlamış kesit etkin eğilme rijitlikleri aşağıdaki gibi tariflenmiştir. N_D ’nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.

Kirişlerde $(EI)_e = 0.40 (EI)_0$

Kolon ve Perdelerde, $N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.40 (EI)_0$
 $N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.80 (EI)_0$

Burada $(EI)_e$ çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği, $(EI)_0$ çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği, N_D deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey

yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet, A_c kolon veya perdenin brüt kesit alanı, f_{cm} mevcut beton dayanımıdır. Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.

Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatı akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir.

Zemindeki şekildeğiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zeminin şekildeğiştirme özellikleri yapı modeline yansıtılacaktır.

Yönetmeliğin 2. Bölümünde yeni bina tasarlanması sırasında yapılacak olan modelleme ile ilgili verilmiş olan diğer esaslar deprem güvenliği değerlendirmesi için yapılan modellemede de geçerlidir.

1.2.1.4 Doğrusal elastik hesap yöntemleri

DBYBHY 2007 Bölüm 7.6 kapsamında yer alan doğrusal elastik analiz yöntemleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi' dir. Aşağıda belirtilenler DBYBHY'te tariflenen bu yöntemlere uygulanacak ek kurallardır.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilmesi için yapının bodrum üzerindeki toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmaması gereklidir. Ayrıca yapının burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ şartı sağlanmalıdır. Yapıya etkitilecek eşdeğer deprem yükü Denklem 1.1 'de tanımlanmıştır. Burada λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğer binalarda 0.85 alınacaktır.

$$V_t = W A(T) \lambda \quad (1.1)$$

Burada, V_t taban kesme kuvveti, $A(T)$ spektral ivme katsayısı ve λ eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısıdır. Mod birleştirme yönteminin uygulanması için yönetmelikte herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır. Mod birleştirme yönteminde kullanılacak olan elastik spektral ivme Denklem 1.2' de tanımlanmıştır.

$$S_{aR}(T_n) = S_{ae}(T_n) \quad (1.2)$$

Burada, $S_{aR}(T_n)$ ilgili titreşim modu için azaltılmış spektral ivme, $S_{ae}(T_n)$ ilgili periyoda karşılık gelen elastik spektral ivmedir. Yapı elemanlarının hasar sınırlarının

belirlenmesi için doğrusal elastik hesap yöntemleri kullanıldığında hasar miktarı kiriş, kolon ve perde elemanları kritik kesitlerinin etki/kapasite oranları (r) cinsinden ifade edilmektedir. Kırılma türü eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin eğilme etki/kapasite oranı, sadece deprem etkisi altında hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilmektedir ve Denklem 1.3' te tanımlanmıştır. Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkı olarak hesaplanmaktadır.

$$r = \frac{M_e}{M_r - M_{g+q}} \quad (1.3)$$

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman sayılabilmesi için kritik eğilme kapasitesi ile uyumlu hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin bilgi düzeyi katsayısı kullanılarak (gerekirse azaltma yapılarak) TS500'e göre hesaplanan V_r kesme kapasitesini aşmaması gerekir. V_e 'nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momenti yerine taşıma gücü momenti kullanılacaktır. Deprem performansı değerlendirilmesinde kolon, kiriş ve için kullanılacak V_e değeri sırasıyla Denklem 1.4, Denklem 1.5 ve Denklem 1.6' da tanımlanmıştır.

$$\text{Kolonlarda} \quad V_e = (M_a + M_{\bar{u}}) / l_n \quad (1.4)$$

$$\text{Kirişlerde} \quad V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n \quad (1.5)$$

$$\text{Perdelerde} \quad V_e = [(M_p)_t / (M_d)_t] V_d \quad (H_w / l_w > 2.0) \quad (1.6)$$

Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları, aşağıdaki çizelgelerde verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilir.

Aşağıda bulunan çizelgedeki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır. Betonarme binalarda kolon ve perdelerin eksenel yükleri, düşey yükler ve söz konusu eleman için hesaplanan (r) katsayısı ile azaltılmış deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanacaktır.

Çizelge 1.2 : Betonarme kirişlerde hasar sınırını tanımlayan etki/kapasite oranları.

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ct}}$ ⁽¹⁾	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

(1) V kesme kuvveti depremin yönü ile uyumlu olarak DBYBHY 7.5.2.2.(a)'ya göre hesaplanacaktır.

Burada ρ , ρ' ve ρ_b sırasıyla çekme, basınç ve dengeli donatı oranıdır.

Çizelge 1.3 : Betonarme kolonlarda hasar sınırını tanımlayan etki/kapasite oranları.

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N}{A_c f_c}$ ⁽¹⁾	Sargılama	$\frac{V}{b_w d f_{ct}}$ ⁽²⁾	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	-	-	1	1	1

(1) N eksenel kuvveti DBYBHY Bilgilendirme Eki 7A'ya göre hesaplanabilir.

(2) V kesme kuvveti depremin yönü ile uyumlu olarak DBYBHY 7.5.2.2.(a)'ya göre hesaplanacaktır.

Çizelge 1.4 : Betonarme perdelerde hasar sınırını tanımlayan etki/kapasite oranları.

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

Yukarıdaki çizelgelerde bulunan (Çizelge 1.2, Çizelge1.3 ve Çizelge 1.4), sargılama durumu kesitte DBYBHY Bölüm 3.2.8'de tanımlanan özel deprem etrileri ve çirozlarının bulunması ve aynı yönetmelik bölüm 2'deki enine donatı koşullarının sağlanması durumunda geçerlidir. Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katında kolon veya perdelerin göreceli

kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için Çizelge 1.5'te verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak elemanların hasar bölgelerine karar verilecektir. Bu karşılaştırmanın daha elverişsiz sonuç vermesi durumunda r katsayıları ile belirlenen hasar yerine bu daha olumsuz olan hasar bölgesi kullanılacaktır. Çizelge 1.5'te δ_{ij} binanın i 'inci katındaki j 'nci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasındaki yer değiştirme farkı, h_{ij} ilgili elemanın yüksekliğidir.

Çizelge 1.5 : Göreli kat ötelemesi kontrolü.

Görelî Kat Ötelemesi Oranı δ_{ji} / h_{ij}	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
	0.01	0.03	0.04

1.2.1.5 Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri

DBYBHY 2007 Bölüm 7.6 kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'dir.

Bu yöntemlerle yapılan analizler sonucu herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak *plastik eğrilik istemi*, Denklem 1.7 ile hesaplanacaktır:

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (1.7)$$

Burada ϕ_p plastik eğrilik, θ_p plastik dönme, L_p plastik mafsal boyudur. Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de göz önüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki eksenel kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan ϕ_y *eşdeğer akma eğriliği*, Denklem 1.7 ile tanımlanan ϕ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki ϕ_t *toplam eğrilik istemi* elde edilecektir:

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (1.8)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirme istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, Denklem 1.8 ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanacaktır.

Plastik şekildeşistirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeşistirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır:

(a) Kesit *Minimum Hasar Sınırı (MN)* için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeşistirmesi ile donatı çeliği birim şekildeşistirmesi üst sınırları Denklem 1.9' da tanımlanmıştır:

$$(\epsilon_{cg})_{MN} = 0.0035 ; (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (1.9)$$

(b) Kesit *Güvenlik Sınırı (GV)* için sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeşistirmesi ile donatı çeliği birim şekildeşistirmesi üst sınırları Denkem 1.10' da tanımlanmıştır:

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 ; (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (1.10)$$

(c) Kesit *Göçme Sınırı (G)* için sargılı bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeşistirmesi ile donatı çeliği birim şekildeşistirmesi üst sınırları Denklem 1.11' de tanımlanmıştır:

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 ; (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (1.11)$$

Burada ρ_s kesitte mevcut bulunan ve DBYBHY Bölüm 3.2.8'e göre düzenlenmiş enine donatının hacimsel oranı, ρ_{sm} DBYBHY'e göre kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranıdır. Eleman hasar sınırlarından bağımsız olarak, tüm betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının gevrek kırılma kontrollerinde kullanılacak kesme kuvveti dayanımları TS-500'e göre belirlenecektir. Kesme kuvveti dayanımı hesabında, bilgi düzeylerine göre belirlenen *mevcut dayanım* değerleri kullanılacaktır.

Aşağıdaki bölümde tez kapsamında kullanılan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi için genel hesap adımları özetlenmiştir.

1.2.1.6 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi

Binaların deprem performanslarının Artımsal İtme Analizi yöntemi ile değerlendirmesinde izlenen adımlar aşağıda özetlenmiştir:

Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik taşıyıcı sistem analizi yapılır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır.

Artımsal itme analizinin Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılması durumunda, koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilir. Bu diyagram ile birlikte, farklı aşılma olasılıklı depremler için elastik davranış spektrumu göz önüne alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenir. Son aşamada, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet değerleri hesaplanır.

Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve ardından toplam eğrilik istemleri elde edilir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekildeğiştirme istemleri hesaplanır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için yönetmeliğin ilgili bölümünde tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, yönetmelikte tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nin amacı, birinci (deprem doğrultusundaki hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nin kullanılabilmesi için, Bölüm 2.2.4’ün 2. paragrafında belirtilmiş olan koşullara ek olarak (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması koşulu sağlanmalıdır.

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yüğü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için

hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır.

Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme göz önüne alınır.

Sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan x deprem doğrultusunda, her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümüyle, koordinatları “modal yerdeğiştirme – modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

(a) (i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivme $a_1^{(i)}$ aşağıdaki şekilde Denklem 1.12' ye göre elde edilir:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (1.12)$$

Denklem 1.12’da $V_{x1}^{(i)}$ deprem doğrultusunda birinci (hakim) moda ait (i)’inci itme adımı sonunda elde edilen taban kesme kuvvetini, M_{x1} deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütleli göstermektedir.

(b) (i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal yerdeğiştirme $d_1^{(i)}$ ’nin hesabı için ise, Denklem 1.13' ten yararlanılabilir:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (1.13)$$

Birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1} , x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımıdaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve birinci doğal titreşim moduna ait modal kütle M_1 ’den yararlanılarak Denklem 1.14' teki gibi elde edilir:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (1.14)$$

Yukarıda tariflendiği üzere sabit bir yük dağılımı ile yapıyı itmeye alternatif olarak, artımsal itme analizi sırasında eşdeğer deprem yükü dağılımı, her bir itme adımında öncekilere göre değişken (single mode adaptive pushover) olarak göz önüne alınabilir. Bu durumda yük dağılımı, her bir itme adımı öncesinde taşıyıcı sistemde oluşmuş bulunan tüm plastik kesitler göz önüne alınarak hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) titreşim mod şeklinin genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olarak tanımlanacaktır.

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile farklı aşılma olasılıkları için tanımlanan elastik davranış spektrumu göz önüne alınarak, birinci (hakim) moda ait maksimum modal yerdeğiştirme, diğer deyişle modal yerdeğiştirme istemi hesaplanacaktır. Tanım olarak modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$, Denklem 1.15' teki, doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme S_{di1} 'e eşittir:

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (1.15)$$

Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme, S_{di1} , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait $T_1^{(1)}$ başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e bağlı olarak Denklem 1.16 ile elde edilir:

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (1.16)$$

Doğrusal elastik (lineer) spektral yerdeğiştirme, S_{di1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme Denklem 1.17' deki S_{ae1} 'den hesaplanır:

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (1.17)$$

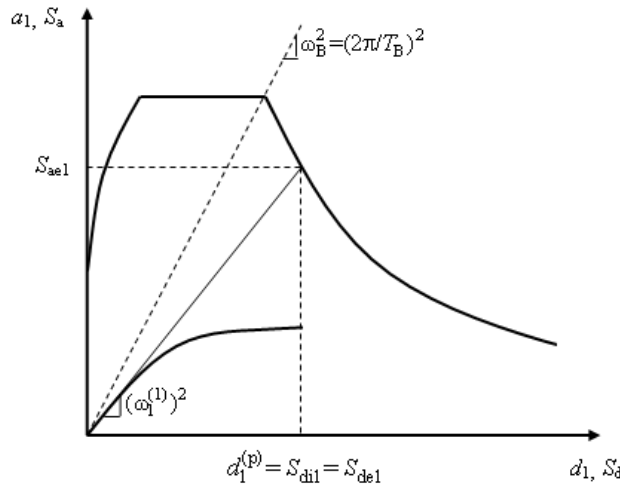
Burada C_{R1} 1. moda ait spektral yerdeğiştirme oranıdır. Herhangi bir doğrultu için doğrusal elastik davranan binanın etkin rijitlik kullanılarak hesaplanan hakim periyodu zeminin T_B periyodundan Şekil 1.2'de gösterildiği gibi büyük ise C_{R1} değeri Denklem 1.18'de verilmiştir. Eğer yukarıdaki şart sağlanmaz ise C_{R1} aşağıda Denklem 1.19'da verildiği şekilde tanımlanır. C_{R1} ardışık yaklaşım yapılarak bulunacaktır. Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1}=1$ kabulü yapılır.

$$C_{R1} = 1 \quad (1.18)$$

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (1.19)$$

Bu bağıntıda R_{y1} Denklem 1.20’de verilen birinci moda ait *dayanım azaltma katsayısı*’nı göstermektedir.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (1.20)$$



Şekil 1.2 : Modal kapasite diyagramı-1.

Son itme adımı $i = p$ için Denklem 1.15’e göre belirlenen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ ’nin Denklem 1.13’de yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilir. Denklem 1.21 ilgili bağıntıyı göstermektedir:

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (1.21)$$

Buna karşı gelen diğer tüm istem büyüklükleri (yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri) mevcut itme analizi dosyasından elde edilecek veya tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşıncaya kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanacaktır.

Modal kapasite diyagramı için bakınız Şekil 1.2.

Binaların deprem performanslarının Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile değerlendirmesinde izlenen adımlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1.2.1.7 Bina deprem performansının belirlenmesi

Binaların deprem güvenliği, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu için istenen performans şartları Çizelge 1.6’da tanımlanmıştır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Bunun sonucuna göre gerekiyorsa bina için güçlendirme stratejileri oluşturulur.

Çizelge 1.6 : Performans şartları.

Performans Düzeyi	Performans Şartları
Hemen Kullanım	Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %10’u BHB’ne geçebilir. Hiç bir katta düşey taşıyıcı elemanlar BHB’ne geçmemelidir. Gevrek hasar gören eleman varsa güçlendirilmelidir.
Can Güvenliği	Herhangi bir katta kirişlerin en fazla %30’u İHB’ne geçebilir. Her bir katta İHB’ne geçen düşey taşıyıcılar tarafından taşınan kesme kuvvetinin o kattaki toplam kesme kuvvetine oranı % 20’yi aşmamalıdır. Bu oran çatı katında %40’ı geçmemelidir. Her iki ucu MN’yi geçmiş düşey taşıyıcı elemanların taşıdığı kesme kuvveti, kat kesmesinin %30’unu aşmamalıdır. Gevrek hasar gören eleman varsa güçlendirilmelidir
Göçme Öncesi	Tüm gevrek elemanlar göçme bölgesindedir varsayımı yapılır. Kirişlerin en fazla % 20’si GB’ne geçebilir. Her iki ucu MN’yi geçmiş düşey taşıyıcı elemanların taşıdığı kesme kuvveti, kat kesmesinin %30’unu aşmamalıdır. Diğer tüm elemanlar MHB, BHB veya İHB’ndedir.
Göçme Durumu	Göçmenin önlenmesi durumu sağlanmıyorsa, göçme durumundadır.

1.2.1.8 Binalar için hedeflenen performans düzeyleri

Yönetmelikte yeni bina tasarımı için tanımlanan ivme spektrumu 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremi esas almaktadır. Mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirme tasarımında 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depreme ek olarak aşağıda iki farklı deprem tanımlanmıştır:

- 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan 50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatlarının yaklaşık olarak 0.5 katı alınacaktır.
- 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremin ivme spektrumunun ordinatlarının yaklaşık olarak 1.5 katı alınacaktır.

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 1.7’de verilmiştir.

Çizelge 1.7 : Bina için hedeflenen çok seviyeli performans düzeyleri.

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	50 yılda %50	50 yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	–	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	–	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	–
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	–	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	–	CG	–

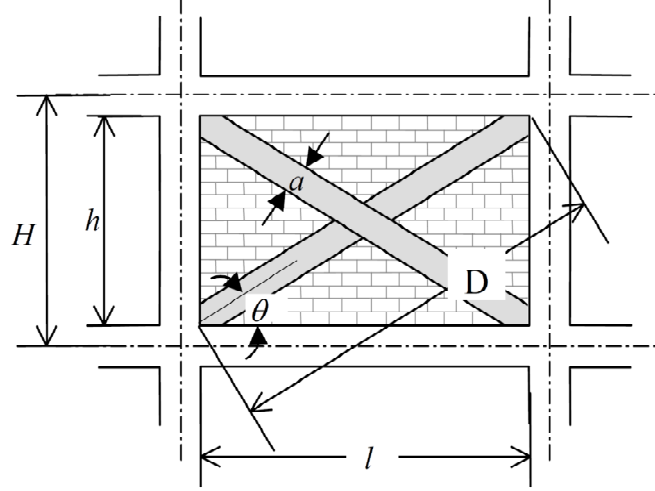
1.2.2 Dolgu duvarların modellenmesi

Dolgu duvarların düzlem içi rijitlik ve dayanımlarının dikkate alınmasında dolgunun içinde bulunduğu çerçevenin dayanımı, dolgu duvarın geometrisi, mekanik özellikleri ve dolgu duvardaki boşluk durumu başlıca etkenlerdir (ASCE, 2013). Bu etkenleri dikkate alan farklı modelleme yöntemleri mevcuttur (Atkinson ve diğ., 1989; Al Chaar, 2002; Stavridis ve Shing, 2010). Bu tez kapsamında aşağıda özetlenen ve Al Chaar (2002) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır.

1.2.2.1 Eşdeğer basınç çubuğu genişliği

Dolgu duvarlarının modellenmesi için kullanılan yöntemlerden çoğu, dolgu duvar davranışı ve çerçeve ile etkisini dikkate almak amacıyla eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımını kullanmaktadır. FEMA 306 (1998), FEMA 273 (1997) ve ASCE (2013) eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımını kullanan ve bu basınç çubuğunun kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisini doğrusal olmayan artımsal itme yöntemine göre analiz

(pushover) için tanımlayan şartnamelerdir. Bu şartnamelerde kuvvet-yerdeğiştirme ilişkileri dolgu duvarının genişlik/yükseklik oranına ve çerçeve/dolgu duvar kesme dayanımları oranına bağlı olarak tanımlanmaktadır. Al Chaar (2002) eşdeğer basınç çubuğunun kuvvet-yerdeğiştirme ilişkileri için FEMA 273 (1997) dokümanının kaynak göstermiştir.



Şekil 1.3 : Eşdeğer basınç çubuğu geometrisi (Al Chaar, 2002).

$$\lambda_1 H = H \left(\frac{E_m t \sin 2\theta}{4E_c I_{col} h} \right)^{1/4} \quad (1.22)$$

$$a = 0.175 D (\lambda_1 H)^{0.4} \quad (1.23)$$

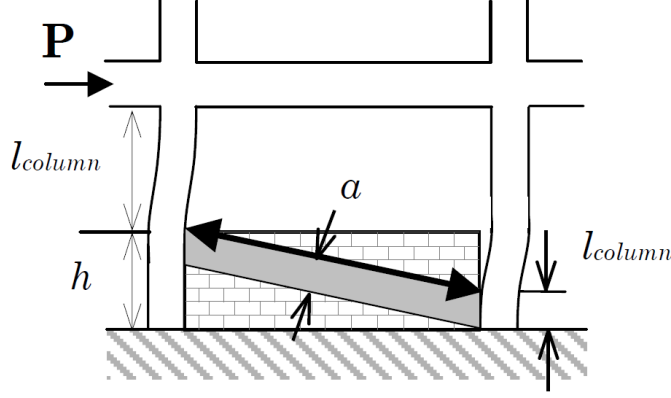
Denklem 1.22, Denklem 1.23 ve Şekil 1.3' te belirtilen λ_1 eşdeğer basınç çubuğu katsayısı, H kolon boyu, E_m ve E_c dolgu duvarı ve çerçeve betonunun elastisite modülü, h ve t dolgu duvar yüksekliği ve kalınlığı, I_{col} kolonun atalet momenti, D dolgu duvarı köşegen uzunluğu, θ köşegenin yatay ile olan açısı, a eşdeğer basınç çubuğunun genişliğidir. Eğer dolgu duvarda boşluk ve/veya hasar var ise, eşdeğer basınç çubuğu genişliği Denklem 1.24'le azaltılmalıdır.

$$a_{red} = a(R_1)_i (R_2)_i \quad (1.24)$$

Burada R_1 , dolgu duvarda boşluk olması halinde kullanılacak azaltma katsayısı, R_2 ise duvarda hasar olduğu durumda kullanılması gereken azaltma katsayısıdır.

1.2.2.2 Kısmi dolgu duvarlı çerçeve durumu

Kısmi dolgulu duvar olması durumunda azaltılmış kolon boyu l_{column} Şekil 1.4’de verildiği gibi desteklenmeyen açıklık boyuna eşit olmalıdır. Bu durumda, eşdeğer basınç çubuğu genişliği Denklem 1.24’e göre hesaplanmalıdır.



Şekil 1.4 : Kısmi dolgu duvarlı çerçeve (Al Chaar, 2002).

1.2.2.3 Boşluklu dolgu duvarlı çerçeve durumu

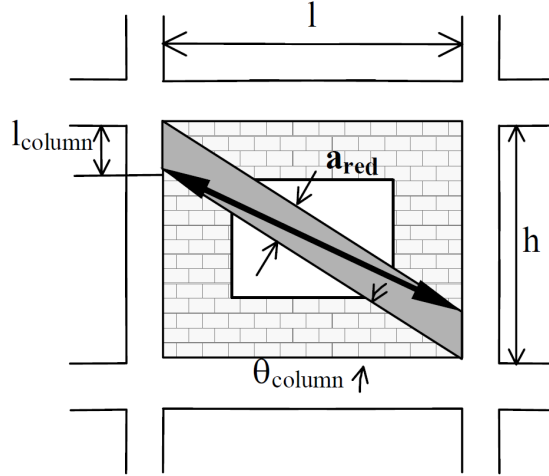
Boşluklu dolgu duvarların olduğu durumda eşdeğer basınç çubuğu boşluksuz duvarlarla aynı davranışı gösterdiği kabul edilebilir. Eşdeğer basınç çubuğunun genişliği α , boşluktan doğan dayanım kaybının hesaba katılması amacıyla Denklem 1.25’ den elde edilen R_I azaltma katsayısı ile çarpılmaktadır.

$$(R_I)_i = 0.6 \left(\frac{A_{open}}{A_{panel}} \right)^2 - 1.6 \left(\frac{A_{open}}{A_{panel}} \right) + 1 \quad (1.25)$$

Şekil 1.5’te verilen eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımı boşluklu duvar durumunda global yapı davranışının dikkate alınması amacıyla kullanıldığı unutulmamalıdır. İlgili çerçevede bu boşluktan dolayı oluşacak yerel etkiler boşluk durumuna uygun olarak dikkate alınacak özel basınç çubuğu yerleşimleri ile belirlenebilir (Al Chaar, 2002).

1.2.2.4 Eşdeğer basınç çubuğunun yük-yerdeğiştirme ilişkisi

Eşdeğer basınç çubuğu iki ucundan mafsallı olarak betonarme çerçeve modeline bağlanır ve eksenel rijitliği eşdeğer basınç çubuğunun genişliğine α , dolgu duvarın kalınlığına t ve dolgu duvarın elastisite modülüne E_m , bağlıdır. Eşdeğer basınç çubuğunun kapasitesi Denklem 1.26’ye göre belirlenir.



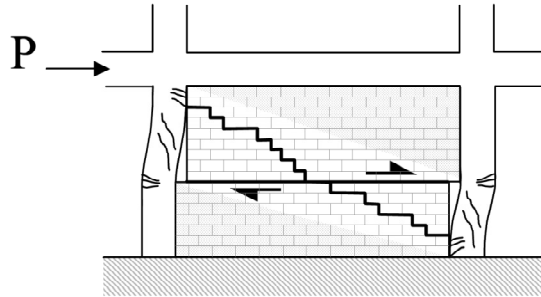
Şekil 1.5 : Boşluklu dolgu duvarlı çerçeve (Al Chaar, 2002).

$$R_{strut} = \min \left\{ \begin{matrix} R_{cr} \\ R_{shear} / \cos \theta_{strut} \end{matrix} \right\} \quad (1.26)$$

Burada, R_{cr} en büyük basınç birim şekildeğiştirmesine karşı gelen basınç yükü ve R_{shear} dolgu duvarı kayma kapasitesine ulaştıran basınç yükü olarak sırasıyla Denklem 1.27 ve Denklem 1.28’de verilmiştir.

$$R_{cr} = a_{red} t_{eff} f'_m \quad (1.27)$$

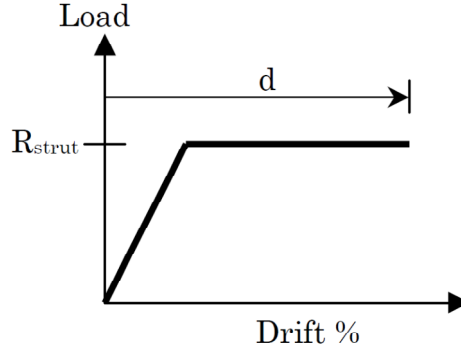
$$R_{shear} = A_n f'_v (R_1)_i (R_2)_i \quad (1.28)$$



Şekil 1.6 : Dolgu duvarda kesme güç tükenmesi (Al Chaar, 2002).

Şekil 1.6’da Denklem 1.28’de verilen dolgu duvarın kesme kapasitesine karşı gelen göçme modu şematik olarak verilmiştir. Burada A_n dolgu duvarın plandaki boyu ile kalınlığının çarpımı olan net kesit alanı, f'_v dolgu duvarın kayma dayanımı, R_1 ve R_2 ise önceki bölümlerde verilen azaltma katsayılarıdır.

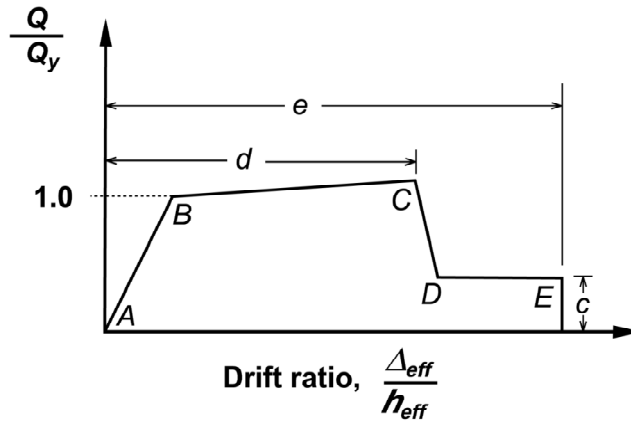
Şekil 1.7’de eşdeğer basınç çubuğunun yük-yerdeğiştirme ilişkisi verilmiştir. Burada, d dolgu duvarının yatay görelî kat ötelemesini temsil eder. Şekil 1.8’de ise eşdeğer basınç çubuğunun yük-yerdeğiştirme ilişkisi FEMA 273’e göre verilmiştir. Bu şekilde bulunan yük-yerdeğiştirme değerleri Çizelge 1.8’te açıklanmıştır. Burada V_{fre} ve V_{ine} sırasıyla, betonarme çerçevenin ve dolgu duvarın kesme kuvveti kapasitesidir.



Şekil 1.7 : Yük-yerdeğiştirme ilişkisi (Al Chaar, 2002).

Çizelge 1.8 : İtme analizi için yük-yerdeğiştirme ilişkileri (FEMA 273, 1997).

$\beta = \frac{V_{fre}}{V_{ine}}$	$\frac{L_{inf}}{h_{inf}}$	c	d(%)	e(%)	Acceptance LS(%)	Criteria CP(%)
$0.3 \leq \beta < 0.7$	0.5	n.a	0.5	n.a	0.4	n.a
	1.0	n.a	0.4	n.a	0.3	n.a
	2.0	n.a	0.3	n.a	0.2	n.a
$0.7 \leq \beta < 1.3$	0.5	n.a	1.0	n.a	0.8	n.a
	1.0	n.a	0.8	n.a	0.6	n.a
	2.0	n.a	0.6	n.a	0.4	n.a
$\beta \geq 1.3$	0.5	n.a	1.5	n.a	1.1	n.a
	1.0	n.a	1.2	n.a	0.9	n.a
	2.0	n.a	0.9	n.a	0.7	n.a



Şekil 1.8 : Yük-yerdeğiştirme ilişkisi (FEMA 273).

1.2.3 Lifli polimer ile güçlendirme

1.2.3.1 Lifli polimer malzeme ile kolonların sargılanması

Lifli polimerlerle betonarme taşıyıcı elemanların sargılanması, özellikle kolonlarda sünekliğin, kesme kuvveti kapasitesinin ve basınç dayanımının iyileştirilmesi için kullanılan etkin yollardan biridir (Xiao, 2004). Güncel deprem yönetmeliklerine uygun boyutlandırılmış kiriş ve kolonlarda sargı koşulları, tasarım aşamasında kapasite tasarım ilkeleri uyarınca sağlanır. Ancak bu sargı koşullarının sağlanmadığı durumlarda lifli polimerle kesit sünekliğinin arttırılması etkin bir yöntemdir. Bunun yanında düşük ya da orta beton dayanımına sahip betonarme kesitlerde uygulanan lifli polimer sargılama yönteminin etkinliği daha da belirgin olmaktadır (İlki ve diğ., 2008; İlki ve diğ., 2009).

Kullanılan lifli polimer sargının mekanik ve geometrik özellikleri Çizelge 1.9’da verilmiştir. Burada E_f Elastisite modülü, ϵ_{fu} lifli polimerin kopma birim uzaması, ϵ_f lifli polimerin etkin birim uzama limiti, w_f lifli polimer şeritinin genişliği, t_f bir tabaka lifli polimer için etkin kalınlıktır.

Çizelge 1.9 : Karbon lifli polimer sargının mekanik özellikleri (SİKA, 2009).

Lifli polimerin cinsi	Elastisite Modülü E_f (kN/mm ²)	Kopma birim uzaması ϵ_{fu}	Etkin kalınlık t_f (mm)
SikaWrap 230 C/45	234	0.018	0.131
SikaWrap 300 C/60	230	0.015	0.166

Aşağıdaki bölümlerde sırasıyla lifli polimer kullanarak kolonların kesme dayanımı, aksenal basınç dayanımı ve sünekliklerinin arttırılması için DBYBHY 2007 esasları verilmiştir.

1.2.3.2 Kolonların kesme dayanımının arttırılması

LP ile sargılanmış kolonların ve kirişlerin kesme kuvveti dayanımı Denklem 1.29 ile hesaplanır.

$$V_r = V_c + V_s + V_f \leq V_{\max} \quad (1.29)$$

Kesme kuvveti dayanımına betonun katkısı V_c , enine donatının katkısı V_s ve asal basınç gerilmelerini sınırlamak üzere tanımlanan $V_{\max}$ değerleri TS-500 tarafından

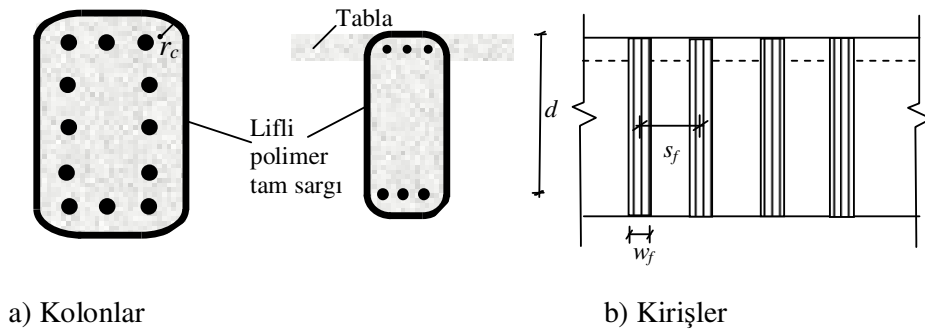
önerilen denklemler ile, *mevcut malzeme dayanımları* kullanılarak hesaplanacaktır. Kesme kuvveti dayanımına LP sargının katkısı V_f sargılamanın şeritler halinde olması durumunda Denklem 1.30 ile hesaplanacaktır.

$$V_f = \frac{2 n_f t_f w_f E_f \epsilon_f d}{s_f} \quad (1.30)$$

Denklem 1.30'te n_f tek yüzdeki LP sargı tabaka sayısını, t_f bir tabaka LP için etkili kalınlığı, w_f LP şeridinin genişliğini, E_f LP elastisite modulünü, ϵ_f LP etkin birim uzama sınırını, d eleman faydalı yüksekliğini, s_f ise LP şeritlerin, eksenden eksene olmak üzere, aralıklarını göstermektedir. Sargılamanın sürekli yapılması durumunda, $w_f = s_f$ alınacaktır. Etkin birim uzama değeri Denklem 1.31'e göre alınacaktır. Denklem 1.31'de bulunan 0.50 değeri, birim şekildeğiştirme etkinlik katsayısı, için Lam ve Teng (2003) 0.586, Harries ve Carey (2003) ise 251 deney sonucundan faydalanarak 0.58 değerini önermişlerdir. Carey ve Harries farklı ölçekli kolon numuneleri için bu değeri 0.57 ve 0.61 olarak bildirmişleridir.

$$\begin{aligned} \epsilon_f &\leq 0.004 \\ \epsilon_f &\leq 0.50 \epsilon_{fu} \end{aligned} \quad (1.31)$$

Denklem 1.31'te ϵ_{fu} LP kopma birim uzamasıdır. Süreksiz (şeritler halinde) LP kullanılması durumunda LP şeritlerin aralıkları s_f , $(w_f + d/4)$ değerini geçmeyecektir. Tipik kolon ve kiriş kesiti için bakınız Şekil 1.9.



Şekil 1.9 : Şekil 7E.1 (DBYBHY, 2007).

1.2.3.3 Kolonların eksenel basınç dayanımının artırılması

LP sargılama ile kolonların eksenel basınç dayanımlarının artırılabilmesi için, kolon kesitinin uzun boyutunun kısa boyutuna oranı ikiden fazla olmamalıdır. Kolonların

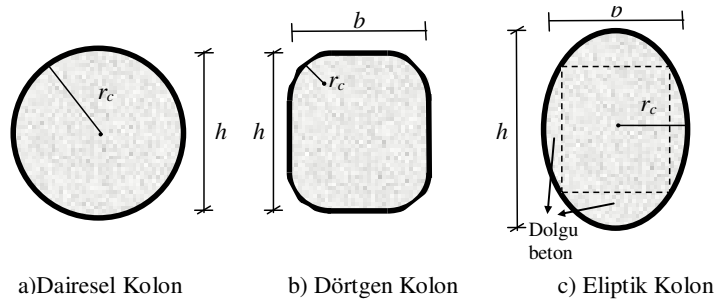
enkesitleri dikdörtgenden elipse dönüştürülerek LP'nin etkinliği arttırılabilir. Elips kesitlerde uzun boyutun kısa boyuta oranı en fazla üç olabilir. LP ile sargılanmış bir kolonun eksenel yük dayanımı hesaplanırken beton basınç dayanımı için f_{cd} yerine Denklem 1.32 ile belirlenen f_{cc} değeri kullanılacaktır.

$$f_{cc} = f_{cm} (1 + 2.4 (f_1 / f_{cm})) \geq 1.2 f_{cm} \quad (1.32)$$

Denklem 1.32'te f_{cm} sarılmamış betonun *mevcut basınç dayanımı*, f_1 LP sargının sağladığı yanal basınç miktarıdır. f_1 Denklem 1.33'ye göre hesaplanacaktır.

$$f_1 = \frac{1}{2} \kappa_a \rho_f \varepsilon_f E_f \quad (1.33)$$

Denklem 1.33'te ε_f Denklem 1.31 ile hesaplanacaktır. Bu denklemde κ_a kesit şekil etkinlik katsayısı, ρ_f LP hacimsel oranıdır. κ_a çeşitli kesitler için Denklem 1.34'de verilmiştir. Kesit geometrileri için bakınız Şekil 1.10.



Şekil 1.10 : Şekil 7E.2 (DBYBHY, 2007).

$$\kappa_a = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{Dairesel kesit} \\ \left(\frac{b}{h} \right) & \text{Elips kesit} \\ 1 - \frac{(b - 2r_c)^2 + (h - 2r_c)^2}{3bh} & \text{Dikdörtgen kesit} \end{array} \right\} \quad (1.34)$$

1.2.3.4 Kolonların sünekliğinin arttırılması

LP sargılama ile kolonların sünekliğinin arttırılabilmesi için, kolon kesitinin uzun boyutunun kısa boyutuna oranı ikiden fazla olmamalıdır. Elips kesitlerde uzun boyutun kısa boyuta oranı en fazla üç olabilir. LP ile sargılanmış bir kolonda sargılanmış beton basınç dayanımına karşı gelen birim kısalma (ϵ_{cc}) Denklem 1.35 ile belirlenebilir.

$$\epsilon_{cc} = 0.002 \left(1 + 15 (f_1 / f_{cm})^{0.75} \right) \quad (1.35)$$

Denklem 1.35’da f_1 Denklem 1.33 ile hesaplanacaktır. LP sargılama ile sünekliğin arttırılabilmesi için Denklem 1.32 ile belirtilmiş olan minimum dayanım artışı sağlanmalıdır.

(a) Doğrusal elastik hesap yöntemleri kullanılırken herhangi bir kolonda Denklem 1.35 ile hesaplanan ϵ_{cc} değerinin 0.018 değerinden büyük olması durumunda söz konusu kolonun sargılanmış olduğu, aksi halde sargılanmamış olduğu kabul edilir.

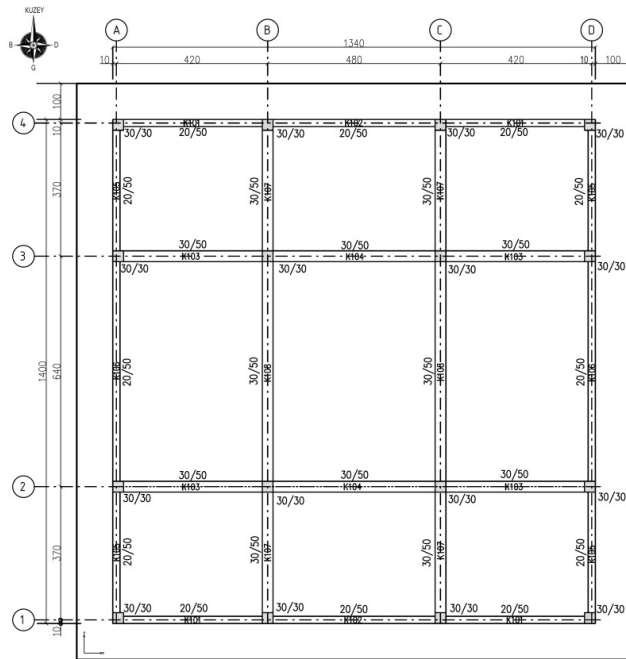
(b) Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri için LP ile sargılanmış kesitlerin moment-eğrilik ilişkisi elde edilirken, LP ile sargılanmış beton için iki doğrudan oluşacak şekilde idealleştirilmiş bir gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi kullanılabilir. Bu ilişkide büküm noktasında gerilme ve şekildeğiştirme değerleri f_c (kapasite) ve 0.002 alınabilir. Gerilme-şekildeğiştirme ilişkinin son noktasındaki değerler Denklem 1.32 ve Denklem 1.35 ile hesaplanır. Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği LP ile sargılanmış betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında, performans düzeylerine göre izin verilen maksimum beton birim kısalma değerleri kesit göçme sınırı için Denklem 1.35 ile hesaplanan değere eşit, güvenlik sınırı için Denklem 1.35 ile hesaplanan değer %75’i, minimum hasar sınırı için ise 0.004 alınacaktır. Bu değerler ve kesitteki donatı çeliğinin birim uzama değerleri DBYBHY Bölüm 7.6.9’da belirtilen üst sınırları aşamaz.

2. İNCELENEN YAPININ MEVCUT DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tez kapsamında incelenecek yapı, endüstriyel üretim işletmesine ait bir Terminal Trafo Binası' dır. Terminal Trafo Binası 1989 yılında projelendirilmiştir. Bölüm 2.1' de söz konusu yapıya ait geometrik ve yapısal detaylarla ilgili bilgilere yer verilmiştir.

2.1 Yapının Geometrik ve Malzeme Özellikleri

Yapının yükseliği 5,4m olup, tek katlı bir yapıdır. Kuzey-güney doğrultusunda 13.40m, doğu-batı doğrultusunda 1.4m oturum alanına sahiptir. Yapı sistemi 30x30 boyutundaki kolonlardan, 20/30 ve 20/50 olmak üzere de iki tip kiriş kesitinden oluşmaktadır. Şekil 2.1' de yapıya ait +4.65m kotu kalıp planı verilmiştir. Şekil 2.2 ve Şekil 2.3' de binanın dışarıdan görüldüğü fotoğraflara yer verilmiştir. Ayrıca Şekil 2.4, Şekil 2.5 ve Şekil 2.6' da bina plan ve kesitleri bulunmaktadır.



+4.65m KOTU KALIP PLANI

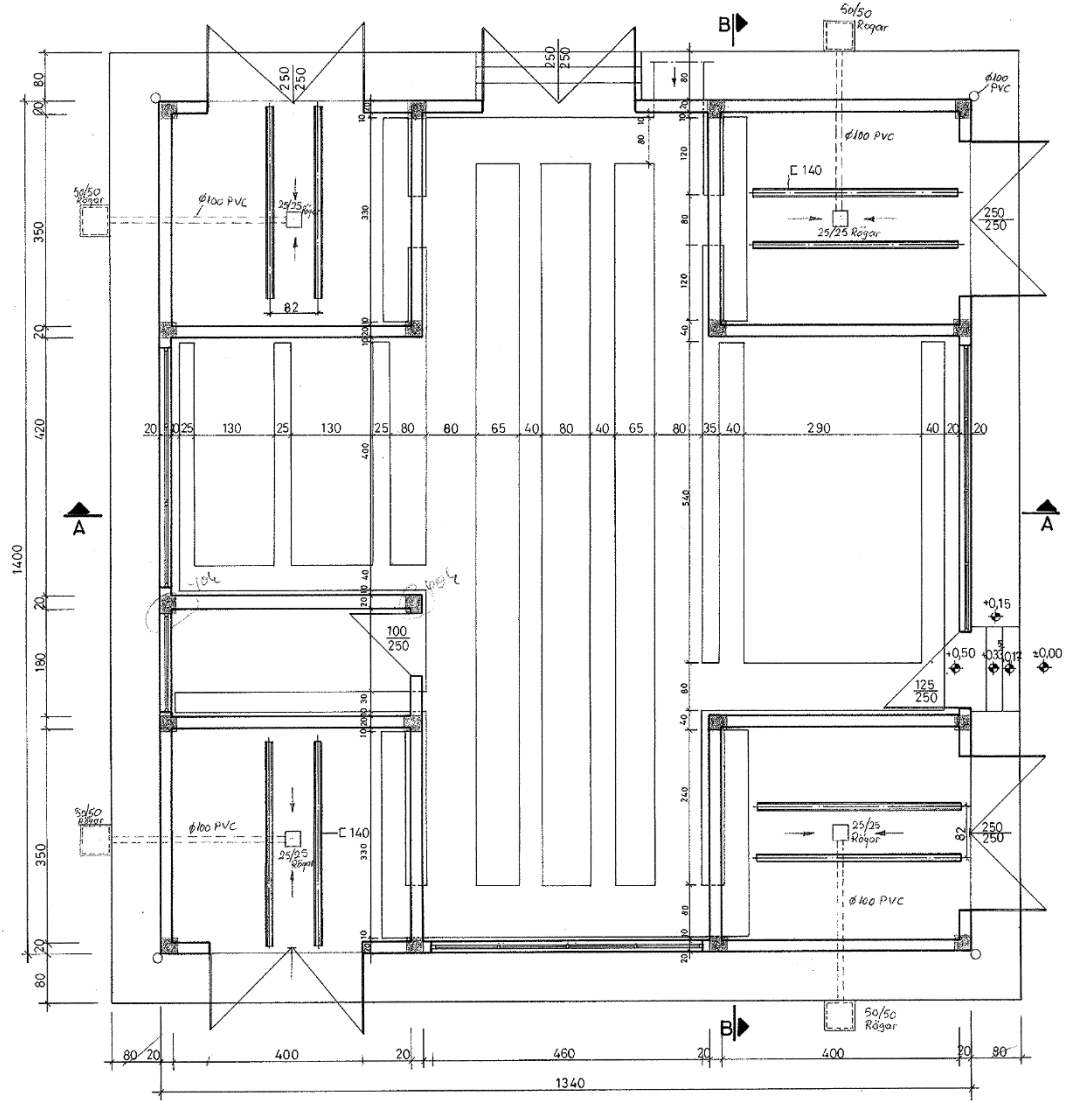
Şekil 2.1 : +4.65m kotu kalıp planı.



Şekil 2.2 : Bina görünüş-1.



Şekil 2.3 : Bina görünüş-2.

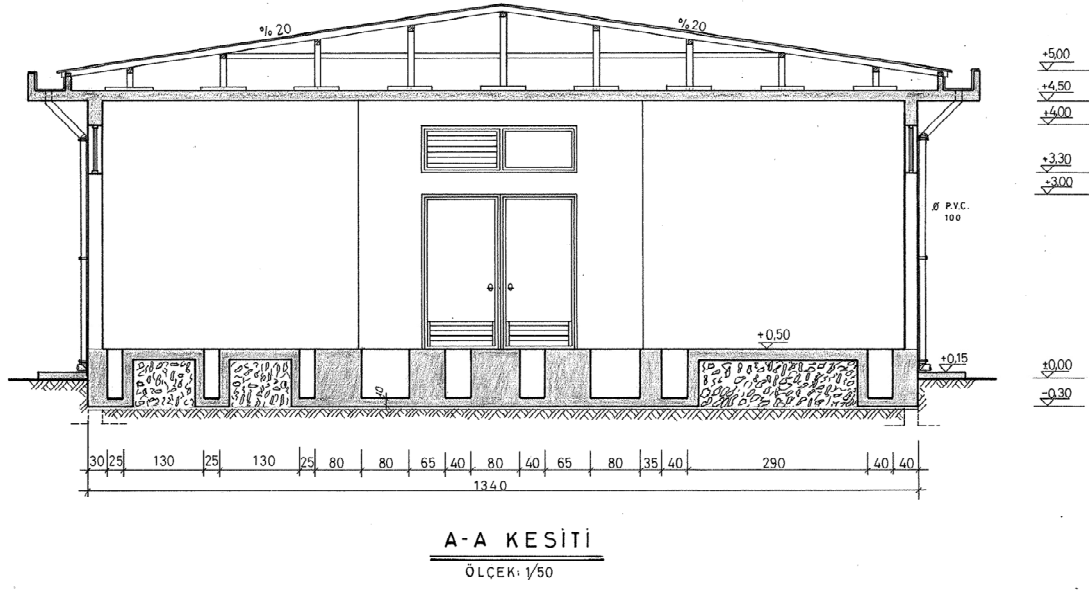


Şekil 2.4 : Mevcut projenin mimari planı.

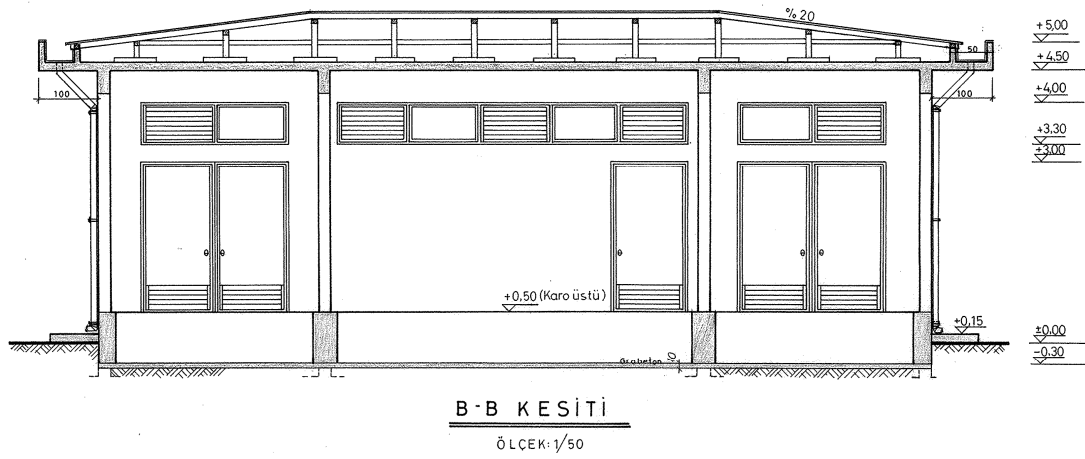
Yapıdan alınan karotlardan elde edilen basınç dayanımları 22.2Mpa ve 29.7Mpa arasında değişmektedir. Yapılan performans analizlerinde beton dayanımı 23MPa olarak dikkate alınmıştır. Yapıda enine donatılar için BÇI, boyuna donatılar içinse BÇIII kalitede malzeme kullanılmıştır.

Kolon ve kirişlerde enine donatılarda sıkılaştırma yapılmamış ve etriye kancaları projede 135° verilmesine rağmen 90° olarak imal edilmiştir.

Karot örneklerinin alınması, beton basınç dayanım deneyi ve mevcut donatıların tespiti ile ilgili çizelge ve şekiller EK-A' da verilmiştir.



Şekil 2.5 : Mevcut proje kesit A-A.



Şekil 2.6 : Mevcut proje kesit B-B.

2.2 Zemin Parametreleri, Depremsellik ve Tasarım Spektrumu

Yapının bulunduğu zemin sınıfı : Z2

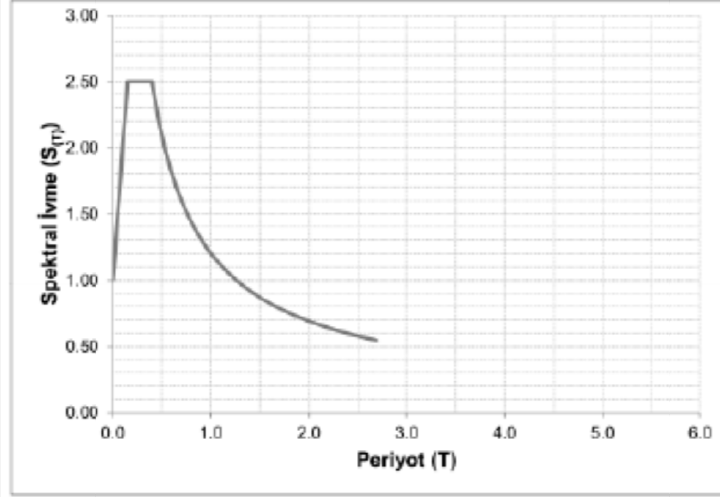
Spektrum Karakteristik Periyotları : $T_A = 0.15$

: $T_B = 0.40$

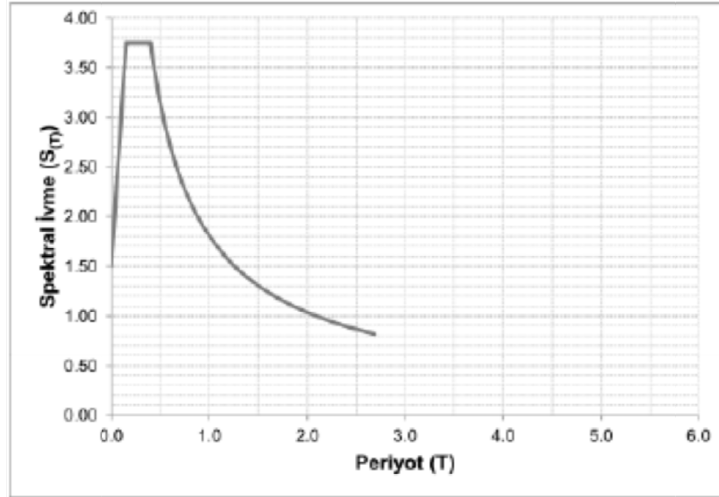
Etkin yer ivmesi kat sayısı : $A_0 = 0.40$

Deprem bölgesi : 1 Derece Deprem Bölgesi

Terminal Trafo Binası, DBYBHY Tablo 7.7' ye göre “Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar” kategorisinde yer aldığından, performans değerlendirilmesinde, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem düzeyinde (tasarım depremi) hemen kullanım şartını, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem düzeyinde (en büyük deprem) ise can güveliği şartını sağlaması esas alınmıştır.



Şekil 2.7 : Tasarım depremi için spektral ivme katsayıları.



Şekil 2.8 : En büyük deprem için spektral ivme katsayıları.

50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin tasarım spektrum ordinatları DBYBHY 7.8.1 maddesi gereğince, DBYBHY madde 2.4' te tanımlanan spektrum ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak dikkate alınmıştır. İvme spekturumu ordinatlarına karşılık gelen spektral ivme katsayıları için bakınız Şekil 2.7 ve Şekil 2.8.

2.3 Yapının Modal Analizi

Analizler, üç boyutlu dinamik analiz yapabilen SAP2000 V14 programı kullanılarak yapılmıştır. Bölüm 2.1 ve 2.2 de bahsedilen bilgiler ve bunlara ek olarak diğer yapı bilgileri aşağıda özetlenmiştir.

Yapı analizinde kullanılan birimler	: kN/m
Kat Sayısı	: 1
Kat Yüksekliği	: 5.4m
Hareketli Yük Katılım Kat Sayısı (n)	: 0.3
Bina Önem Kat Sayısı (I)	: 1
Etkin Yer İvmesi Kat Sayısı (A0)	: 0.4
Zemin Sınıfı	: Z2
Deprem Bölgesi	: 1. Derece
Spektrum Karakteristik Periyotları	: $T_A = 0.15s$ $T_B = 0.40s$
Tasarım Hesaplarında Kullanılan Yapı Periyotları,	
Dolgu Duvarların İhmal Edildiği Tasarım	: $T_x = 0.78s$ $T_y = 0.78s$
Dolgu Duvarların Dikkate Alındığı Tasarım	: $T_x = 0.44s$ $T_y = 0.37s$
Mevcut Beton Dayanımı	: 23 MPa
Çelik Sınıfı	: S220, S420
Bina Kullanım Amacı	: Trafo Binası (Endüstriyel Tesis)

Yapı çubuk elemanlar kullanılarak modellenmiştir. Döşeme yükleri kirişlere üçgen ve yamuk yayılı yük olarak etkilmiştir. Kat döşemeleri bu bina için deprem yönetmeliğinin de izin verdiği şekilde rijit diyafram olarak tariflenmiştir.

Yapının bilgi düzeyi kapsamlı olarak kabul edilip, bilgi düzeyi kat sayısı “1” olarak dikkate alınmıştır.

Analiz için yapılan yüklemeler, kolon ve kirişlerdeki donatı oranları EK-B’ de tariflenmiştir.

31

2.4 Yapının Dolgu Duvarlar İhmal Edilerek Performans Değerlendirmesi

2.4.1 Doğrusal yöntemle performans değerlendirme

EK-B' de verilen yüklemelerin dikkate alındığı bilgisayar modelinde yapılan modal analiz sonucunda etkin kütle oranları ve her iki doğrultudaki periyotlar Çizelge 2.1' de sunulmuştur.

Çizelge 2.1 : Bina modlarının periyotları ve etkin kütle oranları.

Mod	Periyot (s)	Etkin Kütle Oranları	
		X doğrultusu	Y doğrultusu
1	0,78	1	0
2	0,78	0	1
3	0,69	0	0

Bölüm 1.2.1' de yer verilen ve DBYBHY madde 7.5.1.1' de belirtildiği üzere, toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) DBYBHY Denk. 2.4' e göre hesabında, $R_a=1$ ve λ kat sayısı (kat yükseliğinin 1 olmasından dolayı) 1.0 alınarak taban kesme kuvveti katsayısı (C) elde edilmiştir. Aşağıda ilgili işlemler belirtilmiştir.

Elde edilen taban kesme kuvveti kat sayısı, SAP2000 bilgisayar modeline EX (X doğrultusundaki deprem yükü) ve EY (Y doğrultusundaki deprem yükü) deprem yükleri için ayrı ayrı kullanıcı girişi olarak tanımlanmıştır.

Duvarsız durumda $T_x = T_y = T$ olmak üzere;

Spektrum katsayısı $S(T)$, Denklem 2.1' e göre ,

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T) \quad (2.1)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{0.4}{0.78} \right)^{0.8} = 1.46$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$, Denklem 2.2' ye göre,

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (2.2)$$

$$A(T) = 0.4 \cdot 1.46 = 0.584$$

SAP2000 bilgisayar programına tanımlanan Taban Kesme Kuvveti Katsayısı (C) Denklem 2.3' e göre,

$$V(T) = \frac{W A_0(T_1)}{R_a(T_1)} \quad (2.3)$$

$$C = \frac{0.584}{1} = 0.584$$

Toplam eşdeğer deprem yükü taban kesme kuvveti V_t , Denklem 2.4' e göre,

$$V(T) = \frac{W A_0(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \lambda \quad (2.4)$$

$$V(T) = 0.584 \geq 0.04$$

şeklinde elde edilir.

2.4.1.1 Kolonların tahkiki

DBYBHY madde 7.5.2' de belirtildiği şekilde doğrusal elastik hesap yöntemleri ile hasar düzeylerinin belirlenmesinde kesitlerin etki/kapasite oranları (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır. Bunun yanı sıra kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan V_e ' nin, DBYBHY 7.2' de tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500' e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r ' yi aşmaması gerekir.

DBYBHY' nin Bilgilendirme Eki 7A, Bölüm 7.5 dikkate alınarak hesaplanan etki/kapasite oranları, kesit kesme güvenliği kontrolleri ve hasar bölgelerinin belirlenmesi ile ilgili olarak, tez kapsamında incelenen yapıya ait bir adet kolon ve kiriş, tasarım depremi için örnek irdelenmiştir.

Mevcut binaya ait diğer tüm elemanların tasarım depremi ve en büyük deprem altında hasar sınırlarının DBYBHY' ye göre analizleri EK-C' de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Kesit tesirleri (tasarım depremi).

Kolon no SAP2000	Kolon ucu	Kolon boyu m	Düşey yükler altındaki normal kuvvet	Düşey yükler altındaki moment	X doğrultusundaki tasarım depremi normal kuvvet	X doğrultusundaki tasarım depremi moment
			G+0,3Q	G+0,3Q	G+0,3Q+EX	G+0,3Q+EX
			P kN	M3 kNm	P kN	M3 kNm
1	i	4.8	-49.96	-1.38	8.13	158.57
1	j	4.8	-39.16	2.57	18.93	-126.24
2	i	4.8	-91.52	-0.36	-125.59	169.73
2	j	4.8	-80.72	0.68	-114.79	-146.96
3	i	4.8	-91.52	0.36	-57.45	170.45
3	j	4.8	-80.72	-0.68	-46.65	-148.31
4	i	4.8	-49.96	1.38	-108.05	161.34
4	j	4.8	-39.16	-2.57	-97.25	-131.38
8	i	4.8	-121.92	-0.36	-57.63	163.51
8	j	4.8	-111.12	0.68	-46.83	-135.41
9	i	4.8	-175.05	-0.55	-213.57	171.25
9	j	4.8	-164.25	1.03	-202.77	-149.78
10	i	4.8	-175.05	0.55	-136.53	172.35
10	j	4.8	-164.25	-1.03	-125.73	-151.84
11	i	4.8	-121.92	0.36	-186.21	164.24
11	j	4.8	-111.12	-0.68	-175.41	-136.76
15	i	4.8	-121.92	-0.36	-57.63	163.51
15	j	4.8	-111.12	0.68	-46.83	-135.41
16	i	4.8	-175.05	-0.55	-213.57	171.25
16	j	4.8	-164.25	1.03	-202.77	-149.78
17	i	4.8	-175.05	0.55	-136.53	172.35
17	j	4.8	-164.25	-1.03	-125.73	-151.84
18	i	4.8	-121.92	0.36	-186.21	164.24
18	j	4.8	-111.12	-0.68	-175.41	-136.76
22	i	4.8	-49.96	-1.38	8.13	158.57
22	j	4.8	-39.16	2.57	18.93	-126.24
23	i	4.8	-91.52	-0.36	-125.59	169.73
23	j	4.8	-80.72	0.68	-114.79	-146.96
24	i	4.8	-91.52	0.36	-57.45	170.45
24	j	4.8	-80.72	-0.68	-46.65	-148.31
25	i	4.8	-49.96	1.38	-108.05	161.34

Tasarım depremi altında kolonların kesit tesirleri Çizelge 2.2, kesit kapasiteleri ise Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4' de verilmiştir. İncelenen kolon kesitinin i ve j ucuna ait moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı Şekil 2.11 ve 2.12' de görülmektedir. D noktasının koordinatı düşey yüklerden oluşan M_D - N_D moment-eksenel kuvvet çiftine denk gelmektedir. D noktasından başlayıp etkileşim diyagramının dışına çıkan ikinci doğru parçasının yatay ve düşey izdüşümleri de deprem hesabından elde edilen M_E - N_E moment-eksenel kuvvet çiftine aittir. İkinci doğru parçasının etkileşim diyagramını kestiği K noktasının koordinatları ise kesitin M_K moment kapasitenini ve buna karşılık gelen N_K normal kuvvet değerini vermektedir. Buna göre DBYBHY Bilgilendirme Eki 7A' da belirtildiği şekilde artık moment kapasiteleri ve buna denk

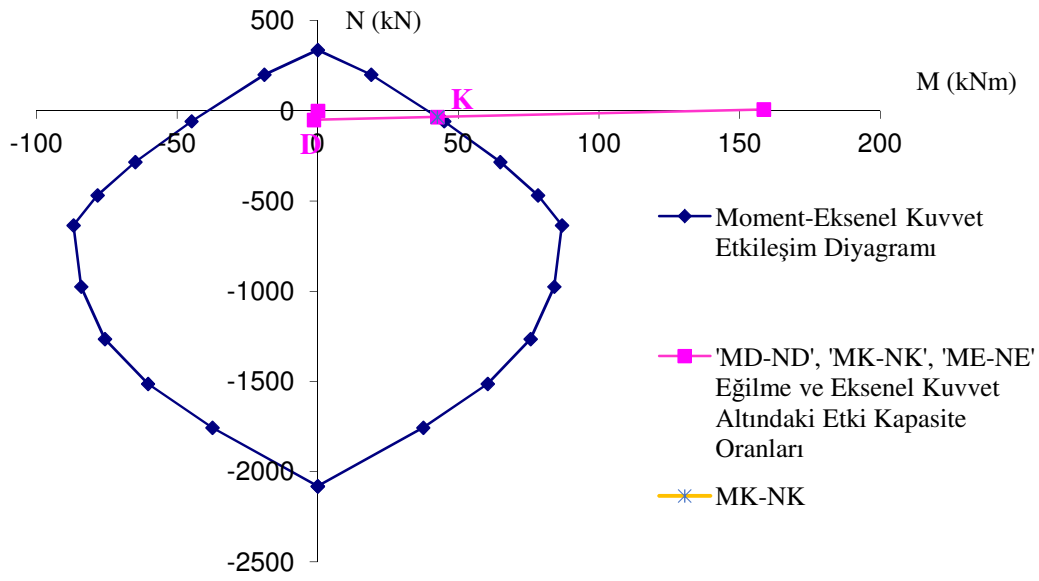
gelen normal kuvvet değerleri bulunmuş, kolon kesitinin etki/kapasite oranı DBYBHY 7A.2’ de verilen denkleme göre elde edilmiştir.

Çizelge 2.3 : Kesit kapasiteleri (no-1-i tasarım depremi).

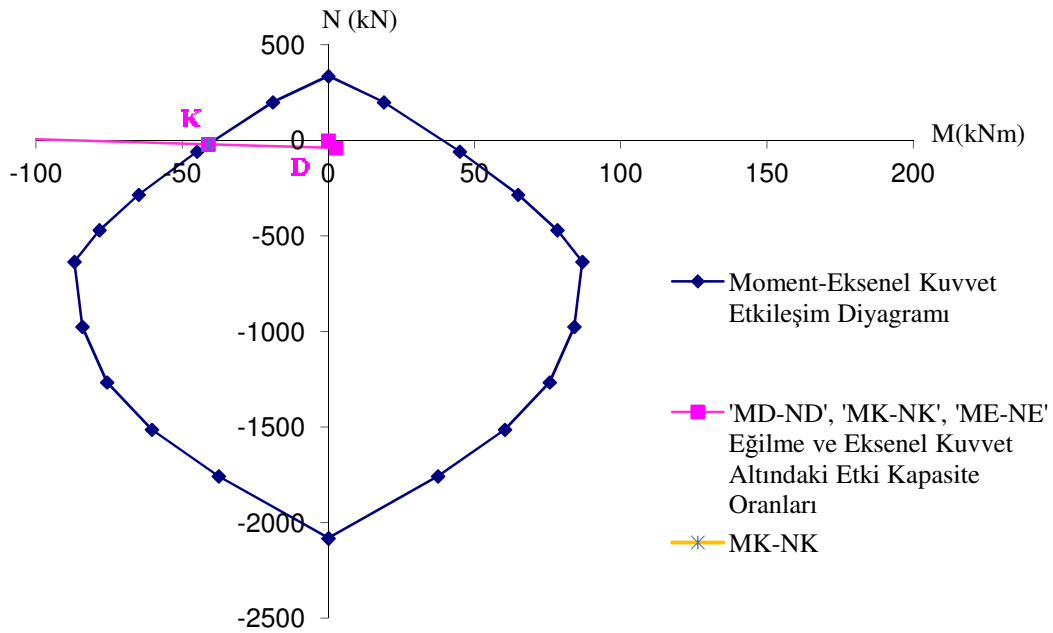
Kesitin Akma Eğrisi İçin Kullanılan Normal Kuvvet ve Moment Değerleri		Kesit Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet ve Kesit Moment Kapasitesi	
Normal Kuvvet kN	Moment kNm	N_K kN	M_K kNm
-2081	0		
-1757	37	24.87	204.65
-1513	60	6.59	154.31
-1265	76	-8.73	112.15
-975	84	-16.11	91.83
-635	87	-29.25	55.63
-469	78	-32.48	46.75
-283	65	-33.91	42.80
-58	45	-34.01	42.53
200	19	-30.94	50.99
338	0	-69.93	-56.38
200	-19	-66.07	-45.75
-58	-45	-66.03	-45.64
-283	-65	-67.35	-49.27
-469	-78	-70.43	-57.75
-635	-87	-82.61	-91.29
-975	-84	-89.34	-109.81
-1265	-76	-103.04	-147.54
-1513	-60	-118.88	-191.16
-1757	-37	-131.29	-225.33
-2081	0	-2081.46	-5594.97

Çizelge 2.4 : Kesit kapasiteleri (no-1-j tasarım depremi).

Kesitin Akma Eğrisi İçin Kullanılan Normal Kuvvet ve Moment Değerleri		Kesit Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet ve Kesit Moment Kapasitesi	
Normal Kuvvet kN	Moment kNm	N_K kN	M_K kNm
-2081	0		
-1757	37	-124.00	190.68
-1513	60	-104.50	147.45
-1265	76	-87.55	109.86
-975	84	-79.19	91.32
-635	87	-63.89	57.41
-469	78	-59.98	48.74
-283	65	-58.28	44.96
-58	45	-58.28	44.96
200	19	-63.00	55.42
338	0	-15.94	-48.91
200	-19	-19.48	-41.07
-58	-45	-19.28	-41.50
-283	-65	-17.41	-45.66
-469	-78	-13.28	-54.80
-635	-87	3.48	-91.98
-975	-84	12.86	-112.77
-1265	-76	32.31	-155.91
-1513	-60	55.60	-207.53
-1757	-37	74.34	-249.08
-2081	0	-2081.46	4530.94



Şekil 2.11 : Moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı (kolon no-1- i).



Şekil 2.12 : Moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı (kolon no-1- j).

Çizelge 2.5 ve 2.6'da düşey yüklerden ve deprem hesabından elde edilen moment-normal (M_D-N_D , M_E-N_E) kuvvet değerleriyle birlikte bunlara bağlı olarak elde edilen kesit moment kapasitesi (M_K) - normal kuvvet (N_K) ve artık moment kapasitesi (M_A) - normal kuvvet (N_A) değerleri belirtilmiştir. Tüm bunlara bağlı olarak elde

edilen “r” katsayısı (*etki/kapasite oranı*) 1 nolu kolonun i ucunda 3.64 ve j ucunda 2.95 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 2.5 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-i Tasarım Depremi).

	N _D (kN)	M _D (kNm)	N _E (kN)	M _E (kNm)	N _K (kN)	M _K (kNm)	N _A (kN)	M _A (kNm)
G+0,3Q	-50	-1						
G+0,3Q+EX			8	159				
Kapasite					-34	43		
Artık							16	44
r	3.64							

Çizelge 2.6 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-j Tasarım Depremi).

	N _D (kN)	M _D (kNm)	N _E (kN)	M _E (kNm)	N _K (kN)	M _K (kNm)	N _A (kN)	M _A (kNm)
G+0,3Q	-39	3						
G+0,3Q+EX			19	-126				
Kapasite					-19	-41		
Artık							20	-44
r	2,95							

$$\frac{N_K}{A_c f_{cm}} = \frac{34kN}{900cm^2 \cdot 23N/mm^2} = 0.02 \leq 0.1 \quad (2.5)$$

$$\frac{V_E}{b_w d f_{ctm}} = \frac{17kN}{300mm \cdot 250mm \cdot 1.68N/mm^2} = 0.14 \leq 0.65 \quad (2.6)$$

Örnek olarak 1 nolu kolonun i ucunu ele aldığımızda, Denklem 2.5 ve Denklem 2.6’ ya göre hesaplanan değerlerin ait olduğu aralıklar Çizelge 2.7’ de kalın fontlar ile gösterilmiştir. Etki kapasite oranı, i ucu için 3,64 olup kesit güvenlik sınırını karşılamamaktadır. Dolayısıyla 1 nolu kolon kesiti ileri hasar bölgesindedir. Mevcut yapıya ait tüm kolonların belirtilen şekilde analizleri EK-C’ de ayrı ayrı bulunmaktadır.

Kolonlarda enine donatı hesabında ele alınacak kesme kuvveti, V_e , DBYBHY Denk. 3.5 ile hesaplanmıştır ve DBYBHY Denk. 3.7’ deki şartların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir. Denklem 2.7 ve Denklem 2.8’ de örnek olarak 1 nolu kolonun kesme kapasitesi kontrolü örnek olarak verilmiştir. Mevcut yapıya ait diğer tüm kolonların kesme kapasitesi kontrolleri EK-C’ de verilmiştir.

$$V_e = (M_a + M_{\ddot{u}}) / l_n \quad (2.7)$$

$$V_e = (43kN + 41kN) / 4.8m = 17kN$$

$$V_r = (V_c + V_w) \quad (2.8)$$

Betonun kesme kapasitesine katkısı “0” alınmıştır.

$$V_w = (A_{sw}/s) f_{ywd} d = (101mm^2 / 250mm) 191N/mm^2 250mm = 19kN$$

$$V_e \leq V_r \Rightarrow 19kN \leq 24kN \quad (2.9)$$

$$V_e \leq 0.22 A_w f_{cd} \Rightarrow 17kN \leq 455kN$$

Denklem 2.9’ da görüldüğü üzere 1 nolu kolon kesiti kesme güvenliğini sağlamaktadır.

Çizelge 2.7 : Etki/kapasite oranları (no-1-i, tasarım depremi).

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
Nk/ (Ac*f _{cm})	Sargılama	V _e /b _w *d*f _{ctm}	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	—	—	1	1	1

2.4.1.2 Kirişlerin tahkiki

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan V_e’ nin, DBYBHY 7.2’ de tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500’ e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r’ yi aşmaması gerekir. Betonarme kiriş kesme kapasiteleri Çizelge 2.8’ de verilmiştir.

Mevcut yapıdaki kirişler için DBYBHY madde 3.4.5' te belirtilen kesme tahkikleri yapılmış, yapıdaki tüm kirişler gevrek olarak hasar görmüştür.

Çizelge 2.8 : Betonarme kiriş plastik moment kapasitleri.

Kiriş Adı		A _s Donatı Alanı (mm ²)	b _w Kesit Genişliği (mm)	d Kiriş Faydalı Yüksekliği (mm)	c Net Beton Örtüsü (mm)	f _{cm} Mevcut Beton Dayanımı (N/mm ²)	f _{ym} Mevcut Donatı Akma Dayanımı (N/mm ²)	a Eşdeğer Beton Basınç Bloğu Yüksekliği (mm)	M _p Kesit Plastik Moment Kapasitesi (kNm)	M _{pr} +M _{pj} Elverişsiz Sonuç Verecek Şekilde Hesaplanan Plastik Moment (kNm)	
K101	Alt	i	339	200	450	50	23	365	32	75	150
		j	452	200	450	50	23	365	42	99	
	Üst	i	226	200	450	50	23	365	21	51	
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
K102	Alt	i	226	200	450	50	23	365	21	51	150
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
	Üst	i	452	200	450	50	23	365	42	99	
		j	452	200	450	50	23	365	42	99	
K103	Alt	i	226	300	450	50	23	365	14	51	176
		j	226	300	450	50	23	365	14	51	
	Üst	i	452	300	450	50	23	365	28	101	
		j	565	300	450	50	23	365	35	125	
K104	Alt	i	226	300	450	50	23	365	14	51	176
		j	226	300	450	50	23	365	14	51	
	Üst	i	565	300	450	50	23	365	35	125	
		j	565	300	450	50	23	365	35	125	
K105	Alt	i	226	200	450	50	23	365	21	51	173
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
	Üst	i	339	200	450	50	23	365	32	75	
		j	565	200	450	50	23	365	53	122	
K106	Alt	i	226	200	450	50	23	365	21	51	173
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
	Üst	i	565	200	450	50	23	365	53	122	
		j	565	200	450	50	23	365	53	122	
K107	Alt	i	226	300	450	50	23	365	14	51	217
		j	226	300	450	50	23	365	14	51	
	Üst	i	760	300	450	50	23	365	47	166	
		j	452	300	450	50	23	365	28	101	
K108	Alt	i	308	300	450	50	23	365	19	69	235
		j	308	300	450	50	23	365	19	69	
	Üst	i	760	300	450	50	23	365	47	166	
		j	760	300	450	50	23	365	47	166	

Mevcut yapıdaki kirişler Çizelge 2.9’ da görüldüğü üzere DBYBHY denklem 3.10’ daki “ $V_e \leq V_r$ ” şartını sağlamamaktadır ve gevrek olarak hasar gören elemanlar sınıfına girmektedir.

Bölüm 2.4.1’ deki tüm çıktılar ve EK-C incelendiğinde, tasarım depremi etkisinde tüm kirişler gevrek olarak hasar görmüştür. X doğrultusundaki depremde kolonların %75’ i, Y doğrultusundaki depremde kolonların %63’ ü gevrek olarak hasar görmüştür.

Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde hemen kullanım şartlarını sağlamamaktadır. En büyük deprem etkisinde tüm kirişler gevrek olarak hasar görmüştür. X doğrultusundaki depremde kolonların %75’ i, Y doğrultusundaki depremde kolonların %63’ ü gevrek olarak hasar görmüştür. Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremde can güvenliği şartlarını sağlamamaktadır.

Çizelge 2.9 : Betonarme kirişler için kesme kontrolü (tasarım depremi).

Kiriş No	Kiriş Adı	Düşey Yüklerden Meydana Gelen Kiriş Kesme Kuvveti V_{dy} (kN)	Kiriş Serbest Açıklığı l_n (m)	Enine Donatı Hesabında Esas Alınan Kesme Kuvveti V_e (kN)	Kesit Kesme Dayanımı V_r (kN)	$0,22 b_w d f_c$	$V_e \leq V_r$	$V_e \leq 0,22 b_w d f_c$
5	K101	32	3.85	71	43	455	NOT OK	OK
6	K102	33	4.50	66	43	455	NOT OK	OK
7	K101	32	3.85	71	43	455	NOT OK	OK
12	K103	32	3.85	78	43	683	NOT OK	OK
13	K104	37	4.50	76	43	683	NOT OK	OK
14	K103	32	3.85	78	43	683	NOT OK	OK
19	K103	32	3.85	78	43	683	NOT OK	OK
20	K104	37	4.50	76	43	683	NOT OK	OK
21	K103	32	3.85	78	43	683	NOT OK	OK
26	K101	32	3.85	71	43	455	NOT OK	OK
27	K102	33	4.50	66	43	455	NOT OK	OK
28	K101	32	3.85	71	43	455	NOT OK	OK
29	K105	33	3.35	84	43	455	NOT OK	OK
30	K106	49	6.10	77	43	455	NOT OK	OK
31	K105	33	3.35	84	43	455	NOT OK	OK
32	K107	34	3.35	99	43	683	NOT OK	OK
33	K108	58	6.10	97	43	683	NOT OK	OK
34	K107	12	3.35	77	43	683	NOT OK	OK
35	K107	34	3.35	99	43	683	NOT OK	OK
36	K108	58	6.10	97	43	683	NOT OK	OK
37	K107	34	3.35	99	43	683	NOT OK	OK
38	K105	33	3.35	84	43	455	NOT OK	OK
39	K106	49	6.10	77	43	455	NOT OK	OK
40	K105	33	3.35	84	43	455	NOT OK	OK

2.4.1.3 Görelî kat ötelemelerinin kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusu için düşey taşıyıcı elemanların hasar sınırları görelî kat ötelemelerine göre kontrol edilir. Etki/kapasite kontrolü ile görelî kat ötelemeleri kontrolünün karşılaştırılması sonucunda düşey taşıyıcı elemanın hasar bölgesi belirlenir. Çizelge 2.10’da kolonların görelî kat ötelemesi oranları verilmiştir. Trafo yapısı için %10/50 ve %2/50 depremlerinde x ve y doğrultularının her ikisi için tüm belirgin hasar bölgesinde bulunmaktadır.

Çizelge 2.10 : Kolonların görelî kat öteleme oranları.

Frame	$\delta_{ji,x}/h_{ji}$ %10/50	$\delta_{ji,x}/h_{ji}$ %2/50	$\delta_{ji,y}/h_{ji}$ %10/50	$\delta_{ji,y}/h_{ji}$ %2/50
1	0.019	0.019	0.028	0.028
2	0.019	0.019	0.028	0.028
3	0.019	0.019	0.028	0.028
4	0.019	0.019	0.028	0.028
8	0.019	0.019	0.028	0.028
9	0.019	0.019	0.028	0.028
10	0.019	0.019	0.028	0.028
11	0.019	0.019	0.028	0.028
15	0.019	0.019	0.028	0.028
16	0.019	0.019	0.028	0.028
17	0.019	0.019	0.028	0.028
18	0.019	0.019	0.028	0.028
22	0.019	0.019	0.028	0.028
23	0.019	0.019	0.028	0.028
24	0.019	0.019	0.028	0.028
25	0.019	0.019	0.028	0.028

2.4.2 Doğrusal olmayan yöntemle performans değerlendirmesi

Bölüm 1.2.1’ de doğrusal olmayan spektral ve tepe yerdeğıştirmelerinin bulunmasında izlenen adımlar tariflenmiştir.

Eşit yerdeğıştirme kuralı, DBYBHY’ nin 7. bölümünde, çatlamış kesit rijitlikleri kullanılarak hesaplanmış hakim modun periyodu, T_B değerinden büyük olan yapılar için geçerlidir. Tez kapsamında incelenen Terminal Trafo Binası, Çizelge 2.1 incelendiğinde bu tanıma uymaktadır. Dolayısıyla spektral yerdeğıştirme oranı (CR1), “1” e eşit olacaktır.

Buna göre duvarların ihmal edildiğı durumda $T_x = T_y = T$ olmak üzere;

Spektrum katsayısı $S(T)$,

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T) \quad (2.11)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{0.4}{0.78} \right)^{0.8} = 1.46$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$,

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (2.12)$$

$$A(T) = 0.4 \cdot 1 \cdot 1.46 = 0.584$$

Elastik Spektral İvme $S_{ae}(T)$

$$S_{ae}(T) = A(T) \cdot g \quad (2.13)$$

$$S_{ae}(T) = 0.584 \cdot 9.81 = 5.72 \text{ m/s}^2$$

İtme analizinin ilk adımında birinci titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu

$$T_1^{(1)} = 2\pi / w_1^{(1)} \quad (2.14)$$

$$w_1^{(1)} = 2\pi / T_1^{(1)} = 2\pi / 0.78 = 8.055$$

İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(w_1^{(1)})^2} \quad (T_B < T) \quad (2.15)$$

$$S_{de1} = \frac{5.72}{8.055^2} = 0.088m$$

Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme

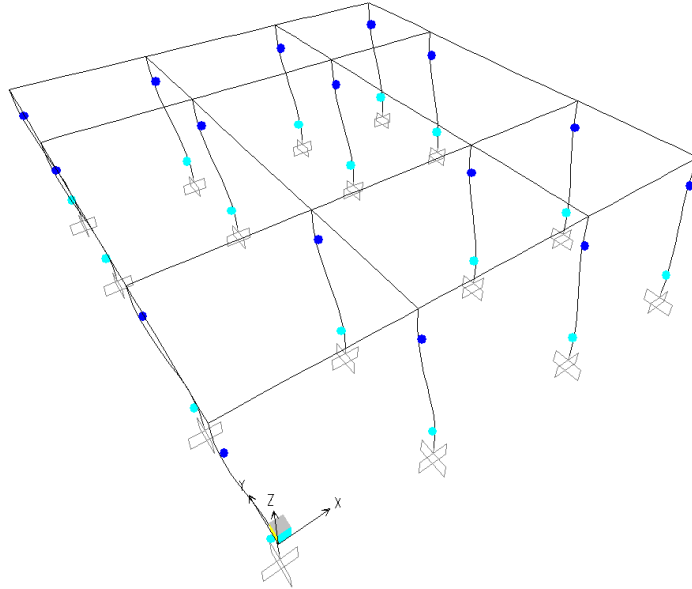
$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (T_B < T) \quad (2.16)$$

$$S_{di1} = 1 \cdot 0.088 = 0.088m$$

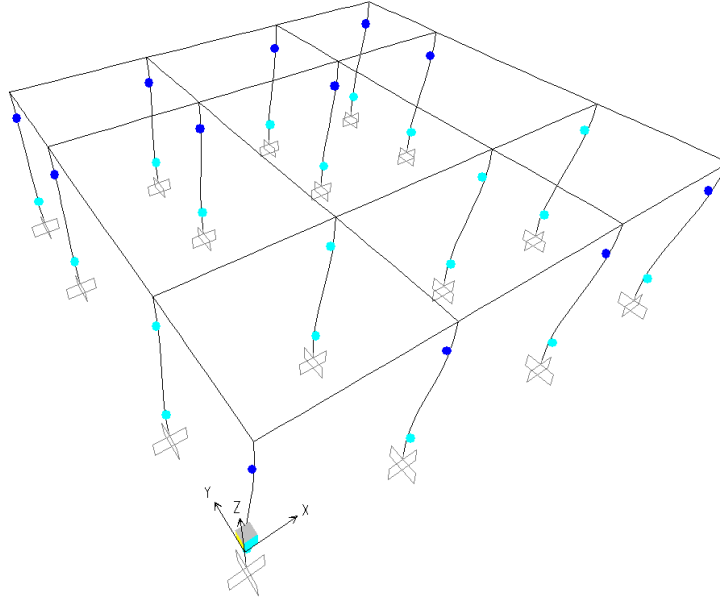
Doğrusal olmayan analizde kullanacağımız doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme (S_{di1}), 0.088m olarak bulunur.

Yapı, yukarıda bulunan tepe noktası yerdeğiştirme değerlerine ulaşınca kadar itilmiştir. Bu itme analizi sonucunda plastik mafsallar oluşmuş ve plastik dönmeler meydana gelmiştir. Şekil 2.13 ve Şekil 2.14'te X ve Y doğrultularında tasarım depremi etkisinde oluşan plastik mafsallar görülmektedir. Kesit hasarları için şekildeğiştirmelerin sınır değerleri Bölüm 1.2.1.5' de verilmiştir.

Kirişler için beton ve donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmeleri ve dolayısıyla kesit hasarları, kiriş kesitindeki eğilme momenti ve toplam dönme esas alınarak programa girilen sınır değerler sayesinde, programdan doğrudan okunur. Kolonlarda ise birim şekildeğiştirmelerin bulunmasında eğilme moment ve toplam dönme yanında, normal kuvvete de ihtiyaç duyulur.

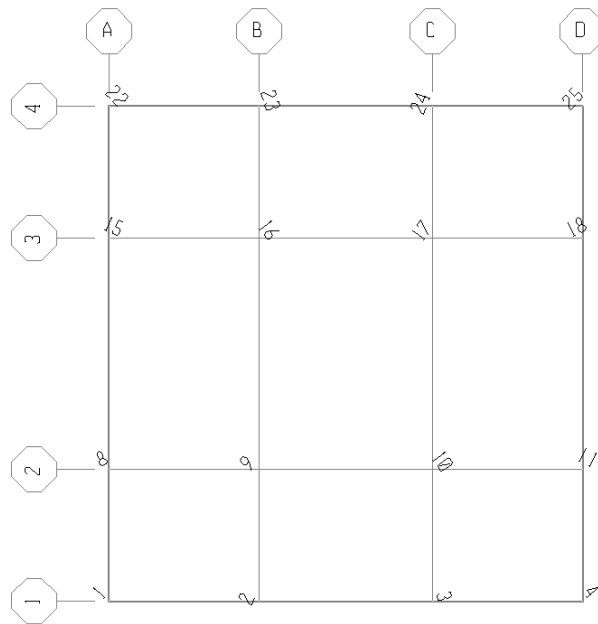


Şekil 2.13 : X doğrultusundaki tasarım depreminde plastikleşen kesitler.



Şekil 2.14 : Y doğrultusundaki tasarım depreminde plastikleşen kesitler.

XTRACT programı yardımı ile MN, GV ve GÇ sınır durumları için betonda veya donatı çeliğinde verilen şekildeğiştirme değerleri sabit kalacak şekilde, eksenleri “toplam eğrilik” ve “eksenel kuvvet” olan kapalı eğriler üç sınır durum için çizilir. Her bir farklı kesit için oluşturulan bu eğrilerin sınırladığı bölgeler içinde kalan plastik kesitlerin hasar bölgeleri bulunmuş olur. Kesit toplam eğriliğini bulabilmek için ilgili itme analizi sonucunda elde edilen plastik dönme değeri ilk önce plastik mafsal boyuna bölünerek plastik eğrilik bulunur. Plastik eğrilığe akma eğriligi değerinin eklenmesi ile toplam eğrilik elde edilir.



Şekil 2.15 : Kolon (frame) numaraları.

Kolonların numaraları Şekil 2.15'deki plan üzerinde gösterilmiş ve çizelgelerde “frame” başlığı altında verilmiştir.

Çizelge 2.11'de *Tasarım Depremi (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem)* altında her bir kolon için sırası ile normal kuvvet, plastik dönme, plastik eğrilik, elastik eğrilik değerleri görülebilir.

Çizelge 2.11 : Kolon eğrilik değerleri (tasarım depremi).

Frame	P kN	R3 Plastik Dönme	Plastik Eğrilik	Elastik Eğrilik	Toplam Eğrilik
1	-67,935	-0,0135	-0,089	0,0147	0,1046
2	-80,088	-0,0134	-0,0894	0,0147	0,1041
3	-104,013	-0,0132	-0,0877	0,0147	0,1024
4	-28,389	-0,0135	-0,0903	0,0147	0,1050
8	-145,36	-0,0128	-0,0852	0,0147	0,0999
9	-162,806	-0,0126	-0,0838	0,0147	0,0985
10	-187,897	-0,0121	-0,0809	0,0147	0,0956
11	-100,407	-0,0131	-0,0872	0,0147	0,1019
15	-145,36	-0,0128	-0,0852	0,0147	0,0999
16	-162,806	-0,0126	-0,0838	0,0147	0,0985
17	-187,897	-0,0121	-0,0809	0,0147	0,0956
18	-100,407	-0,0131	-0,0872	0,0147	0,1019
22	-67,935	-0,0135	-0,0899	0,0147	0,1046
23	-80,088	-0,0134	-0,0894	0,0147	0,1041
24	-104,013	-0,0132	-0,0877	0,0147	0,1024
25	-28,389	-0,0135	-0,0903	0,0147	0,1050

Tasarım depremi (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem) altında kolon kesitlerindeki birim şekildeğiştirmeler ve her bir kolon için hasar durumu Çizelge 2.12, Çizelge 2.13 ve Çizelge 2.14' de görülebilir. Buradaki beton birim şekildeğiştirmeleri Minimum Hasar Sınır (MN) için betonarme kesitin en dış lifi, Güvenlik ve Göçme sınırı için ise etriye içindeki bölgenin en dış lifi dikkate alınarak elde edilmiştir.

DBYBHY Bölüm 7.7.2' ye göre, herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10' u *Belirgin Hasar Bölgesi'* ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü *Minimum Hasar Bölgesi'* ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmesi kaydı ile, bu durumdaki binaların *Hemen Kullanım Performans Düzeyi'* nde olduğu kabul edilir. Buna göre Çizelge 2.12' de görüldüğü üzere *Tasarım Depremi'* nde hiçbir kolon *Minimum Hasar Sınırını* karşılamamaktadır.

Çizelge 2.12 : Tasarım depremi kesit minimum hasar sınırı (MN).

Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN)						
			Beton Üst Sınır		Donatı Üst Sınır	
			ϵ_{cu}		ϵ_s	
			0,0035		0,010	
Frame	P kN	Toplam Eğrilik	ϵ_{cu}	Beton Minimum Hasarı Sınırını	ϵ_s	Çelik Minimum Hasar Sınırını
1	-68,25	0,1046	0,004706	Karşılamıyor	0,019270	Karşılamıyor
2	-79,78	0,1041	0,004652	Karşılamıyor	0,018780	Karşılamıyor
3	-104,72	0,1024	0,004791	Karşılamıyor	0,018540	Karşılamıyor
4	-28,63	0,1050	0,004184	Karşılamıyor	0,018620	Karşılamıyor
8	-145,51	0,0999	0,004808	Karşılamıyor	0,017490	Karşılamıyor
9	-163,06	0,0985	0,006001	Karşılamıyor	0,017120	Karşılamıyor
10	-186,68	0,0956	0,005972	Karşılamıyor	0,016250	Karşılamıyor
11	-100,27	0,1019	0,004451	Karşılamıyor	0,018550	Karşılamıyor
15	-145,51	0,0999	0,004808	Karşılamıyor	0,017490	Karşılamıyor
16	-163,06	0,0985	0,006001	Karşılamıyor	0,017120	Karşılamıyor
17	-186,68	0,0956	0,005972	Karşılamıyor	0,016250	Karşılamıyor
18	-100,27	0,1019	0,004451	Karşılamıyor	0,018550	Karşılamıyor
22	-68,25	0,1046	0,004706	Karşılamıyor	0,019270	Karşılamıyor
23	-79,78	0,1041	0,004652	Karşılamıyor	0,018780	Karşılamıyor
24	-104,72	0,1024	0,004791	Karşılamıyor	0,018540	Karşılamıyor
25	-28,63	0,1050	0,004184	Karşılamıyor	0,018620	Karşılamıyor

Çizelge 2.13 : Tasarım depremi kesit güvenlik sınırı (GV).

Kesit Güvenlik Sınırı (GV)						
			Beton Üst Sınır		Donatı Üst Sınır	
			ϵ_{cu}		ϵ_s	
			0,0135		0,040	
Frame	P kN	Toplam Eğrilik	ϵ_{cu}	Beton Minimum Hasarı Sınırını	ϵ_s	Çelik Minimum Hasar Sınırını
1	-68,25	0,105	0,000460	Karşılıyor	0,019270	Karşılıyor
2	-79,78	0,104	0,000503	Karşılıyor	0,018780	Karşılıyor
3	-104,72	0,102	0,000660	Karşılıyor	0,018540	Karşılıyor
4	-28,63	0,105	0,000146	Karşılıyor	0,018620	Karşılıyor
8	-145,51	0,100	0,000858	Karşılıyor	0,017490	Karşılıyor
9	-163,06	0,099	0,001906	Karşılıyor	0,017120	Karşılıyor
10	-186,68	0,096	0,002037	Karşılıyor	0,016250	Karşılıyor
11	-100,27	0,102	0,000624	Karşılıyor	0,018550	Karşılıyor
15	-145,51	0,100	0,000858	Karşılıyor	0,017490	Karşılıyor
16	-163,06	0,099	0,001906	Karşılıyor	0,017120	Karşılıyor
17	-186,68	0,096	0,002037	Karşılıyor	0,016250	Karşılıyor
18	-100,27	0,102	0,000624	Karşılıyor	0,018550	Karşılıyor
22	-68,25	0,105	0,000460	Karşılıyor	0,019270	Karşılıyor
23	-79,78	0,104	0,000503	Karşılıyor	0,018780	Karşılıyor
24	-104,72	0,102	0,000660	Karşılıyor	0,018540	Karşılıyor
25	-28,63	0,105	0,000146	Karşılıyor	0,018620	Karşılıyor

Çizelge 2.14 : Tasarım depremi kesit göçme sınırı (GÇ).

Frame	P kN	Toplam Eğrilik	Kesit Güvenlik Sınırı (GÇ)			
			Beton Üst Sınır		Donatı Üst Sınır	
			ϵ_{cu}		ϵ_s	
			0,018		0,060	
			ϵ_{cu}	Beton Minimum Hasarı Sınırını	ϵ_s	Çelik Minimum Hasar Sınırını
1	-68,25	0,105	0,000460	Karşılıyor	0,019270	Karşılıyor
2	-79,78	0,104	0,000503	Karşılıyor	0,018780	Karşılıyor
3	-104,72	0,102	0,000660	Karşılıyor	0,018540	Karşılıyor
4	-28,63	0,105	0,000146	Karşılıyor	0,018620	Karşılıyor
8	-145,51	0,100	0,000858	Karşılıyor	0,017490	Karşılıyor
9	-163,06	0,099	0,001906	Karşılıyor	0,017120	Karşılıyor
10	-186,68	0,096	0,002037	Karşılıyor	0,016250	Karşılıyor
11	-100,27	0,102	0,000624	Karşılıyor	0,018550	Karşılıyor
15	-145,51	0,100	0,000858	Karşılıyor	0,017490	Karşılıyor
16	-163,06	0,099	0,001906	Karşılıyor	0,017120	Karşılıyor
17	-186,68	0,096	0,002037	Karşılıyor	0,016250	Karşılıyor
18	-100,27	0,102	0,000624	Karşılıyor	0,018550	Karşılıyor
22	-68,25	0,105	0,000460	Karşılıyor	0,019270	Karşılıyor
23	-79,78	0,104	0,000503	Karşılıyor	0,018780	Karşılıyor
24	-104,72	0,102	0,000660	Karşılıyor	0,018540	Karşılıyor
25	-28,63	0,105	0,000146	Karşılıyor	0,018620	Karşılıyor

Çizelge 2.15'te *En Büyük Deprem (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem)* altında her bir kolon için sırası ile normal kuvvet, plastik dönme, plastik eğrilik, elastik eğrilik değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.15 : Kolon eğrilik değerleri (en büyük deprem).

Frame	P kN	R3 Plastik Dönme	Plastik Eğrilik	Elastik Eğrilik	Toplam Eğrilik
1	-68,25	-0,0229	-0,1525	0,0147	0,1672
2	-79,78	-0,0229	-0,1524	0,0147	0,1671
3	-104,72	-0,0224	-0,1492	0,0147	0,1639
4	-28,63	-0,0225	-0,1502	0,0147	0,1649
8	-145,51	-0,0219	-0,1460	0,0147	0,1607
9	-163,06	-0,0218	-0,1453	0,0147	0,1600
10	-186,68	-0,0209	-0,1391	0,0147	0,1538
11	-100,27	-0,0223	-0,1485	0,0147	0,1632
15	-145,51	-0,0219	-0,1460	0,0147	0,1607
16	-163,06	-0,0218	-0,1453	0,0147	0,1600
17	-186,68	-0,0209	-0,1391	0,0147	0,1538
18	-100,27	-0,0223	-0,1485	0,0147	0,1632
22	-68,25	-0,0229	-0,1525	0,0147	0,1672
23	-79,78	-0,0229	-0,1524	0,0147	0,1671
24	-104,72	-0,0224	-0,1492	0,0147	0,1639
25	-28,63	-0,0225	-0,1502	0,0147	0,1649

Çizelge 2.16 : En büyük deprem kesit minimum hasar sınırı (MN).

Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN)						
Frame	P kN	Toplam Eğrilik	Beton Üst Sınır		Donatı Üst Sınır	
			ϵ_{cu}		ϵ_s	
			0,0035		0,010	
			ϵ_{cu}	Beton Minimum Hasarı Sınırını	ϵ_s	Çelik Minimum Hasar Sınırını
1	-68,25	0,1672	0,009682	Karşılamıyor	0,028420	Karşılamıyor
2	-79,78	0,1671	0,009991	Karşılamıyor	0,029020	Karşılamıyor
3	-104,72	0,1639	0,009937	Karşılamıyor	0,028050	Karşılamıyor
4	-28,63	0,1649	0,009236	Karşılamıyor	0,028590	Karşılamıyor
8	-145,51	0,1607	0,009911	Karşılamıyor	0,026710	Karşılamıyor
9	-163,06	0,1600	0,010210	Karşılamıyor	0,026390	Karşılamıyor
10	-186,68	0,1538	0,010780	Karşılamıyor	0,025120	Karşılamıyor
11	-100,27	0,1632	0,009642	Karşılamıyor	0,028070	Karşılamıyor
15	-145,51	0,1607	0,009911	Karşılamıyor	0,026710	Karşılamıyor
16	-163,06	0,1600	0,010210	Karşılamıyor	0,026390	Karşılamıyor
17	-186,68	0,1538	0,010780	Karşılamıyor	0,025120	Karşılamıyor
18	-100,27	0,1632	0,009642	Karşılamıyor	0,028070	Karşılamıyor
22	-68,25	0,1672	0,009682	Karşılamıyor	0,028420	Karşılamıyor
23	-79,78	0,1671	0,009991	Karşılamıyor	0,029020	Karşılamıyor
24	-104,72	0,1639	0,009937	Karşılamıyor	0,028050	Karşılamıyor
25	-28,63	0,1649	0,009236	Karşılamıyor	0,028590	Karşılamıyor

Çizelge 2.17 : En büyük deprem kesit güvenlik sınırı (GV).

Kesit Güvenlik Sınırı(GV)						
Frame	P kN	Toplam Eğrilik	Beton Üst Sınır		Donatı Üst Sınır	
			ϵ_{cu}		ϵ_s	
			0,0135		0,040	
			ϵ_{cu}	Beton Minimum Hasarı Sınırını	ϵ_s	Çelik Minimum Hasar Sınırını
1	-68,25	0,167	0,002934	Karşılıyor	0,028420	Karşılıyor
2	-79,78	0,167	0,003082	Karşılıyor	0,029020	Karşılıyor
3	-104,72	0,164	0,003209	Karşılıyor	0,028050	Karşılıyor
4	-28,63	0,165	0,002537	Karşılıyor	0,028590	Karşılıyor
8	-145,51	0,161	0,003426	Karşılıyor	0,026710	Karşılıyor
9	-163,06	0,160	0,003730	Karşılamıyor	0,026390	Karşılıyor
10	-186,68	0,154	0,004424	Karşılamıyor	0,025120	Karşılıyor
11	-100,27	0,163	0,003169	Karşılıyor	0,028070	Karşılıyor
15	-145,51	0,161	0,003426	Karşılıyor	0,026710	Karşılıyor
16	-163,06	0,160	0,003730	Karşılamıyor	0,026390	Karşılıyor
17	-186,68	0,154	0,004424	Karşılamıyor	0,025120	Karşılıyor
18	-100,27	0,163	0,003169	Karşılıyor	0,028070	Karşılıyor
22	-68,25	0,167	0,002934	Karşılıyor	0,028420	Karşılıyor
23	-79,78	0,167	0,003082	Karşılıyor	0,029020	Karşılıyor
24	-104,72	0,164	0,003209	Karşılıyor	0,028050	Karşılıyor
25	-68,25	0,167	0,002934	Karşılıyor	0,028420	Karşılıyor

En Büyük deprem (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem) altında kolon kesitlerindeki birim şekildeğiştirmeler ve her bir kolon için hasar durumu Çizelge 2.16, Çizelge 2.17 ve Çizelge 2.18’de verilmiştir.

DBYBHY Bölüm 7.7.2’ ye göre, Can Güvenliği Performans Düzeyinin sağlanması için, herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30’ u *İleri Hasar Bölgesi*’ ne geçebilir. Her bir katta İHB’ne geçen düşey taşıyıcılar tarafından taşınan kesme kuvvetinin o kattaki toplam kesme kuvvetine oranı %20’yi aşmamalıdır. Bu oran çatı katında %40’ı geçmemelidir. Ayrıca gevrek hasar gören taşıyıcı eleman olmamalıdır.

Betonarme kolon-kiriş birleşimlerinde tüm sınır durumları için birleşime etki eden ve Denklem 2.17’den hesaplanacak kesme kuvvetlerinin kuşatılmış kesitler için Denklem 2.18 ve kuşatılmamış kesitler için Denklem 2.19’ da verilen kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Birleşim kesme kuvvetinin kesme dayanımını aşması durumunda bu birleşime saplanan tüm elemanlar göçme bölgesinde kabul edilecektir.

Çizelge 2.18 : En büyük deprem kesit göçme sınırı (GÇ).

Frame	P kN	Toplam Eğrilik	Kesit Göçme Sınırı (CÇ)			
			ϵ_{cu}	Beton Üst Sınır	Donatı Üst Sınır	Çelik Minimum Hasar Sınırını
				ϵ_{cu}	ϵ_s	
				0,018 Beton Minimum Hasarı Sınırını	0,060 ϵ_s	
1	-68,25	0,167	0,002934	Karşılıyor	0,028420	Karşılıyor
2	-79,78	0,167	0,003082	Karşılıyor	0,029020	Karşılıyor
3	-104,72	0,164	0,003209	Karşılıyor	0,028050	Karşılıyor
4	-28,63	0,165	0,002537	Karşılıyor	0,028590	Karşılıyor
8	-145,51	0,161	0,003426	Karşılıyor	0,026710	Karşılıyor
9	-163,06	0,160	0,003730	Karşılıyor	0,026390	Karşılıyor
10	-186,68	0,154	0,004424	Karşılamıyor	0,025120	Karşılıyor
11	-100,27	0,163	0,003169	Karşılıyor	0,028070	Karşılıyor
15	-145,51	0,161	0,003426	Karşılıyor	0,026710	Karşılıyor
16	-163,06	0,160	0,003730	Karşılıyor	0,026390	Karşılıyor
17	-186,68	0,154	0,004424	Karşılamıyor	0,025120	Karşılıyor
18	-100,27	0,163	0,003169	Karşılıyor	0,028070	Karşılıyor
22	-68,25	0,167	0,002934	Karşılıyor	0,028420	Karşılıyor
23	-79,78	0,167	0,003082	Karşılıyor	0,029020	Karşılıyor
24	-104,72	0,164	0,003209	Karşılıyor	0,028050	Karşılıyor
25	-28,63	0,165	0,002537	Karşılıyor	0,028590	Karşılıyor

$$V_e = 1.25 f_{yk} (A_{s1} + A_{s2}) - V_{istem} \quad (2.17)$$

$$V_e \leq 0.60 b_j h f_{cm} \quad (2.18)$$

$$V_e \leq 0.45 b_j h f_{cm} \quad (2.19)$$

Çizelge 2.19’de X doğrultusundaki depremde birleşim bölgelerinin yeterli kesme güvenliğinin bulunduğu gösterilmiştir.

Kolonların kesme kontrolü, kesme kuvveti istemlerinin kesit kapasiteleri ile karşılaştırılması sayesinde yapılır. Çizelge 2.20’de X doğrultulu en büyük deprem etkileri altında hesaplanmış kat kesme istemleri ile kesit kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Buna göre Çizelge 2.20’de görüldüğü üzere en büyük depremde Göçme Bölgesi’ne geçen kolonlar bulunmaktadır.

Çizelge 2.19 : En büyük deprem kolon-kiriş bölgesi kesme güvenliği kontrolü.

Frame	V_{istem} kN	$A_{s1}+A_{s2}$ mm ²	V_e kN	$0.45 b_j h f_{cd}$ kN	$0.60 b_j h f_{cd}$ kN
1	19,16	339	158,82	931,50	-
2	19,90	678	336,05	931,50	-
3	20,40	678	335,55	931,55	-
4	18,84	339	159,14	931,50	-
8	21,81	452	215,49	931,50	-
9	22,60	791	392,68	-	-
10	24,34	791	390,94	-	1242,00
11	20,30	452	217,00	931,50	-
15	21,81	452	215,49	931,50	-
16	22,60	791	392,68	-	1242,00
17	24,34	791	390,94	-	1242,00
18	20,30	452	217,00	931,50	-
22	19,16	339	158,82	931,50	-
23	19,90	678	336,05	931,50	-
24	20,40	678	335,55	931,50	-
25	18,84	339	159,14	931,50	-

Bu bölümde elde edilen sonuçlar incelendiğinde, tasarım depremi etkisinde kirişlerde mafsallaşma oluşmamıştır. Her iki doğrultuda da kirişler tasarım ve en büyük depremde minimum hasar bölgesindedir. X ve Y doğrultusundaki tasarım depremde kolonların %100, minimum hasar sınırını geçmiştir. Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde hemen kullanım şartlarını sağlamamaktadır. Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremde can güvenliği şartlarını sağlamamaktadır.

Çizelge 2.20 : En büyük deprem kolon kesme güvenliği kontrolü.

Frame	V_{istem} kN	$A_{sw}f_{ywm} d/s$ kN
1	19,16	19,10
2	19,90	19,10
3	20,40	19,10
4	18,84	19,10
8	21,81	19,10
9	22,60	19,10
10	24,34	19,10
11	20,30	19,10
15	21,81	19,10
16	22,60	19,10
17	24,34	19,10
18	20,30	19,10
22	19,16	19,10
23	19,90	19,10
24	20,40	19,10
25	18,84	19,10

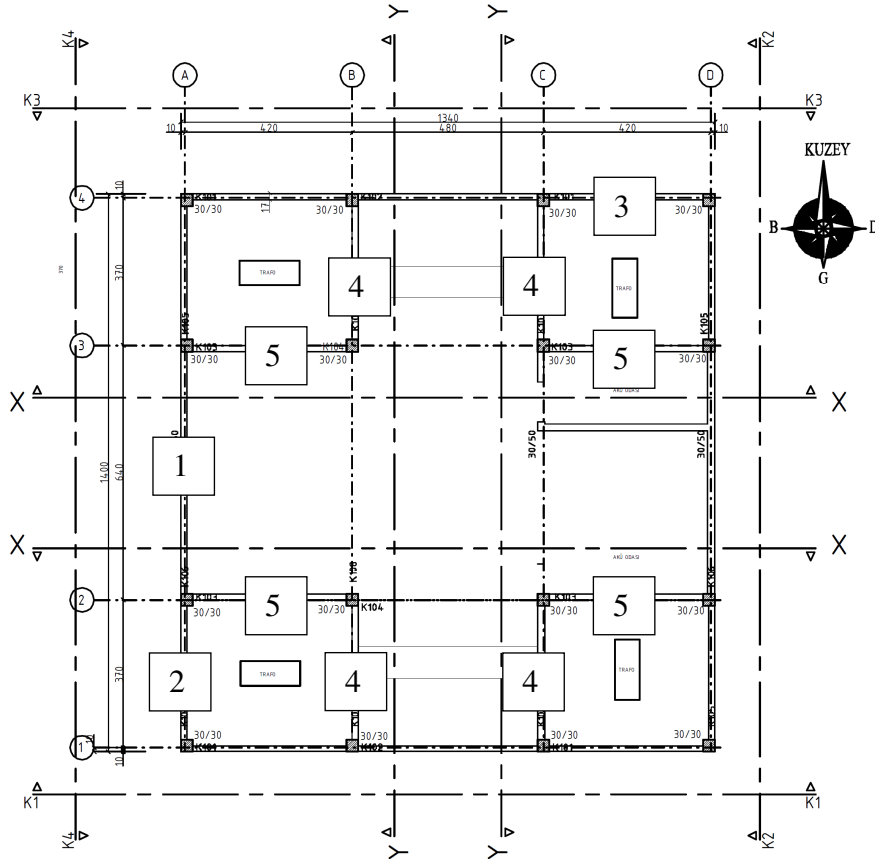
2.5 Yapının Dolgu Duvarlar Dikkate Alınarak Performans Değerlendirmesi

2.5.1 Dolgu duvarların modellenmesi

Bu bölümde Al Chaar (2002) ve FEMA 273'te verilen yöntemlere uygun olarak dolgu duvarlar modellenmiştir. Dolgu duvarların modellenmesi esnasında, duvarların oluşturduğu kısa kolon bölgeleri modele dahil edilmiştir.

Dolgu duvarlar SAP2000 programında “multilinearplastic” link elemanı kullanılarak modellenmiştir. Bu eleman, keyfi bir kuvvet-yerdeğiştirme eğrisi çok sayıda nokta ile belirlemeye izin vermekte ve bu sayede özellikle dayanım kaybına uğrayan elemanların modellenmesi için kullanılabilir.

FEMA 273'te dolgu duvarı için verilen dayanım kayıp noktasındaki ani dayanım düşüşü “multilinearplastic” link elemanı sayesinde birçok adımda modellenip doğrusal olmayan çözümünde yakınsaklık problemleri en aza indirilmiştir. Şekil 2.16, Şekil 2.17 ve Şekil 2.18’ de yapı duvar planı ve görünüşleri verilmiştir.



Şekil 2.16 : Yapı duvar planı ve duvarların modeldeki numaraları.

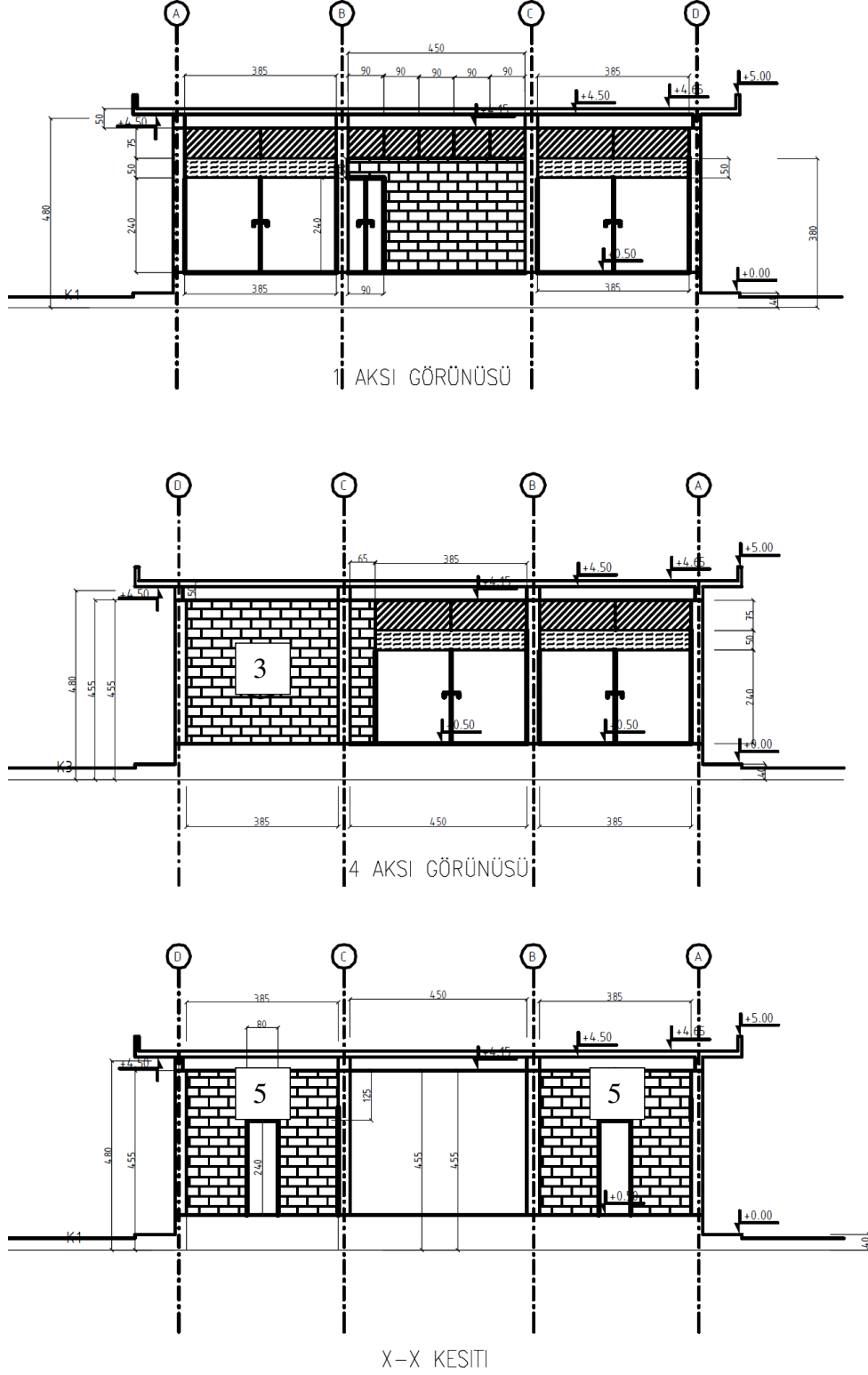
Şekil 2-19’da detaylı olarak gösterilen dolgu duvar eşdeğer basınç çubuğunun kuvvet-yerdeğiştirme ilişkileri için kuvvet ve yerdeğiştirme değerleri Çizelge 2.21’de verilmiştir. Burada Δ_B eşdeğer basınç çubuğunun kapasite kuvvetine ulaştığı yerdeğiştirmeyi (çubuk eksenel kısalması), Δ_C ise eşdeğer basınç çubuğunun kapasitesini kaybettiği yerdeğiştirmeyi (çubuk eksenel kısalması) göstermektedir.

Çizelge 2.21 : Dolgu duvar kuvvet-yerdeğiştirme ilişkileri.

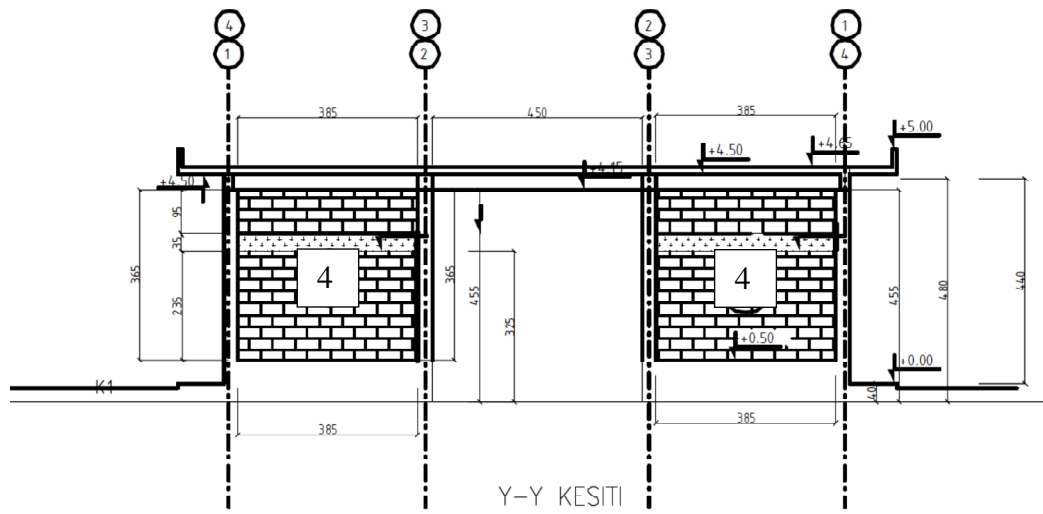
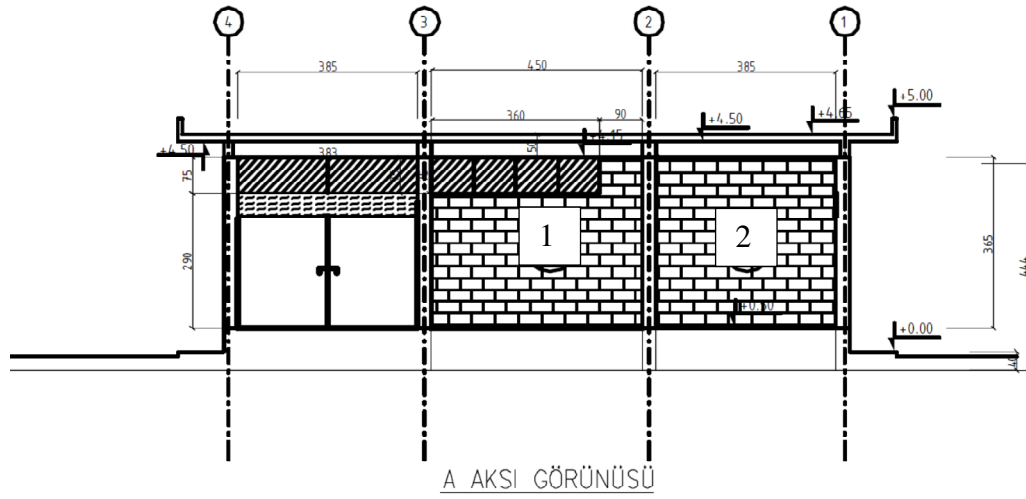
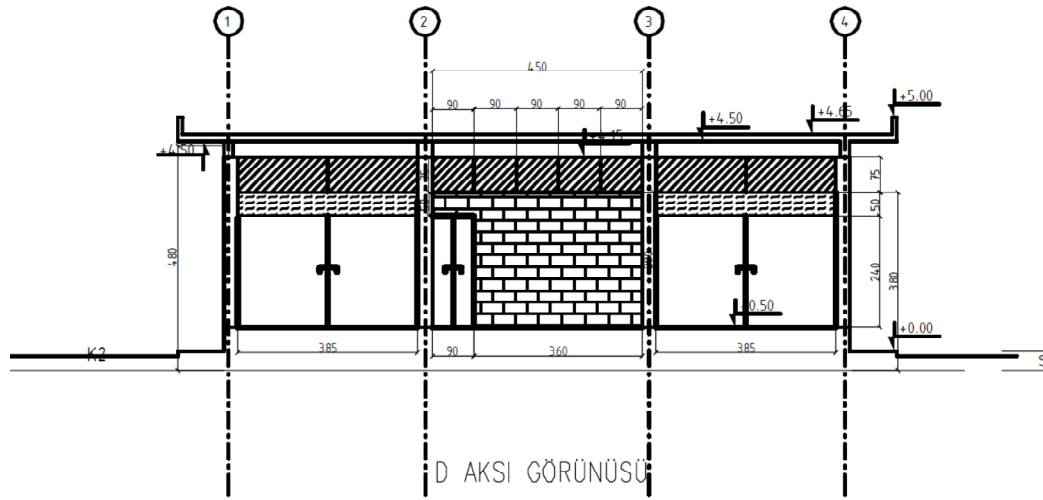
Duvar No	R_{strut} (kN)	Δ_B (cm)	Δ_C (cm)
	$\min \{R_{crashing}; R_{shear}/\cos\Theta\}$	Çubuğun birim uzaması $\Delta_B = (R_{strut} \times D) / (E \times I)$	Çubuğun birim uzaması $\Delta_C = H_{kolon} \times d / \cos\Theta$
1-1	102	0,88	2,51
1-2	111	0,94	2,73
2	127	0,83	2,97
3	127	0,83	2,97
4	127	0,83	2,97
5	104	0,83	3,21

Şekil 2-19’daki kuvvet-yerdeğiştirme ilişkilerinin çekme bölgelerinde, çözümlemede stabiliteyi sağlayabilmek için düşük bir kapasite tanımlanmıştır. Ayrıca aynı

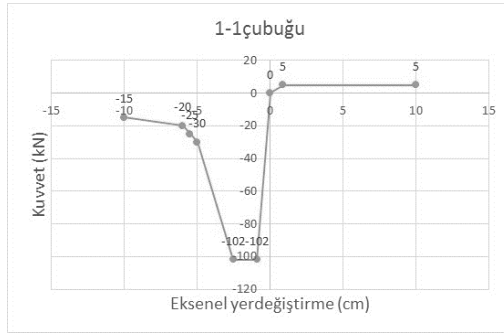
yaklaşımlla basınç kapasitesi ani olarak sıfırlanmayıp kuvvet-yerdeğiştirme ilişkisinde tedrici bir azalma ile basınç kapasite düşürülmüştür.



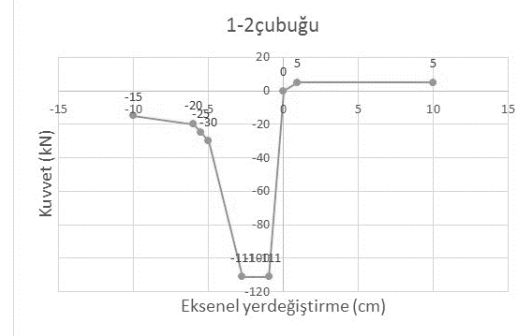
Şekil 2.17 : Yapı duvar görünüşleri-1.



Şekil 2.18 : Yapı duvar görüşleri-2.



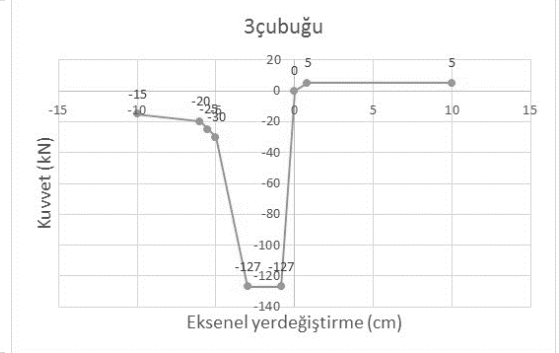
(a) 1-1 çubuğu



(b) 1-2 çubuğu



(c) 2 çubuğu



(d) 3 çubuğu



(e) 4 çubuğu



(f) 5 çubuğu

Şekil 2.19 : Eşdeğer basınç çubuklarının kuvvet-yerdeğiştirme ilişkileri.

2.5.2 Doğrusal yöntemle performans değerlendirmesi

EK-B' de verilen yüklemelerin dikkate alındığı ve duvarların da analize dahil edildiği bilgisayar modelinde yapılan modal analiz sonucunda etkin kütle oranları ve her iki doğrultudaki periyotlar Çizelge 2.22' de sunulmuştur.

Çizelge 2.22 : Bina modlarının periyotları ve etkin kütle oranları.

Mod	Periyot (s)	Etkin Kütle Oranları	
		X doğrultusu	Y doğrultusu
1	0.51	0	0.06
2	0.44	0.74	0.21
3	0.37	0.19	0.73

Bölüm 1.2.1' de yer verilen ve DBYBHY madde 7.5.1.1' de belirtildiği üzere, toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) DBYBHY Denklem 2.4' e göre hesabında, $R_a=1$ ve λ kat sayısı (kat yükseliğinin 1 olmasından dolayı) 1.0 alınarak taban kesme kuvveti katsayısı (C) elde edilmiştir. Aşağıda ilgili işlemler belirtilmiştir.

Elde edilen taban kesme kuvveti kat sayısı, SAP2000 bilgisayar modeline EX (X doğrultusundaki deprem yükü) ve EY (Y doğrultusundaki deprem yükü) deprem yükleri için ayrı ayrı kullanıcı girişi olarak tanımlanmıştır.

X doğrultusundaki deprem için;

Spektrum katsayısı $S(T)$,

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T) \quad (2.20)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{0.4}{0.44} \right)^{0.8} = 2.34$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$,

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (2.21)$$

$$A(T) = 0.4 \cdot 1 \cdot 2.34 = 0.94$$

SAP2000 bilgisayar programına tanımlanan Taban Kesme Kuvveti Katsayısı (C),

$$V(T) = \frac{W A_0(T_1)}{R_a(T_1)} \quad (2.22)$$

$$C = \frac{0.94}{1} = 0.94$$

Toplam eşdeğer deprem yükü taban kesme kuvveti V_t ,

$$V(T) = \frac{W A_0(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \lambda \quad (2.23)$$

$$V(T) = 0.94 \geq 0.04$$

şeklinde elde edilir.

Y doğrultusundaki deprem için;

Spektrum katsayısı $S(T)$,

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (2.24)$$

Spektral ivme katsayısı $A(T)$,

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (2.25)$$

$$A(T) = 0.4 \cdot 1 \cdot 2.5 = 1$$

SAP2000 bilgisayar programına tanımlanan Taban Kesme Kuvveti Katsayısı (C),

$$V(T) = \frac{W A_0(T_1)}{R_a(T_1)} \quad (2.26)$$

$$C = \frac{1}{1} = 1$$

Toplam eşdeğer deprem yükü taban kesme kuvveti V_t ,

$$V(T) = \frac{W A_0(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W \lambda \quad (2.27)$$

$$V(T) = 1 \geq 0.04$$

şeklinde elde edilir.

2.5.2.1 Kolonların tahkiki

DBYBHY madde 7.5.2' de belirtildiği şekilde doğrusal elastik hesap yöntemleri ile hasar düzeylerinin belirlenmesinde kesitlerin etki/kapasite oranları (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır. Bunun yanısıra kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan V_e ' nin, DBYBHY 7.2' de tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500' e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r ' yi aşmaması gerekir.

DBYBHY' nin Bilgilendirme Eki 7A, Bölüm 7.5 dikkate alınarak hesaplanan etki kapasite oranları, kesit kesme güvenliği kontrolleri ve hasar sınırını) belirlenmesi ile ilgili olarak, tez kapsamında incelenen yapıya ait bir adet kolon ve kiriş, duvarların dikkate alındığı durumda ve tasarım depremi için örnek irdelenmiştir. Mevcut binaya ait diğer tüm elemanların (duvarların dikkate alındığı) tasarım depremi ve en büyük deprem altında hasar sınırlarının DBYBHY' ye göre analizleri EK-C' de verilmiştir.

Çizelge 2.23 : Kesit tesirleri (tasarım depremi, duvarlı durum).

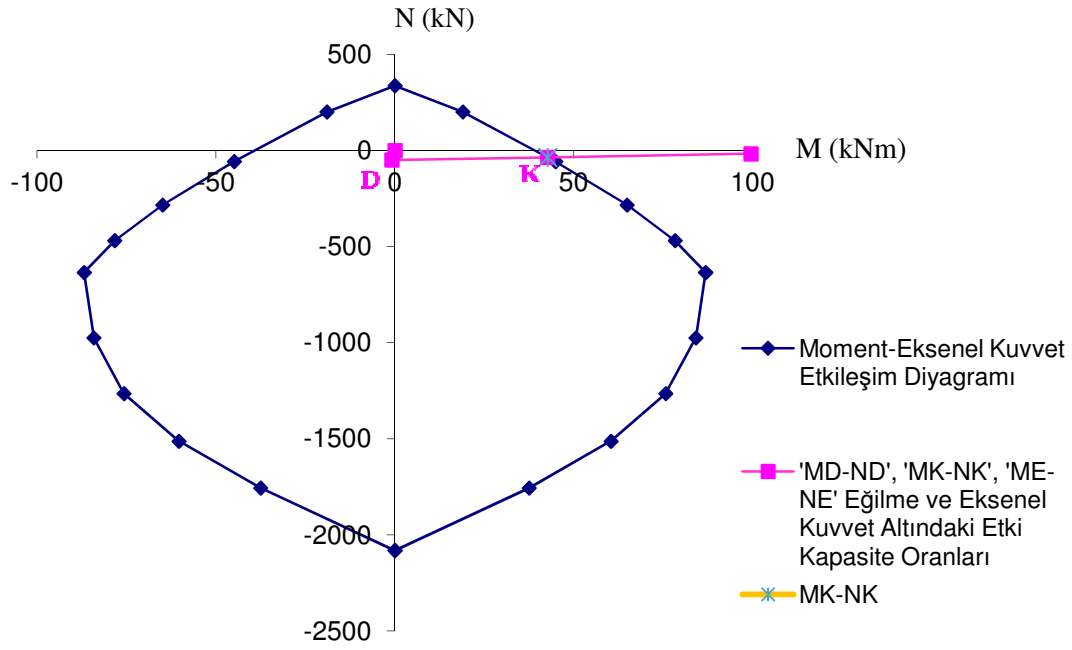
Kolon no SAP2000	Kolon ucu	Kolon boyu m	Düşey yükler altındaki normal kuvvet G+0,3Q P kN	Düşey yükler altındaki moment G+0,3Q M3 kNm	X doğrultusundaki tasarım depremi normal kuvvet G+0,3Q+EX P kN	X doğrultusundaki tasarım depremi moment G+0,3Q+EX M3 kNm
1	i	4.8	-49.77	0.66	-17.06	99.48
1	j	4.8	-38.97	-1.14	-6.26	-78.66
2	i	4.8	-91.54	1.52	-114.77	106.91
2	j	4.8	-80.74	-2.62	-103.97	-92.47
3	i	4.8	-91.26	1.64	-65.42	107.65
3	j	4.8	-80.46	-2.72	-54.62	-93.84
4	i	4.8	-49.97	0.99	-79.58	102.25
4	j	4.8	-39.17	-1.42	-68.78	-83.80
8	i	4.8	-119.87	-3.53	-40.76	94.19
8	j	4.8	-109.07	6.65	-29.96	-77.32
9	i	4.8	-172.30	-3.50	-464.15	99.08
9	j	4.8	-161.50	6.70	-453.35	-86.41
10	i	4.8	-173.33	-3.38	-192.20	100.24
10	j	4.8	-162.53	6.60	-181.40	-88.56
11	i	4.8	-122.11	-3.21	-447.90	94.99
11	j	4.8	-111.31	6.39	-437.10	-78.80
15	i	4.8	-123.95	3.17	-77.41	80.55
15	j	4.8	-110.79	-7.87	-86.34	-64.17
16	i	4.8	-173.80	3.89	-431.05	83.91
16	j	4.8	-163.00	-7.03	-420.25	-73.10
17	i	4.8	-174.84	4.03	-155.98	85.06
17	j	4.8	-164.04	-7.17	-145.18	-75.24
18	i	4.8	-121.30	4.08	-388.20	80.52
18	j	4.8	-110.50	-7.14	-377.40	-66.81
22	i	4.8	-50.23	-0.44	-17.07	69.13
22	j	4.8	-39.43	0.91	-6.27	-54.13
23	i	4.8	-90.92	-1.12	-99.67	74.68
23	j	4.8	-80.12	2.27	-88.87	-64.44
24	i	4.8	-91.33	-1.00	-115.42	75.24
24	j	4.8	-80.53	2.18	-104.62	-65.49
25	i	4.8	-50.19	-0.17	-361.66	71.56
25	j	4.8	-39.39	0.74	-350.86	-58.64

Çizelge 2.24 : Kesit kapasiteleri (no-1-i tasarım depremi).

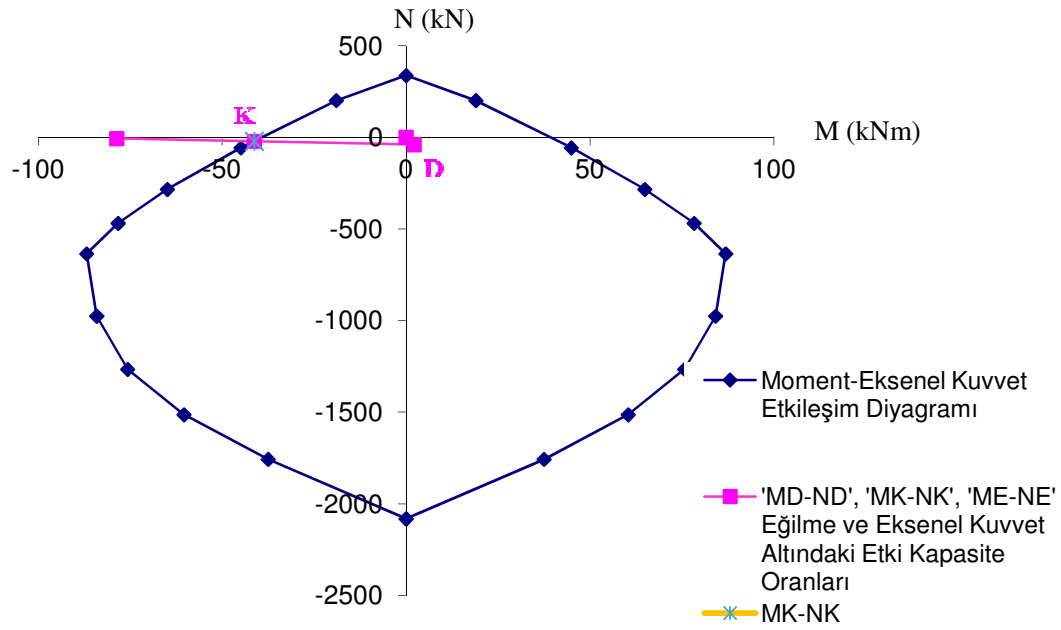
Kesitin Akma Eğrisi İçin Kullanılan Normal Kuvvet ve Moment Değerleri		Kesit Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet ve Kesit Moment Kapasitesi	
Normal Kuvvet kN	Moment kNm	N _K kN	M _K kNm
-2081	0		
-1757	37	16.99	203.91
-1513	60	0.70	153.95
-1265	76	-12.96	112.02
-975	84	-19.56	91.80
-635	87	-31.32	55.73
-469	78	-34.21	46.87
-283	65	-35.49	42.94
-58	45	-35.57	42.68
200	19	-32.78	51.24
338	0	-67.78	-56.08
200	-19	-64.35	-45.57
-58	-45	-64.32	-45.49
-283	-65	-65.51	-49.14
-469	-78	-68.28	-57.64
-635	-87	-79.26	-91.32
-975	-84	-85.33	-109.93
-1265	-76	-97.70	-147.87
-1513	-60	-112.03	-191.81
-1757	-37	-123.26	-226.25
-2081	0	-2081.46	-6232.24

Çizelge 2.25 : Kesit kapasiteleri (no-1-i tasarım depremi).

Kesitin Akma Eğrisi İçin Kullanılan Normal Kuvvet ve Moment Değerleri		Kesit Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet ve Kesit Moment Kapasitesi	
Normal Kuvvet kN	Moment kNm	N _K kN	M _K kNm
-2081	0		
-1757	37	-115.62	191.47
-1513	60	-97.96	147.85
-1265	76	-82.64	110.00
-975	84	-75.09	91.35
-635	87	-61.29	57.28
-469	78	-57.77	48.58
-283	65	-56.23	44.78
-58	45	-56.22	44.76
200	19	-60.39	55.06
338	0	-18.17	-49.22
200	-19	-21.40	-41.26
-58	-45	-21.23	-41.68
-283	-65	-19.55	-45.81
-469	-78	-15.86	-54.94
-635	-87	-0.87	-91.95
-975	-84	7.49	-112.62
-1265	-76	24.83	-155.44
-1513	-60	45.54	-206.59
-1757	-37	62.18	-247.68
-2081	0	-2081.46	5047.02



Şekil 2.20 : Moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı (kolon no-1-i).



Şekil 2.21 : Moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı (kolon no-1-j).

İncelenen kolon kesitinin i ve j ucuna ait moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı Şekil 2.20 ve 2.21’ de görülmektedir. D noktasının koordinatı düşey yüklerden oluşan M_D-N_D moment-eksenel kuvvet çiftine denk gelmektedir.

D noktasından başlayıp etkileşim diyagramının dışına çıkan ikinci doğru parçasının yatay ve düşey izdüşümleri de deprem hesabından elde edilen M_E-N_E moment-eksenel kuvvet çiftine aittir.

İkinci doğru parçasının etkileşim diyagramını kestiği K noktasının koordinatları ise kesitin M_K moment kapasitesini ve buna karşılık gelen N_K normal kuvvet değerini vermektedir. Buna göre DBYBHY Bilgilendirme Eki 7A’ da belirtildiği şekilde artık moment kapasiteleri ve buna denk gelen normal kuvvet değerleri bulunmuş. Buna bağlı olarak kolon kesitinin etki/kapasite oranı DBYBHY 7A.2’ de verilen denkleme göre elde edilmiştir.

Çizelge 2.23’ te kesit tesirleri, Çizelge 2.24 ve Çizelge 2.25’ te ise kesit kapasiteleri verilmiştir.

Çizelge 2.26 ve 2.27’ de düşey yüklerden ve deprem hesabından elde edilen moment-normal (M_D-N_D , M_E-N_E) kuvvet değerleriyle birlikte bunlara bağlı olarak elde edilen kesit moment kapasitesi (M_K) - normal kuvvet (N_K) ve artık moment kapasitesi (M_A) - normal kuvvet (N_A) değerleri belirtilmiştir. Tüm bunlara bağlı olarak elde edilen “r” katsayısı (*etki/kapasite oranı*) 1 nolu kolonun i ucunda 2.3 ve j ucunda 1.86 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 2.26 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-i tasarım depremi).

	N_D (kN)	M_D (kNm)	N_E (kN)	M_E (kNm)	N_K (kN)	M_K (kNm)	N_A (kN)	M_A (kNm)
G+0,3Q	-50	-1						
G+0,3Q+EX			-17	99				
Kapasite					-3	43		
Artık							14	44
r	2.3							

Çizelge 2.27 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-i tasarım depremi).

	N_D (kN)	M_D (kNm)	N_E (kN)	M_E (kNm)	N_K (kN)	M_K (kNm)	N_A (kN)	M_A (kNm)
G+0,3Q	-39	2						
G+0,3Q+EX			-6	79				
Kapasite					-21	-41		
Artık							18	-43
r	1.86							

$$\frac{N_K}{A_c f_{cm}} = \frac{36kN}{900cm^2 \cdot 23N/mm^2} = 0.02 \leq 0.1 \quad (2.28)$$

$$\frac{V_E}{b_w d f_{ctm}} = \frac{17kN}{300mm \cdot 250mm \cdot 1.68N/mm^2} = 0.14 \leq 0.65 \quad (2.29)$$

Örnek olarak 1 nolu kolonun i ucunu ele aldığımızda, Denklem 2.28 ve Denklem 2.29' a göre hesaplanan değerlerin ait olduğu aralıklar Çizelge 2.28' de kalın fontlar ile gösterilmiştir. Etki kapasite oranı, i ucu için 2.3 olup kesit minimum hasar sınırını karşılamamaktadır. Dolayısıyla 1 nolu kolon kesiti belirgin hasar bölgesindedir. Mevcut yapıya ait tüm kolonların belirtilen şekilde analizleri EK-C' de ayrı ayrı bulunmaktadır.

Çizelge 2.28 : Etki/kapasite oranları (kolon no-1-i tasarım depremi).

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
Nk/ (Ac*f _{cm})	Sargılama	V _e /b _w *d*f _{ctm}	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	—	—	1	1	1

Kolonlarda enine donatı hesabında ele alınacak kesme kuvveti, V_e, DBYBHY Denk. 3.5 ile hesaplanmıştır ve DBYBHY Denk. 3.7' deki şartların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir. Aşağıda örnek olarak 1 nolu kolonun kesme kapasitesi kontrolü örnek olarak verilmiştir. Mevcut yapıya ait diğer tüm kolonların kesme kapasitesi kontrolleri EK-C' de verilmiştir.

$$V_e = (M_a + M_u) / l_n \quad (2.30)$$

$$V_e = (43kN + 43kN) / 4.8m = 17kN$$

$$V_r = (V_c + V_w) \quad (2.31)$$

Betonun kesme kapasitesine katkısı “0” alınmıştır.

$$V_w = (A_{sw}/s) f_{ywd} d = (101mm^2 / 200mm) 191N/mm^2 250mm = 24kN$$

$$V_e \leq V_r \Rightarrow 17kN \leq 24kN \quad (2.32)$$

$$V_e \leq 0.22 A_w f_{cd} \Rightarrow 17kN \leq 455kN$$

Denklem 2.32’ de görüldüğü üzere 1 nolu kolon kesiti kesme güvenliğini sağlamaktadır.

2.5.2.2 Kirişlerin tahkiki

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan V_e ’ nin, DBYBHY 7.2’ de tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500’ e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r ’ yi aşmaması gerekir.

Mevcut yapıdaki kirişler için DBYBHY madde 3.4.5’ te belirtilen kesme tahkikleri yapılmış, yapıdaki tüm kirişler gevrek olarak hasar görmüştür.

Mevcut yapıdaki kirişler Çizelge 2.30’ da görüldüğü üzere DBYBHY denklem 3.10’ daki “ $V_e \leq V_r$ ” şartını sağlamamaktadır ve gevrek olarak hasar gören elemanlar sınıfına girmektedir. Betonarme kiriş moment kapasiteleri de Çizelge 2.29’ da bulunmaktadır.

Bölüm 2.5.2’ deki tüm çıktılar ve EK-C incelendiğinde, tasarım depremi etkisinde tüm kirişler gevrek olarak hasar görmüştür. X ve Y doğrultusundaki depremde kolonların %68’ i gevrek olarak hasar görmüştür. Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde hemen kullanım şartlarını sağlamamaktadır.

En büyük deprem etkisinde, tüm kirişler gevrek olarak hasar görmüştür. X doğrultusundaki depremde kolonların %75’ i, Y doğrultusundaki depremde kolonların %63’ ü gevrek olarak hasar görmüştür. Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremde can güvenliği şartlarını sağlamamaktadır.

Çizelge 2.29 : Betonarme kiriş plastik moment kapasitleri.

Kiriş Adı		A _s Donatı Alanı (mm ²)	b _w Kesit Genişliği (mm)	d Kiriş Faydalı Yüksekliği (mm)	c Net Beton Örtüsü (mm)	f _{cm} Mevcut Beton Dayanımı (N/mm ²)	f _{ym} Mevcut Donatı Akma Dayanımı (N/mm ²)	a Eşdeğer Beton Basınç Bloğu Yüksekliği (mm)	M _p Kesit Plastik Moment Kapasitesi (kNm)	M _{pi} +M _{pj} Elverişsiz Sonuç Verecek Şekilde Hesaplanan Plastik Moment (kNm)	
K101	Alt	i	339	200	450	50	23	365	32	75	150
		j	452	200	450	50	23	365	42	99	
	Üst	i	226	200	450	50	23	365	21	51	
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
K102	Alt	i	226	200	450	50	23	365	21	51	150
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
	Üst	i	452	200	450	50	23	365	42	99	
		j	452	200	450	50	23	365	42	99	
K103	Alt	i	226	300	450	50	23	365	14	51	176
		j	226	300	450	50	23	365	14	51	
	Üst	i	452	300	450	50	23	365	28	101	
		j	565	300	450	50	23	365	35	125	
K104	Alt	i	226	300	450	50	23	365	14	51	176
		j	226	300	450	50	23	365	14	51	
	Üst	i	565	300	450	50	23	365	35	125	
		j	565	300	450	50	23	365	35	125	
K105	Alt	i	226	200	450	50	23	365	21	51	173
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
	Üst	i	339	200	450	50	23	365	32	75	
		j	565	200	450	50	23	365	53	122	
K106	Alt	i	226	200	450	50	23	365	21	51	173
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
	Üst	i	565	200	450	50	23	365	53	122	
		j	565	200	450	50	23	365	53	122	
K107	Alt	i	226	300	450	50	23	365	14	51	217
		j	226	300	450	50	23	365	14	51	
	Üst	i	760	300	450	50	23	365	47	166	
		j	452	300	450	50	23	365	28	101	
K108	Alt	i	308	300	450	50	23	365	19	69	235
		j	308	300	450	50	23	365	19	69	
	Üst	i	760	300	450	50	23	365	47	166	
		j	760	300	450	50	23	365	47	166	

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n \quad (2.33)$$

Çizelge 2.30 : Betonarme kirişler için kesme kontrolü (tasarım depremi).

Kiriş No	Kiriş Adı	Düşey Yüklerden Meydana Gelen Kiriş Kesme Kuvveti V_{dy} (kN)	Kiriş Serbest Açıklığı l_n (m)	Enine Donatı Hesabında Esas Alınan Kesme Kuvveti V_e (kN)	Kesit Kesme Dayanımı V_r (kN)	$0,22 b_w d f_c$	$V_e \leq V_r$	$V_e \leq 0,22 b_w d f_c$
5	K101	32	3.85	71	43	455	NOT OK	OK
6	K102	33	4.50	66	43	455	NOT OK	OK
7	K101	31	3.85	70	43	455	NOT OK	OK
12	K103	32	3.85	78	43	683	NOT OK	OK
13	K104	37	4.50	76	43	683	NOT OK	OK
14	K103	32	3.85	77	43	683	NOT OK	OK
19	K103	32	3.85	78	43	683	NOT OK	OK
20	K104	37	4.50	76	43	683	NOT OK	OK
21	K103	32	3.85	77	43	683	NOT OK	OK
26	K101	32	3.85	71	43	455	NOT OK	OK
27	K102	33	4.50	66	43	455	NOT OK	OK
28	K101	32	3.85	70	43	455	NOT OK	OK
29	K105	33	3.35	84	43	455	NOT OK	OK
30	K106	49	6.10	77	43	455	NOT OK	OK
31	K105	32	3.35	84	43	455	NOT OK	OK
32	K107	34	3.35	99	43	683	NOT OK	OK
33	K108	58	6.10	97	43	683	NOT OK	OK
34	K107	34	3.35	99	43	683	NOT OK	OK
35	K107	34	3.35	99	43	683	NOT OK	OK
36	K108	58	6.10	97	43	683	NOT OK	OK
37	K107	34	3.35	99	43	683	NOT OK	OK
38	K105	33	3.35	84	43	455	NOT OK	OK
39	K106	49	6.10	77	43	455	NOT OK	OK
40	K105	33	3.35	84	43	455	NOT OK	OK

2.5.2.3 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusu için düşey taşıyıcı elemanların hasar sınırları göreli kat ötelemelerine göre kontrol edilir. Etki/kapasite kontrolü ile göreli kat ötelemeleri kontrolünün karşılaştırılması sonucunda düşey taşıyıcı elemanın hasar bölgesi belirlenir. Çizelge 2.31’de kolonların göreli kat ötelemesi oranları verilmiştir.

Trafo yapısı için %10/50 depreminde x ve y doğrultularının her ikisi için kolonların %50’si belirgin hasar bölgesine geçmiş %2/50 depreminde ise tüm kolonlar belirgin hasar bölgesinde bulunmaktadır.

Çizelge 2.31 : Kolonların görelî kat öteleme oranları.

Frame	$\delta_{ji,x}/h_{ji}$ %10/50	$\delta_{ji,x}/h_{ji}$ %2/50	$\delta_{ji,y}/h_{ji}$ %10/50	$\delta_{ji,y}/h_{ji}$ %2/50
1	0.012	0.018	0.007	0.011
2	0.012	0.018	0.009	0.013
3	0.012	0.018	0.011	0.016
4	0.012	0.018	0.013	0.019
8	0.011	0.016	0.007	0.011
9	0.011	0.016	0.009	0.013
10	0.011	0.016	0.011	0.016
11	0.011	0.016	0.013	0.019
15	0.009	0.014	0.007	0.011
16	0.009	0.014	0.009	0.013
17	0.009	0.014	0.011	0.016
18	0.009	0.014	0.013	0.019
22	0.008	0.012	0.007	0.011
23	0.008	0.012	0.009	0.013
24	0.008	0.012	0.011	0.016
25	0.008	0.012	0.013	0.019

2.5.3 Doğrusal olmayan yöntemle performans değerlendirmesi

Bu bölümde, duvarların yapı davranışına etkisinin dikkate alındığı artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi sayesinde yapının deprem performansı belirlenmiştir. Yapının etkin kütle oranları ve her iki doğrultudaki periyotlar önceki bölümde Çizelge 2.21’te sunulmuştur.

Duvarlı yapı modelinin modal analizi sonucu elde edilen periyodlara göre yapının tasarım ve en büyük depremde yapacağı spektral yerdeğiştirme bulunmuştur. Yapının x doğrultusundaki hakim modunun periyodu T_B ’den büyük dolayısıyla spektral yerdeğiştirme oranı (C_{R1}), “1” e eşit olacaktır. Ancak y doğrultusunda hakim modun periyodu T_B ’den küçüktür ve eşit yerdeğiştirme kuralının geçerli olmadığı bu bölgede doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme DBYBHY Bölüm 7C’ye göre 1.05 olarak hesaplanmıştır. Sistem tek katlı olduğu için spektral ivme tepe yerdeğiştirmesine eşittir.

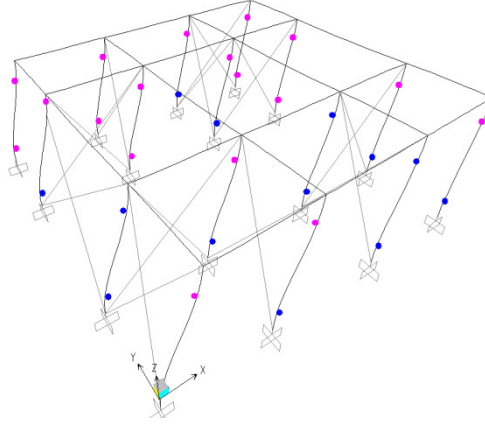
Birinci modlara ait doğrusal elastik olmayan (nonlinear) tepe yerdeğiştirmeleri aşağıda verilmiştir.

$$S_{di\ x} = \frac{(0.4 \times 1 \times (2.5 \times (0.40 / 0.44)^{0.8}) \times 9.81) 0.44^2}{4\pi^2} = 0.044m$$

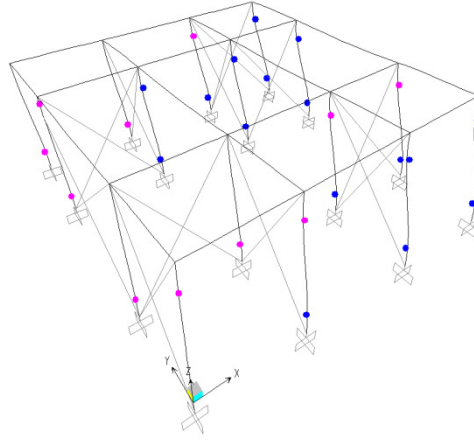
$$S_{di\ y} = 1.05 \times \frac{(0.4 \times 1 \times 2.5 \times 9.81) 0.37^2}{4\pi^2} = 0.036m$$

Yapı, yukarıda bulunan tepe noktası yerdeğiştirme değerlerine ulaşınca kadar itilmiştir. Bu itme analizi sonucunda plastik mafsallar oluşmuş ve plastik dönmeler meydana gelmiştir. Şekil 2.22 ve Şekil 2.23’de X ve Y doğrultularında tasarım depremi etkisinde oluşan plastik mafsallar görülmektedir.

Kesit hasarları için şekildeğiştirmelerin sınır değerleri Bölüm 1.2.1.4’ de verilmiştir. Kirişler kolonlardan güçlü olduğu için kirişler plastikleşmemiş ve doğrusal bölgede kalmışlardır. Kolonlarda ise birim şekildeğiştirmelerin bulunmasında eğilme moment ve toplam dönme yanında, normal kuvvete de ihtiyaç duyulur. XTRACT programı yardımı ile MN, GV, GÇ sınır durumları için betonda veya donatı çeliğinde, verilen şekildeğiştirme değerleri sabit kalacak şekilde, eksenleri toplam eğrilik ve eksenel kuvvet olan kapalı eğriler üç sınır durum için çizilir. Her bir farklı kesit için oluşturulan bu eğrilerin sınırladığı bölgeler içinde kalan plastik kesitlerin hasar bölgeleri bulunmuş olur. Toplam eğriliği elde etmek için programdan okunan plastik dönme değeri ilk önce plastik mafsallara bölünerek plastik eğrilik bulunur. Plastik eğriliğe akma eğriliği değerinin eklenmesi ile toplam eğrilik elde edilir.

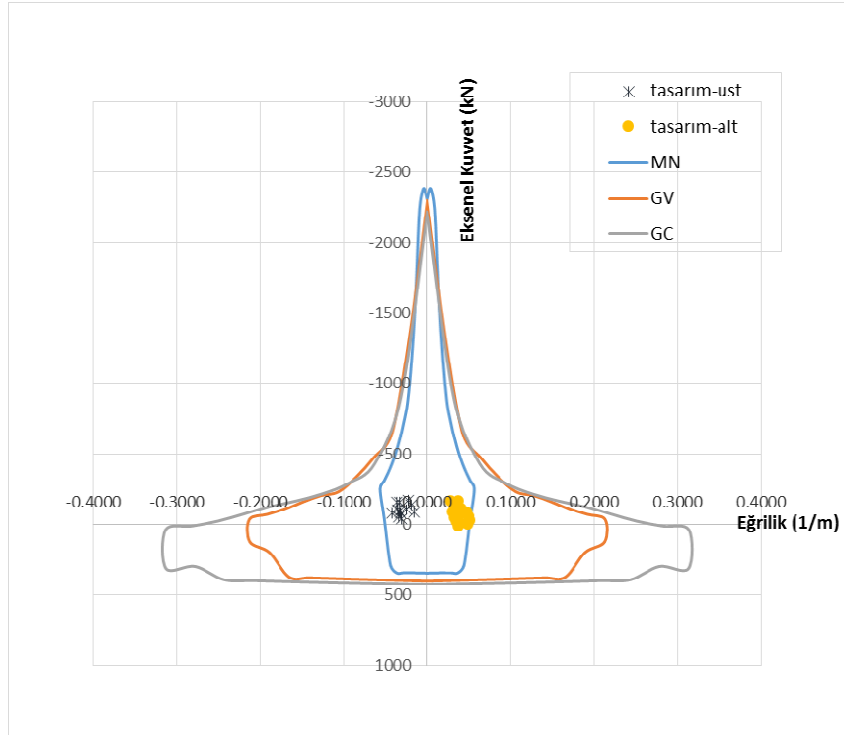


Şekil 2.22 : X doğrultusundaki tasarım depreminde plastikleşen kesitler.

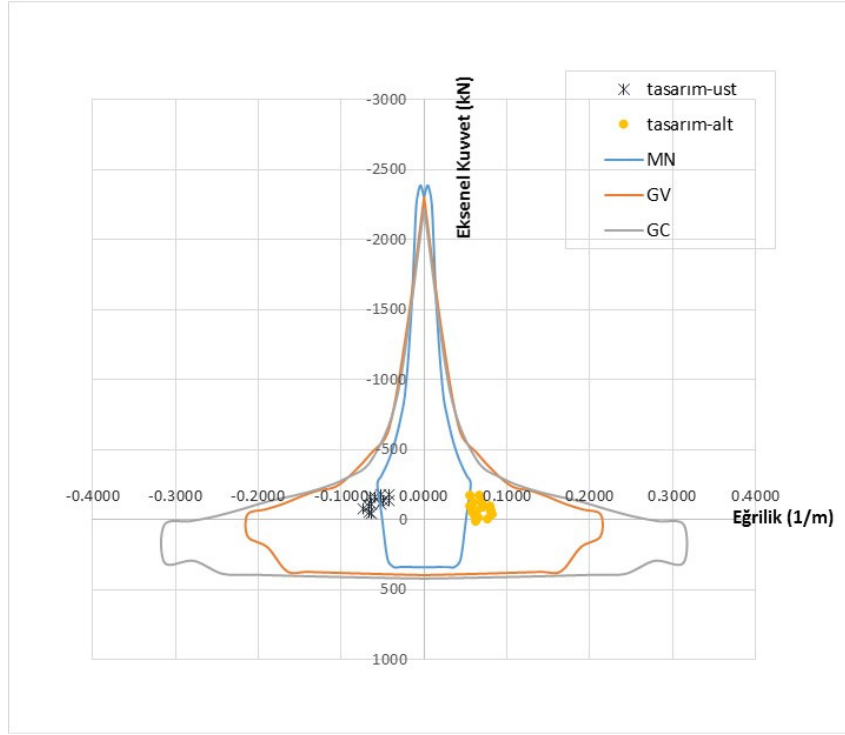


Şekil 2.23 : Y doğrultusundaki tasarım depreminde plastikleşen kesitler.

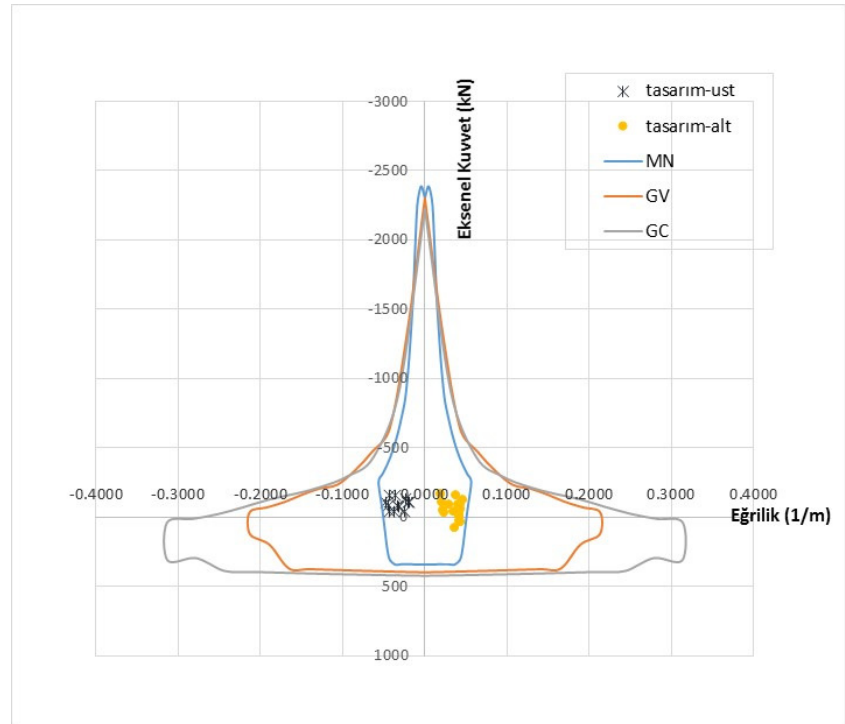
Aşağıdaki şekillerde mevcut kolon kesitinin aksenal kuvvet-eğrilik ilişkileri üzerinden kesit hasar sınırları ile ilgili depremdeki kesit tesirleri karşılaştırılmıştır. Kesit hasar sınırı eğrileri DBYBHY Denklem 7.8-10’da verilen birim şekildeğiştirme üst sınırlarına göre elde edilmiştir. Kesit tesirleri her bir kolon için plastikleşmenin oluşması beklenen kolon alt ve üst uçlarından alınmıştır.



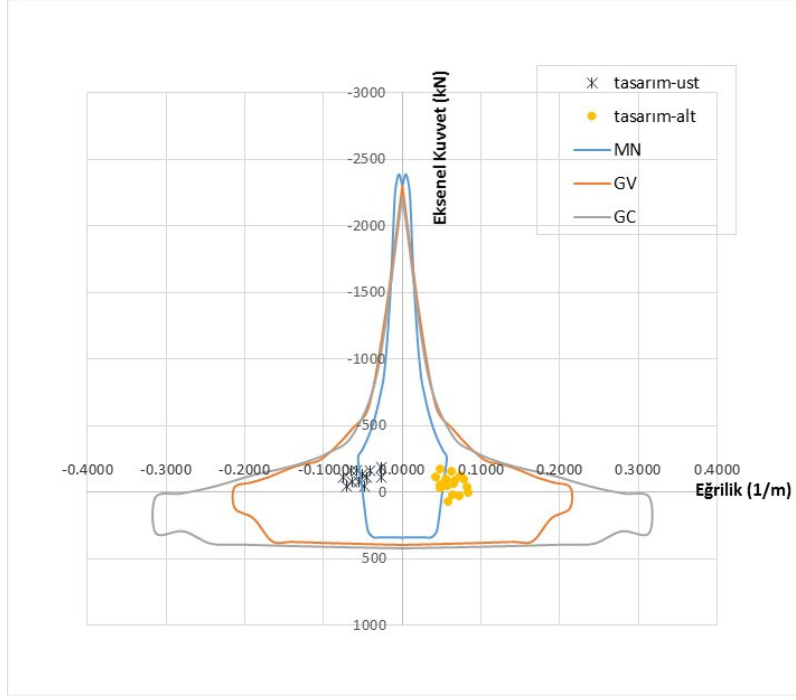
Şekil 2.24 : X doğrultusundaki tasarım depreminde kolon kesit hasarları.



Şekil 2.25 : X doğrultusundaki en büyük depremde kolon kesit hasarları.



Şekil 2.26 : Y doğrultusundaki tasarım depreminde kolon kesit hasarları.



Şekil 2.27 : Y doğrultusundaki en büyük depremde kolon kesit hasarları.

Şekil 2.24, Şekil 2.25, Şekil 2.26 ve Şekil 2.27 incelendiğinde x ve y doğrultularındaki tasarım depremlerinde kolonların alt ve üst kesitleri minimum hasar bölgesindedir. En büyük depremde kolon kesitleri belirgin hasar bölgesinde kalmaktadır.

Çizelge 2.32 : En büyük depremde kolon-kiriş bölgesi kesme güvenliği kontrolü.

Frame	V_{istem} kN	$A_{s1}+A_{s2}$ mm ²	V_e kN	$0.45 b_j h f_{cd}$ kN	$0.60 b_j h f_{cd}$ kN
1	17.49	339	160.49	931,50	-
2	20.34	678	335.61	931,50	-
3	18.50	678	337.45	931,55	-
4	18.43	339	159.55	931,50	-
8	17.03	452	220.27	931,50	-
9	23.62	791	391.65	-	1242,00
10	20.70	791	394.58	-	1242,00
11	22.03	452	215.27	931,50	-
15	17.28	452	220.02	931,50	-
16	23.64	791	391.64	-	1242,00
17	18.64	791	396.63	-	1242,00
18	20.89	452	216.41	931,50	-
22	16.90	339	161.08	931,50	-
23	20.37	678	335.58	931,50	-
24	16.20	678	339.76	931,50	-
25	18.55	339	159.42	931,50	-

Betonarme kolon-kiriş birleşimlerinde tüm sınır durumları için birleşime etki eden ve Denklem 2.7' den hesaplanacak kesme kuvvetlerinin kuşatılmış kesitler için Denklem 2.8 ve kuşatılmamış kesitler için Denklem 2.9' da verilen kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Birleşim kesme kuvvetinin kesme dayanımını aşması durumunda, deprem yönetmeliğine göre, bu birleşime saplanan tüm elemanlar göçme bölgesinde kabul edilecektir. Çizelge 2.32' de en büyük depreme birleşim bölgelerinin yeterli kesme güvenliğinin bulunduğu gösterilmiştir. Kolonların kesme kontrolü, kesme kuvveti istemlerinin kesit kapasiteleri ile karşılaştırılması sayesinde yapılır. Çizelge 2.34' de x ve y doğrultulu tasarım depremi ve en büyük deprem etkileri altında hesaplanmış kat kesme istemleri ile kesit kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Kirişlerde kesme kuvveti kapasite aşağıda hesaplanmıştır ve Çizelge 2.33' te belirtilmiştir. Yapılan analizler sonucu kirişlerde plastikleşmenin oluşmadığı görülmüştür. Bu sebeple kirişlerin kesme kuvveti kapasiteleri hesaplanırken betonun katkısı da dikkate alınmıştır.

$$V_r = \left(\frac{2 \times 50}{200} \times 191 \times 450 + 0.65 \times 1.68 \times 300 \times 450 \right) \times \frac{1}{1000} = 42.98 + 147.42 = 190.40 \text{ kN}$$

Çizelge 2.33 : Betonarme kirişler için kesme kontrolü.

Kiriş No	Kiriş Adı	Kesme Kuvveti V_e (kN)	Kesit Kesme Dayanımı V_r (kN)	$0,22 b_w d f_c$	$V_e \leq V_r$	$V_e \leq 0,22 b_w d f_c$
5	K101	71	141	455	OK	OK
6	K102	66	141	455	OK	OK
7	K101	70	141	455	OK	OK
12	K103	78	190	683	OK	OK
13	K104	76	190	683	OK	OK
14	K103	77	190	683	OK	OK
19	K103	78	190	683	OK	OK
20	K104	76	190	683	OK	OK
21	K103	77	190	683	OK	OK
26	K101	71	141	455	OK	OK
27	K102	66	141	455	OK	OK
28	K101	70	141	455	OK	OK
29	K105	84	141	455	OK	OK
30	K106	77	141	455	OK	OK
31	K105	84	141	455	OK	OK
32	K107	99	190	683	OK	OK
33	K108	97	190	683	OK	OK
34	K107	99	190	683	OK	OK
35	K107	99	190	683	OK	OK
36	K108	97	190	683	OK	OK
37	K107	99	190	683	OK	OK
38	K105	84	141	455	OK	OK
39	K106	77	141	455	OK	OK
40	K105	84	141	455	OK	OK

Çizelge 2.34 : X ve Y doğrultuları kolon kesme güvenliği kontrolü.

Frame	$V_{istem,x}$ %10/50 kN	$V_{istem,x}$ %2/50 kN	$V_{istem,y}$ %10/50 kN	$V_{istem,y}$ %2/50 kN	$A_{sw}f_{ywm} d/s$ kN
1	17.40	17.49	12.10	12.43	19.10
2	20.36	20.34	13.89	15.12	19.10
3	18.32	18.50	13.90	16.60	19.10
4	18.23	18.43	16.52	16.60	19.10
8	15.77	17.03	15.72	17.67	19.10
9	23.24	23.62	21.39	23.28	19.10
10	19.51	20.70	21.72	22.15	19.10
11	21.92	22.03	21.42	21.65	19.10
15	16.78	17.28	23.98	24.11	19.10
16	23.46	23.64	17.58	19.18	19.10
17	17.99	18.64	18.59	21.16	19.10
18	20.75	20.89	19.88	20.08	19.10
22	16.80	16.90	16.88	18.16	19.10
23	19.92	20.37	18.98	19.90	19.10
24	15.53	16.20	19.97	20.25	19.10
25	18.50	18.55	16.49	16.41	19.10

Yukarıdaki çizelge incelendiğinde 1, 3, 4, 8, 22 ve 25 kolonları dışındaki kolonların kesme dayanımları sebebiyle gevrek güç tükenmesine ulaşan kolonlar olduğu görülmektedir.

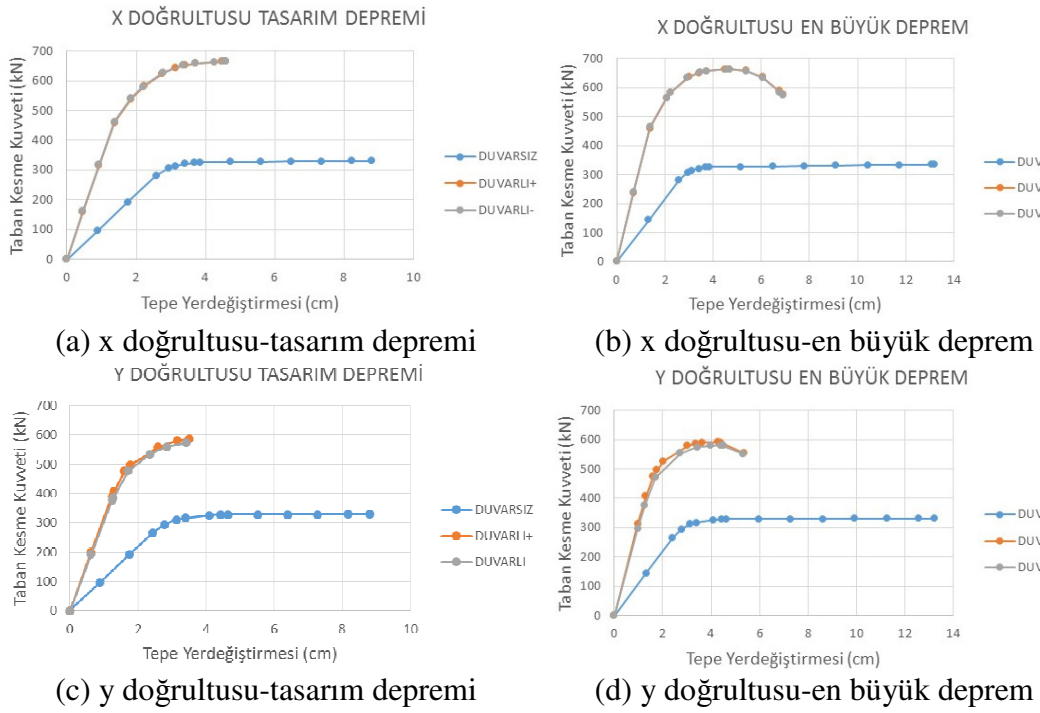
Sonuçlar incelendiğinde, tasarım depremi etkisinde hiçbir kiriş mafsallaşmamıştır. Kesme kapasiteleri kesme talepleri ile karşılaştırıldığında gevrek güç tükenmesi oluşmayacağı görülmüştür. X doğrultusundaki depremde bazı kolonların kesme kuvveti taleplerinin kesme kuvveti kapasitesini aştığı görülmektedir. Aynı durum Y doğrultusundaki depremde de geçerlidir. Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde hemen kullanım şartlarını sağlamamaktadır.

En büyük deprem etkisinde, hiçbir kiriş mafsallaşmamıştır. Kesme kapasiteleri kesme talepleri ile karşılaştırıldığında gevrek güç tükenmesi oluşmayacağı görülmüştür. X doğrultusundaki depremde kesme kuvveti taleplerinin kesme kuvveti kapasitesini aşan kolonlar görülmektedir. Aynı durum Y doğrultusundaki depremde de geçerlidir. Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremde can güvenliği şartlarını sağlamamaktadır.

2.6 Duvarlı ve Duvarsız Yapı Modelinin Karşılaştırılması

Dolgu duvarların dikkate alınmadığı ve dahil edildiği durumlar için yapının kuvvet-gerdeğiştirme eğrileri Şekil 2.28’de verilmiştir. Eğrilerde yatay eksen tek katlı

yapının tepe yerdeğiştirmesini düşey eksen ise taban kesme kuvvetini göstermektedir. Kuvvet-yerdeğiştirme eğrileri yapının performans seviyesine kadar çizdirilmiştir. Duvarlı model duvarsız modele göre daha rijit olduğu için duvarlı modelin tepe yerdeğiştirmesi duvarsız modele göre daha küçük çıkmaktadır. Bu sebeple kesit eğrilik talepleri de tepe yerdeğiştirme istemleriyle orantılı olarak değişmektedir. Duvarlı modelde, Şekil 2.19’da verilen ve FEMA273 (1997) göre elde edilen eşdeğer basınç çubuğu kuvvet-yerdeğiştirme ilişkileri dikkate alınmıştır. Bu ilişkilerde duvarların kapasite kaybı da modellenmiş olup bu kapasite kayıplarının global davranıştaki etkisi Şekil 2.28(b) ve Şekil 2.28(d) baskın olarak görülmektedir.



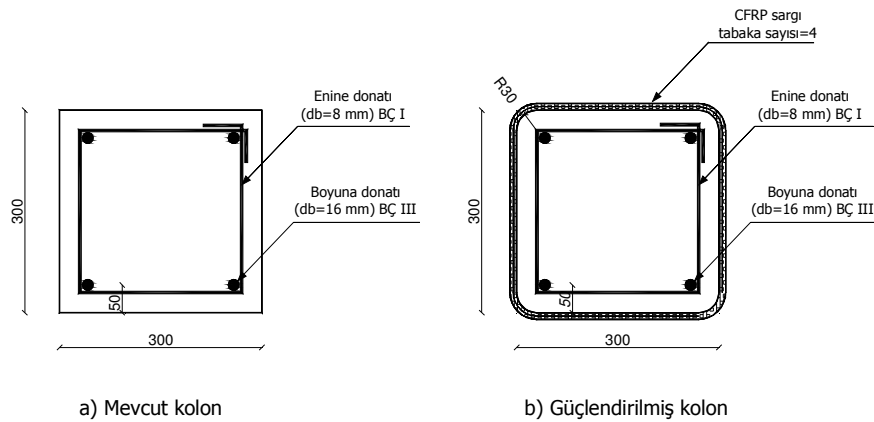
Şekil 2.28 : Yapının kuvvet-yerdeğiştirme eğrisi.

3. İNCELENEN YAPININ GÜÇLENDİRİLMESİ

Önceki bölümde mevcut deprem performansı yetersiz bulunan yapının güçlendirilmesi durumunda yeterli deprem performansını sağlaması için alınan önlemler bu bölümde sunulmuştur. Güçlendirme stratejisi belirlenirken mevcut durumdaki yetersizlikler dikkate alınmış ve bu yetersizliklerin giderilmesi hedeflenmiştir. Mevcut yapının dolgu duvarlar dikkate alınarak artımsal itme yöntemiyle yapılan değerlendirmesinde kolonların kirişlerden zayıf olma durumu tespit edilmiştir. Bu sebeple kirişlerde herhangi bir doğrusal olmayan davranış gerçekleşmemektedir. Kolonların yeterli kesme kuvveti kapasitesinin olmadığı görülmüş ve FRP sargılama yapılması uygun bir yaklaşım olarak belirlenmiştir. Bununla beraber, mevcut kolon kesitleri incelendiğinde enine donatı detayının DBYBHY Bölüm 3.2.8’de tanımlanan özel deprem etriyeleri şartını sağlamadığı görülmüştür. Bu sebeple FRP sargılamanın, kolonların mevcut kesit eğrilik sünekliğini arttırmaya da katkısı olacaktır.

3.1 Kolonların Güçlendirilmesi

Mevcut kolon kesiti ve CFRP ile sargılanan kolon kesiti Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 : Kolonların güçlendirilmesi.

Bu bölümdeki hesaplar DBYBHY 2007 Ek 7E'ye göre yapılmıştır. Sargılama için SikaWrap 300 C/60 ürünü kullanılmıştır. Ürünle ilgili bilgiler Çizelge 1.9'da verilmiştir. Sargı adedi kesitin ihtiyacına göre belirlenmiştir. Sargılamanın kesit sünekliğine katkısının dikkate alınabilmesi için sargılanmış kesitin basınç dayanımının f_{cc} , sargısız kesit basınç dayanımından f_{cm} , en az %20 büyük olması gereklidir. Bunun yanında eksenel kuvvet ve eğilmeye maruz kesitlerde sargılanmış beton basınç dayanımına karşı gelen birim kısalma değerinin ϵ_{cc} , %1' değerini aşmaması gerektiği ACI 440.2R (2008) Denklem 12.7'de verilmiştir.

Tek yüzdeki sargı tabaka sayısı, yeterli kesme kuvveti güvenliğini sağlamak ve kesit eğilme sünekliğine sargılamanın etkisini dikkate alacak seviyede olabilmesi için dört tabaka olarak uygulanmıştır.

Aşağıda kesit eğrilik sünekliğinin artırılması ile ilgili hesaplar verilmiştir:

$$\kappa_a = 1 - \frac{2 \times (300 - 2 \times 30)^2}{3 \times 300 \times 300} = 0.57$$

$$\rho_f = \frac{0.166 \times 4 \times (300 \times 4)}{300 \times 300} = 0.0089$$

$$f_1 = \frac{1}{2} \times 0.57 \times 0.0089 \times 0.004 \times 230000 = 2.33 MPa$$

$$f_{cc} = 23 \times (1 + 2.4(2.33 / 23)) = 28.59 MPa \geq 27.6 MPa$$

$$\epsilon_{cc} = 0.002 (1 + 15 (2.33 / 23)^{0.75}) = 0.0074$$

Sargılama sonrası beton birim şekildeğiştirmesi üst sınırları aşağıda DBYBHY Bölüm 7E.3'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$(\epsilon_{cg})_{MN} = 0.0040$$

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0056$$

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0074$$

Kolon kesiti için sargılama yapılmasının birincil amacı kesit kesme dayanımının artırılmasıdır. Aşağıda beton katkısı ihmal edilerek sargılanmış kesitin kesme dayanımı hesapları verilmiştir:

$$V_f = \frac{2 \times 4 \times 0.166 \times 1 \times 230000 \times 0.004 \times 250}{1} \times \frac{1}{1000} = 305.44 kN$$

$$V_s = \frac{2 \times 50}{250} \times 191 \times 250 \times \frac{1}{1000} = 19.10 \text{ kN}$$

$$V_{\max} = 0.22 \times 23 \times 300 \times 250 \times \frac{1}{1000} = 379.50 \text{ kN}$$

$$V_r = 19.10 + 305.44 = 324.50 \text{ kN} \leq 379.50 \text{ kN}$$

3.2 Güçlendirilmiş Yapının Performans Değerlendirmesi

3.2.1 Doğrusal yöntemle yapının performansının değerlendirilmesi

Bölüm 2.5.2' deki performans verilerine istinaden, gevrek hasar gören kolonların kesme kapasitelerini arttırmak amacıyla bu kolonlar CFRP ile sargılanmıştır. Buna göre kolonları CFRP ile güçlendirilen yapının doğrusal performans analiz verileri aşağıda verilmiştir.

Bölüm 2.5.2' deki modal analiz değerleri, taban kesme kuvveti ve etki kapasite oranları kolonları CFRP ile güçlendirilen yapı için de geçerlidir. Bu bölümün, Bölüm 2.5.2' den farkı, performans değerlendirmesinde, kolonların sargılı olarak dikkate alınmasıdır. Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2' de kolon etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-i tasarım depremi).

	N_D (kN)	M_D (kNm)	N_E (kN)	M_E (kNm)	N_K (kN)	M_K (kNm)	N_A (kN)	M_A (kNm)
G+0,3Q	-50	-1						
G+0,3Q+EX			-17	99				
Kapasite					-3	43		
Artık							14	44
r	2.3							

Çizelge 3.2 : Etki/kapasite oranları ve kesit tesirleri (no-1-j tasarım depremi).

	N_D (kN)	M_D (kNm)	N_E (kN)	M_E (kNm)	N_K (kN)	M_K (kNm)	N_A (kN)	M_A (kNm)
G+0,3Q	-39	2						
G+0,3Q+EX			-6	79				
Kapasite					-21	-41		
Artık							18	-43
r	1.86							

$$\frac{N_K}{A_c f_{cm}} = \frac{36 \text{ kN}}{900 \text{ cm}^2 \cdot 23 \text{ N/mm}^2} = 0.02 \leq 0.1 \quad (3.1)$$

$$\frac{V_E}{b_w d f_{ctm}} = \frac{17kN}{300mm \cdot 250mm \cdot 1.68N/mm^2} = 0.14 \leq 0.65 \quad (3.2)$$

Örnek olarak 1 nolu kolonun i ucunu ele aldığımızda, Denklem 3.1 ve Denklem 3.2'ye göre hesaplanan değerlerin ait olduğu aralıklar Çizelge 3.3' te kalın fontlar ile gösterilmiştir. Etki kapasite oranı, i ucu için 2.3 olup minimum hasar sınırını karşılamamaktadır. Dolayısıyla 1 nolu kolon kesiti minimum hasar bölgesindedir. Kolonları CFRP ile güçlendirilmiş yapıya ait tüm kolonların belirtilen şekilde analizleri EK-C' de ayrı ayrı bulunmaktadır.

Çizelge 3.3 : Etki/kapasite oranları (kolon no-1-i tasarım depremi).

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
Nk/ (Ac*f _{cm})	Sargılama	V _e /b _w *d*f _{ctm}	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	—	—	1	1	1

Kolonlarda enine donatı hesabında ele alıncak kesme kuvveti, V_e, DBYBHY Denklem 3.3 ile hesaplanmıştır ve DBYBHY Denklem 3.5'teki şartların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir. Aşağıda örnek olarak 1 nolu kolonun kesme kapasitesi kontrolü örnek olarak verilmiştir. Kolonları CFRP ile güçlendirilmiş yapıya ait diğer tüm kolonların kesme kapasitesi kontrolleri EK-C' de verilmiştir.

$$V_e = (M_a + M_{ii}) / l_n \quad (3.3)$$

$$V_e = (43kN + 43kN) / 4.8m = 17kN$$

$$V_r = (V_c + V_w + V_{frp}) \quad (3.4)$$

V_c = 0 Betonun kesme kapasitesine katkısı “0” alınmıştır

$$V_{frp} = 305 kN$$

$$V_w = (A_{sw}/s) f_{ywd} d = (101mm^2 / 200mm) 191N / mm^2 250mm = 24kN \quad (3.5)$$

$$V_e \leq V_r \Rightarrow 17kN \leq 325kN \quad (3.6)$$

$$V_e \leq 0.22 A_w f_{cd} \Rightarrow 17kN \leq 455kN \quad (3.7)$$

Denklem 3.5’te görüldüğü üzere 1 nolu kolon kesiti kesme güvenliğini sağlamaktadır.

3.2.1.1 Kirişlerin tahkiki

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan V_e ’nin, DBYBHY 7.2’ de tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500’ e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r ’ yi aşmaması gerekir.

Mevcut yapıdaki kirişler için DBYBHY madde 3.4.5’ te belirtilen kesme tahkikleri yapılmış, yapıdaki tüm kirişler gevrek olarak hasar görmüştür.

Mevcut yapıdaki kirişler Çizelge 3.5’te görüldüğü üzere DBYBHY denklem 3.10’ daki “ $V_e \leq V_r$ ” şartını sağlamamaktadır ve gevrek olarak hasar gören elemanlar sınıfına girmektedir. Çizelge 3.5’ te betonarme kiriş kapasiteleri de bulunmaktadır.

Bölüm 3.2.1’ deki tüm çıktılar ve EK-C incelendiğinde, tasarım depremi etkisinde

Tüm kirişler gevrek olarak hasar görmüştür. X ve Y doğrultusundaki depremlerde kolonların hiç biri belirgin hasar bölgesine geçmemiştir. Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde kirişlerin gevrek göçmesinden dolayı hemen kullanım şartlarını sağlamamaktadır.

En büyük deprem etkisinde, tüm kirişler gevrek olarak hasar görmüştür. Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremde kirişlerin gevrek göçmesinden dolayı can güvenliği şartlarını sağlamamaktadır.

Çizelge 3.4 : Betonarme kiriş plastik moment kapasiteleri.

Kiriş Adı		A _s Donatı Alanı (mm ²)	b _w Kesit Genişliği (mm)	d Kiriş Faydalı Yüksekliği (mm)	c Net Beton Örtüsü (mm)	f _{cm} Mevcut Beton Dayanımı (N/mm ²)	f _{ym} Mevcut Donatı Akma Dayanımı (N/mm ²)	a Eşdeğer Beton Basınç Bloğu Yüksekliği (mm)	M _p Kesit Plastik Moment Kapasitesi (kNm)	M _{pi} +M _{pj} Elverişsiz Sonuç Verecek Şekilde Hesaplanan Plastik Moment (kNm)	
K101	Alt	i	339	200	450	50	23	365	32	75	150
		j	452	200	450	50	23	365	42	99	
	Üst	i	226	200	450	50	23	365	21	51	
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
K102	Alt	i	226	200	450	50	23	365	21	51	150
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
	Üst	i	452	200	450	50	23	365	42	99	
		j	452	200	450	50	23	365	42	99	
K103	Alt	i	226	300	450	50	23	365	14	51	176
		j	226	300	450	50	23	365	14	51	
	Üst	i	452	300	450	50	23	365	28	101	
		j	565	300	450	50	23	365	35	125	
K104	Alt	i	226	300	450	50	23	365	14	51	176
		j	226	300	450	50	23	365	14	51	
	Üst	i	565	300	450	50	23	365	35	125	
		j	565	300	450	50	23	365	35	125	
K105	Alt	i	226	200	450	50	23	365	21	51	173
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
	Üst	i	339	200	450	50	23	365	32	75	
		j	565	200	450	50	23	365	53	122	
K106	Alt	i	226	200	450	50	23	365	21	51	173
		j	226	200	450	50	23	365	21	51	
	Üst	i	565	200	450	50	23	365	53	122	
		j	565	200	450	50	23	365	53	122	
K107	Alt	i	226	300	450	50	23	365	14	51	217
		j	226	300	450	50	23	365	14	51	
	Üst	i	760	300	450	50	23	365	47	166	
		j	452	300	450	50	23	365	28	101	
K108	Alt	i	308	300	450	50	23	365	19	69	235
		j	308	300	450	50	23	365	19	69	
	Üst	i	760	300	450	50	23	365	47	166	
		j	760	300	450	50	23	365	47	166	

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n \text{ (enine donatı hesabında dikkate alınan kesme kuvveti)} \quad (3.6)$$

Çizelge 3.5 : Betonarme kirişler için kesme kontrolü (tasarım depremi).

Kiriş No	Kiriş Adı	Düşey Yüklerden Meydana	Kiriş Serbest Açıklığı l_n (m)	Enine Donatı Hesabında	Kesit Kesme Dayanımı V_r (kN)	$0,22 b_w d f_c$	$V_e \leq V_r$	$V_e \leq 0,22 b_w d f_c$
		Gelen Kiriş Kesme Kuvveti V_{dy} (kN)		Esas Alınan Kesme Kuvveti V_e (kN)				
5	K101	32	3.85	71	43	455	NOT OK	OK
6	K102	33	4.50	66	43	455	NOT OK	OK
7	K101	31	3.85	70	43	455	NOT OK	OK
12	K103	32	3.85	78	43	683	NOT OK	OK
13	K104	37	4.50	76	43	683	NOT OK	OK
14	K103	32	3.85	77	43	683	NOT OK	OK
19	K103	32	3.85	78	43	683	NOT OK	OK
20	K104	37	4.50	76	43	683	NOT OK	OK
21	K103	32	3.85	77	43	683	NOT OK	OK
26	K101	32	3.85	71	43	455	NOT OK	OK
27	K102	33	4.50	66	43	455	NOT OK	OK
28	K101	32	3.85	70	43	455	NOT OK	OK
29	K105	33	3.35	84	43	455	NOT OK	OK
30	K106	49	6.10	77	43	455	NOT OK	OK
31	K105	32	3.35	84	43	455	NOT OK	OK
32	K107	34	3.35	99	43	683	NOT OK	OK
33	K108	58	6.10	97	43	683	NOT OK	OK
34	K107	34	3.35	99	43	683	NOT OK	OK
35	K107	34	3.35	99	43	683	NOT OK	OK
36	K108	58	6.10	97	43	683	NOT OK	OK
37	K107	34	3.35	99	43	683	NOT OK	OK
38	K105	33	3.35	84	43	455	NOT OK	OK
39	K106	49	6.10	77	43	455	NOT OK	OK
40	K105	33	3.35	84	43	455	NOT OK	OK

3.2.1.2 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü

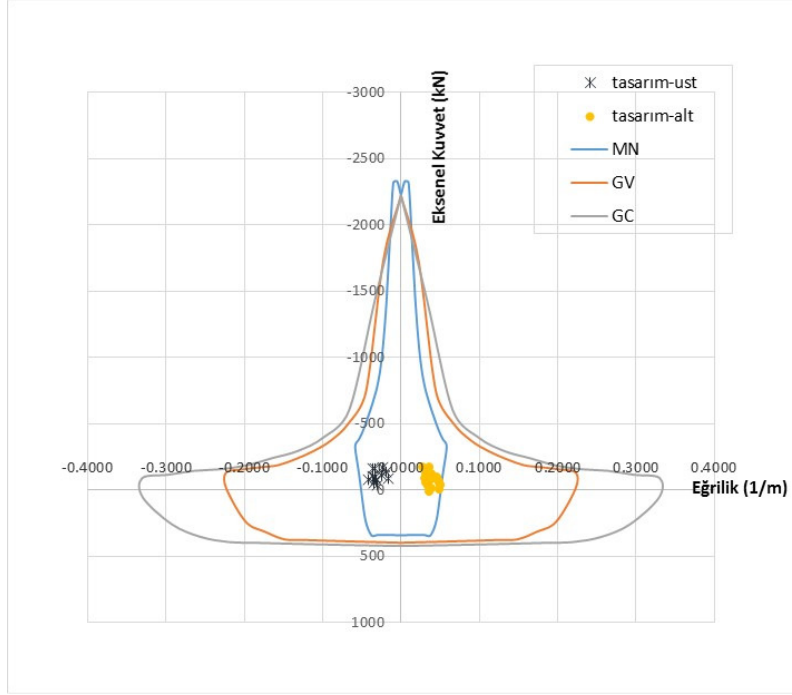
FRP ile güçlendirilmiş yapıda herhangi bir rijitlik artışı olmadığından Çizelge 2.31'deki kolon göreli kat ötelemesi oranları burada da geçerlidir. Trafo yapısı için %10/50 depreminde x ve y doğrultularının her ikisi için kolonların %50'si belirgin hasar bölgesine geçmiş %2/50 depreminde ise tüm kolonlar belirgin hasar bölgesinde bulunmaktadır.

3.2.2 Doğrusal olmayan yöntemle performans değerlendirmesi

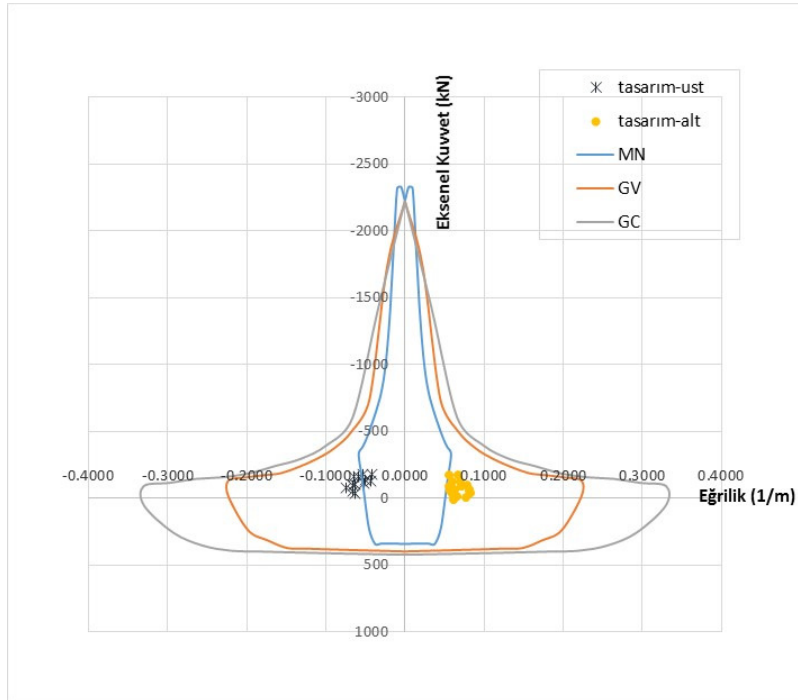
Bölüm 2.5.3' deki performans verilerine istinaden, gevrek hasar gören kolonların kesme kapasitelerini arttırmak amacıyla bu kolonlar CFRP ile sargılanmıştır. Buna göre kolonları CFRP ile güçlendirilen yapının doğrusal performans analiz verileri aşağıda verilmiştir.

Bölüm 2.5.3' deki modal analiz değerleri, taban kesme kuvveti ve etki kapasite oranları kolonları CFRP ile güçlendirilen yapı için de geçerlidir. Bu bölümün, Bölüm

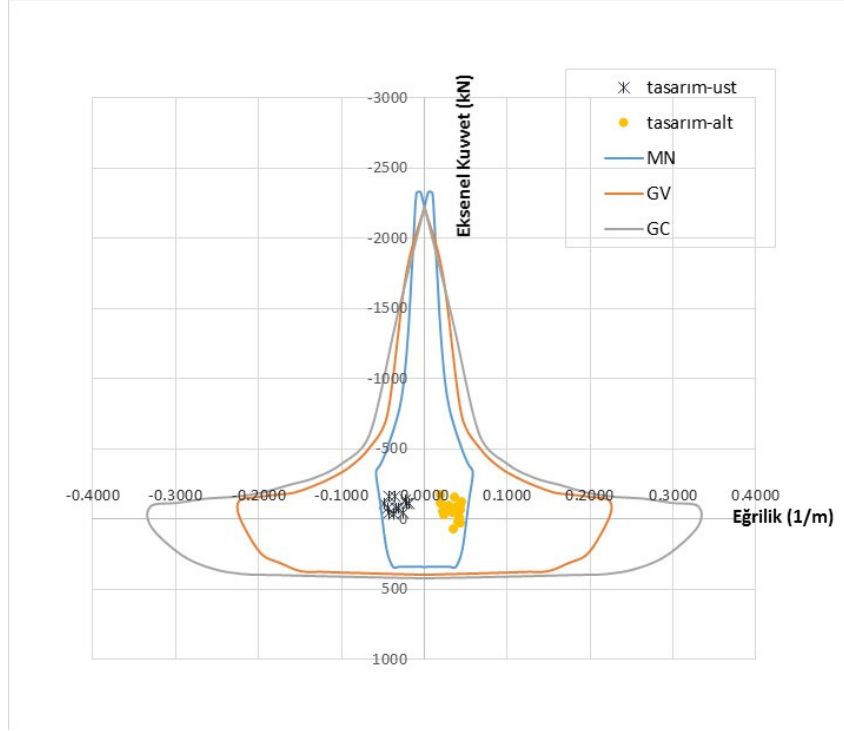
2.5.3' den farkı, performans değerlendirmesin kolonların sargılı olarak dikkate alınmasıdır. Aşağıdaki şekillerde mevcut kolon kesitinin eksenel kuvvet-eğrilik ilişkileri üzerinden kesit hasar sınırları ile ilgili depremdeki kesit tesirleri karşılaştırılmıştır. Kesit hasar sınırı eğrileri Bölüm 3.1'de lifli polimerle sargılanmış kolon için bulunan birim şekildeğiştirme üst sınırlarına göre elde edilmiştir.



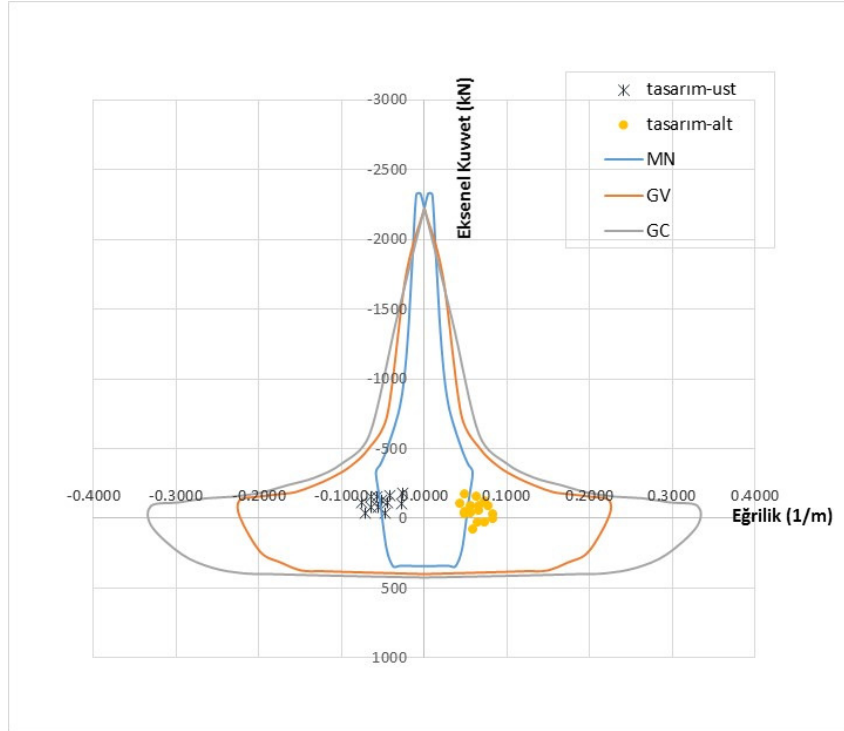
Şekil 3.2 : X doğrultusundaki tasarım depremde kolon kesit hasarları.



Şekil 3.3 : X doğrultusundaki en büyük depremde kolon kesit hasarları.



Şekil 3.4 : Y doğrultusundaki tasarım depreminde kolon kesit hasarları.



Şekil 3.5 : Y doğrultusundaki en büyük depremde kolon kesit hasarları.

Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5 incelendiğinde x ve y doğrultularındaki tasarım depremlerinde kolonların alt ve üst kesitleri minimum hasar bölgesindedir. En büyük depremde kolon kesitleri belirgin hasar bölgesinde kalmaktadır.

Çizelge 3.6’ da en büyük depreme birleşim bölgelerinin yeterli kesme güvenliğinin bulunduğu gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 : En büyük depremde kolon-kiriş bölgesi kesme güvenliği kontrolü.

Frame	V_{istem} kN	$A_{s1}+A_{s2}$ mm ²	V_e kN	$0.45 b_j h f_{cd}$ kN	$0.60 b_j h f_{cd}$ kN
1	17.49	339	160.49	931,50	-
2	20.34	678	335.61	931,50	-
3	18.50	678	337.45	931,55	-
4	18.43	339	159.55	931,50	-
8	17.03	452	220.27	931,50	-
9	23.62	791	391.65	-	1242,00
10	20.70	791	394.58	-	1242,00
11	22.03	452	215.27	931,50	-
15	17.28	452	220.02	931,50	-
16	23.64	791	391.64	-	1242,00
17	18.64	791	396.63	-	1242,00
18	20.89	452	216.41	931,50	-
22	16.90	339	161.08	931,50	-
23	20.37	678	335.58	931,50	-
24	16.20	678	339.76	931,50	-
25	18.55	339	159.42	931,50	-

Çizelge 3.7’de tasarım ve en büyük deprem etkileri altında hesaplanmış kolon kesme istemleri ile kesit kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Kolon kesme kuvveti kapasiteleri Bölüm 3.1’de CFRP katkısını dahil ederek hesaplanmıştır.

Çizelge 3.7 : X ve Y doğrultuları kolon kesme güvenliği kontrolü.

Frame	$V_{istem,x}$ %10/50 kN	$V_{istem,x}$ %2/50 kN	$V_{istem,y}$ %10/50 kN	$V_{istem,y}$ %2/50 kN	$A_{sw}f_{yw}d/s$ kN
1	17.40	17.49	12.10	12.43	324.50
2	20.36	20.34	13.89	15.12	324.50
3	18.32	18.50	13.90	16.60	324.50
4	18.23	18.43	16.52	16.60	324.50
8	15.77	17.03	15.72	17.67	324.50
9	23.24	23.62	21.39	23.28	324.50
10	19.51	20.70	21.72	22.15	324.50
11	21.92	22.03	21.42	21.65	324.50
15	16.78	17.28	23.98	24.11	324.50
16	23.46	23.64	17.58	19.18	324.50
17	17.99	18.64	18.59	21.16	324.50
18	20.75	20.89	19.88	20.08	324.50
22	16.80	16.90	16.88	18.16	324.50
23	19.92	20.37	18.98	19.90	324.50
24	15.53	16.20	19.97	20.25	324.50
25	18.50	18.55	16.49	16.41	324.50

Kirişlerde kesme kuvveti kapasite kontrolü aşağıda yapılmış ve Çizelge 3.8’ de gösterilmiştir. Yapılan analizler sonucu kirişlerde plastikleşmenin oluşmadığı görülmüştür. Kirişlerde plastik mafsalin oluşmaması sebebiyle kirişlerin kesme kuvveti kapasiteleri hesaplanırken betonun katkısının da dikkate alınması uygun görülmüştür.

$$V_r = V_c + V_w$$

$$V_c = 0.65 \times 1.68 \times 300 \times 450 \times \frac{1}{1000} = 147.42 \text{ kN}$$

$$V_w = \frac{2 \times 50}{200} \times 191 \times 450 \times \frac{1}{1000} = 42.98 \text{ kN}$$

$$V_r = 42.98 + 147.42 = 190.40 \text{ kN}$$

Çizelge 3.8 : Betonarme kirişler için kesme kontrolü.

Kiriş No	Kiriş Adı	Kesme Kuvveti V_e (kN)	Kesit Kesme Dayanımı V_r (kN)	$0,22 b_w d f_c$	$V_e \leq V_r$	$V_e \leq 0,22 b_w d f_c$
5	K101	71	141	455	OK	OK
6	K102	66	141	455	OK	OK
7	K101	70	141	455	OK	OK
12	K103	78	190	683	OK	OK
13	K104	76	190	683	OK	OK
14	K103	77	190	683	OK	OK
19	K103	78	190	683	OK	OK
20	K104	76	190	683	OK	OK
21	K103	77	190	683	OK	OK
26	K101	71	141	455	OK	OK
27	K102	66	141	455	OK	OK
28	K101	70	141	455	OK	OK
29	K105	84	141	455	OK	OK
30	K106	77	141	455	OK	OK
31	K105	84	141	455	OK	OK
32	K107	99	190	683	OK	OK
33	K108	97	190	683	OK	OK
34	K107	99	190	683	OK	OK
35	K107	99	190	683	OK	OK
36	K108	97	190	683	OK	OK
37	K107	99	190	683	OK	OK
38	K105	84	141	455	OK	OK
39	K106	77	141	455	OK	OK
40	K105	84	141	455	OK	OK

Sonuçlar incelendiğinde, tasarım depremi etkisinde hiçbir kiriş mafsallaşmamıştır. Kesme kapasiteleri kesme talepleri ile karşılaştırıldığında gevrek güç tükenmesi olmayacağı görülmüştür. X doğrultusundaki tasarım depreminde tüm kolonlar

minimum hasar bölgesindedir. CRFP sargılama ile kesme kuvveti kapasitesi arttırılan kolonlarda gevrek güç tükenmesi önlenmiştir. Aynı durum Y doğrultusundaki depremde de geçerlidir. Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde hemen kullanım şartlarını sağlamaktadır.

En büyük deprem etkisinde, hiçbir giriş mafsallaşmamıştır. Kesme kapasiteleri kesme talepleri ile karşılaştırıldığında gevrek güç tükenmesi oluşmayacağı görülmüştür. X doğrultusundaki depremde kesme kuvveti taleplerinin kesme kuvveti kapasitesini aşan kolon bulunmamaktadır. Tüm kolonlar minimum ya da belirgin hasar bölgesindelerdir. İleri hasar bölgesine geçmiş kolon bulunmamaktadır. Aynı durum Y doğrultusundaki depremde de geçerlidir. Yapı 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremde can güvenliği şartlarını sağlamaktadır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, mevcut bir trafo yapısının deprem performansı farklı yöntemlerle değerlendirilmiş ve deprem performansının iyileştirilmesine yönelik müdahaleler irdelenmiştir. İlk olarak yapıdan uygun şekilde bilgi toplanarak bina geometrisi, eleman detayları ve malzeme bilgisi tespit edilmiştir. Ayrıca bilgi toplanması sırasında dolgu duvarların durumuna özellikle dikkat edilmiştir. Binadan toplanan bilgilere göre yapının ayrıntılı analiz modelleri kurulmuş ve deprem güvenliği açısından mevcut durumu değerlendirilmiştir. Mevcut durum incelenirken taşıyıcı sistem elemanlarında ve yapının genelinde bulunan yetersizliklerin saptanması sayesinde uygun güçlendirme stratejisi oluşturulmuştur.

Çalışma sonucunda elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda açıklanmıştır:

1. Doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem performansının değerlendirilmesi sonucunda tasarım depremi (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem) etkisinde mevcut yapı x ve y doğrultularında hedeflenen hemen kullanım performans düzeyini sağlamamaktadır. Düşey taşıyıcıların hepsi minimum hasar sınırını aşmaktadır. Benzer şekilde tüm kirişlerde de minimum hasar sınırı aşmaktadır. Yapının tasarım depremi için x ve y doğrultularında istenilen hemen kullanım performans düzeyini sağlamamasının nedeni, belirgin hasar bölgesine geçen kolon ve kirişlerdir. Ayrıca hemen kullanım performans seviyesi için göreceli kat ötelemesi sınırı olan 0.01 oranı da aşmaktadır. Yapı şiddetli deprem (50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem) için de x ve y doğrultularında istenilen can güvenliği performans düzeyini sağlamamaktadır.
2. Doğrusal elastik olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem performansının değerlendirilmesi sonucunda tasarım depremi etkisinde mevcut yapı x ve y doğrultularında, minimum hasar sınırını aşan kolonlardan dolayı, hedeflenen hemen kullanım performans düzeyini sağlamamaktadır. Bunun yanında, sistemde kirişler kolonlardan daha güçlü oldukları için hiçbir

kiriş belirgin hasar bölgesine geçmemekte ve tüm kirişler minimum hasar bölgesinde kalmaktadır. Yapı şiddetli deprem için de x ve y doğrultusunda istenilen can güvenliği performans düzeyini sağlamamaktadır.

3. Doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemi ile dolgu duvarların dikkate alındığı durumda tasarım depremi etkisinde mevcut yapı x ve y doğrultularında, kesme ve eğilme kapasitesini aşan kolonlardan dolayı, hedeflenen hemen kullanım performans düzeyini sağlamamaktadır. Ayrıca eğilme ve kesme sınırları kirişler için de sağlanamamaktadır.
4. Doğrusal elastik olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile dolgu duvarların dikkate alındığı durumda tasarım depremi etkisinde mevcut yapı x ve y doğrultularında, kesme kapasitesini aşan kolonlardan dolayı, hedeflenen hemen kullanım performans düzeyini sağlamamaktadır. Dolgu duvarların dikkate alınmadığı duruma göre kolon eğrilik taleplerinin daha düşük çıkması sebebiyle kolon kesitleri eksenel kuvvet ve eğilme momenti etkisinde tasarım depreminde minimum hasar sınırını aşmamaktadır. Yapı şiddetli deprem için de gevrek hasar gören kolonlardan dolayı x ve y doğrultusunda istenilen can güvenliği performans düzeyini sağlamamaktadır. Bunun yanında, kirişlerin kolonlardan güçlü olması sebebiyle kirişlerde mafsall oluşumu engellenmiş olmakta ve bu durum doğrusal olmayan çözüm ile saptanabilmektedir. Bu sayede kirişler gevrek göçmeye geçmemektedir.

Yukarıda mevcut yapı için sıralanan sonuçlar doğrultusunda yapıya uygun güçlendirme stratejisine karar verilmiştir. Kolonların eğilme kapasitelerini arttırmadan kesme dayanımı ve eğilme sünekliğini arttırmak uygun bir yaklaşım olarak öngörölmüştür. Bunun sebebi kolonların kirişlerden güçlü duruma geçmesi halinde tüm kirişlerde güçlendirme gereksiniminin ortaya çıkmasıdır. Yapı tek katlı olduğu için, düşey taşıyıcı elemanlar düşük eksenel yüklere maruz kalmaktadır. Bu sebeple alt ve üst kesitinde mafsallaşma olmasına rağmen bu elemanlar yeterli eğrilik sünekliği gösterebilmektedir. Ancak kolonlarda yeterli kesme kuvveti dayanımı bulunmadığından karbon lifli polimer ile sargılama yöntemi kullanılarak bu elemanların kesme kapasitesi arttırılmıştır. Kolonun kesme kapasitesindeki artış aynı zamanda dolgu duvarlı çerçeve davranışını iyileştirmek için de kullanılmıştır. FEMA273 (1997)' e göre dolgu duvarın kapasitesi belirlenirken, çerçeve sistemin

kesme kuvveti kapasitesinin dolgu duvar yük kapasitesine oranı dikkate alınır. Bu oranın artmasıyla dolgu duvarlı çerçevenin kat öteleme kapasite artmaktadır.

Kolonlar karbon lifli polimer ile sargılanarak güçlendirilmiştir. Bu durumda yapının performansı yeniden kontrol edilmiştir. Dolgu duvarlarının etkisi dikkate alınarak yapının doğrusal ve doğrusal olmayan performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmenin sonuçları aşağıda verilmiştir:

5. Doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemi ile dolgu duvarların ve kolonlardaki sargılamanın dikkate alındığı durumda tasarım depremi etkisinde mevcut yapı x ve y doğrultularında, kesme ve eğilme kapasitesini aşan kolonlardan dolayı, hedeflenen hemen kullanım performans düzeyini sağlamamaktadır. Ayrıca eğilme ve kesme sınırlarını aşan kirişlerden dolayı, hedeflenen hemen kullanım performans düzeyini sağlamamaktadır.
6. Doğrusal elastik olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile dolgu duvarların ve kolonlardaki sargılamanın dikkate alındığı durumda tasarım ve en büyük deprem etkisinde istenilen hemen kullanım ve can güvenliği performans hedeflerini sağlamaktadır. Bu sonuç elastik yöntemle göre elde edilen sonuca göre farklıdır. Ancak, elastik yöntemin kolonlardaki mafsallaşmadan dolayı kirişlerde mafsallaşmanın engellenmesi durumunu dikkate alamaması elastik yöntemin doğası gereği beklenen bir sonuçtur.

Tez kapsamında mevcut trafo yapısının deprem performansı doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle yukarıda özetlendiği şekilde belirlenmiştir. Bu iki farklı yaklaşımın esasları birbirinden farklı olduğu için aynı yapıda farklı sonuçlar vermesi beklenen bir durum olarak görülebilir.

Yapı doğrusal olmayan yöntemle incelendiğinde, kolonların eğilme kapasitelerinin kirişlerin eğilme kapasitelerinden düşük olması kirişlerin mafsallaşmamasına ve bu sayede mevcut enine donatılarla kesme kapasitesinin aşılmamasına sebep olmuştur. Diğer bir deyişle, kolonların mafsallaşması kirişlerin güçlendirilmeden istenen performansı sağlamasına sebep olmuştur. Bu sonuçlar çerçevesinde, güçlendirme stratejisi kolonların eğilme kapasitesini arttırmadan eğilme sünekliği ve kesme kuvveti kapasitesini arttıracak şekilde oluşturulmuştur.

Yapının doğrusal yöntemlerle performansının belirlendiği durumunda tüm kolon ve kirişlerde çeşitli kapasite artışlarının gerekli olduğu görülmüştür. Doğrusal yöntemle

yapı analiz edildiğinde doğrusal yük dağılımının oluşması sebebiyle kolonlardaki doğrusal olmayan yöntemle analizde oluşan mafsallaşmanın görülmemesi kirişlerin deprem performansının yetersiz kalmasına sebep olmuştur. Bu sonuçlar incelendiğinde, doğrusal olmayan analiz yapı performansı için daha gerçekçi bir yaklaşım sergilemektedir.

KAYNAKLAR

- ABYYHY** (1998). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- ACI** (2008). Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures, *ACI 440.2R-08*, *ACI Committee 440*, *American Concrete Institute*, Farmington Hills MI USA.
- ACI** (2011). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and commentary, *American Concrete Institute*, Farmington Hills MI.
- Al-Chaar, G.** (2002). Evaluating strength and stiffness of unreinforced masonry structures, ERDC/CERL TR-02-1, US Army Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratories.
- Atkinson , R. H. , Amadei , B. P. , Saeb , S. and Sture , S.** (1989). Response of masonry bed joints in direct shear, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 115 (9), 2276–2296.
- ASCE** (2010). Minimum design loads for buildings and other structures, *ASCE/SEI 7-10*, *American Society of Civil Engineers*, Reston VA.
- ASCE** (2013). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, *ASCE/SEI 41-13*, *American Society of Civil Engineers*, Reston VA.
- ATC-40** (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, *Applied Technology Council*, California.
- Carey, S. A. and Harries, K. A.** (2005). Axial Behavior and Modeling of Small-, Medium-, and Large-Scale Circular Sections Confined with CFRP Jackets, *ACI Structural Journal*, V. 102, No. 4, July-Aug., pp. 596-604.
- Celep, Z.** (2008). *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme*, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Cruz, A., M. ve Steinberg L., J.** (2005). Industry Preparedness for Earthquakes and Earthquake-Triggered Hazmat Accidents in the 1999 Kocaeli Earthquake, *Earthquake Spectra*, 21(2) (May 2005), 285-303.
- DBYBHY** (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- Eurocode 8** (2004). Design of Structures for Earthquake Resistance-Part I General Rules, Seismic Actions and Rules For Buildings (EN 1998-1), *Comité Européen de Normalisation*, Brussels.
- Ersoy, U. ve Özcebe, G.** (2004). *Betonarme*, Evrim Yayınevi, İstanbul.

- FEMA 273** (1997). Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Building Seismic Safety Council*, Washington, D.C.
- FEMA 274** (1997). Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Building Seismic Safety Council*, Washington, D.C.
- FEMA 306** (1998). Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings, *Federal Emergency Management Agency*, Washington.
- FEMA 450** (2003). NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, FEMA 450-2 Part 2: Commentary, *Building Seismic Safety Council*, Washington, D.C.
- Harries, K. A. ve Carey, S. A.** (2003). Shape and ‘Gap’ Effects on the Behavior of Variably Confined Concrete, *Cement and Concrete Research*, V. 33, No. 6, pp. 881-890.
- İlki, A., Peker, O., Karamuk, E., Demir, C. and Kumbasar, N.** (2008). FRP retrofit of low and medium strength circular and rectangular reinforced concrete columns, *J. Mater. Civ. Eng.* 20(2), 169-188.
- İlki, A., Demir, C., Bedirhanoglu, I. and Kumbasar, N.** (2009). Seismic retrofit of brittle and low strength RC columns using fiber reinforced polymer and cementitious composites, *Adv. Struct. Eng.*, 12(3), 325-347.
- Kurtuluş, A.** (2011). Pipeline Vulnerability of Adapazarı during the 1999 Kocaeli, Turkey, Earthquake, *Earthquake Spectra*, 27(1), 45-66.
- Lam, L. ve Teng, J.** (2003). Design-Oriented Stress- Strain Model for FRP- Confined Concrete, *Construction and Building Materials*, V. 17, pp. 471-489.
- Neville, A. M.** (2002). *Properties of concrete*. Fourth edition, Prentice hall, London, 2000, 269-592.
- Paulay, T. ve Priestley, M. J. N.** (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Wiley & Sons, New York, USA.
- Priestley, M. J. N, Calvi, G. M. ve Kowalsky, M. J.** (2007). *Displacement-Based Seismic Design of Structures*, IUSS Press, Pavia, Italy.
- SEAOC** (1999). Recommended Lateral Force Requirements and Commentary, *Structural Engineers Association of California*, Sacramento, CA, USA.
- Stavridis, A. and Shing , P. B.** (2010). Finite-element modeling of nonlinear behavior of masonry-infilled RC frames, *Journal of Structural Engineering*, 136(3), 285 – 296.
- TS 498** (1997). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- TS500** (2000). Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS 708** (1996). Beton Çelik Çubukları, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- VISION 2000** (1995). Performance Based Seismic Engineering of Buildings, *Structural Engineers Association of California*, California.

- William G. Byers, Curt Edwards, Alex Tang, John Eidinger, Clifford Roblee, Mark Yashinsky, Jean-Pierre Bardet and Jennifer Swift** (2000). Performance of Transportation Systems After the 1999 Kocaeli Earthquake, *Earthquake Spectra*, 16(S1), 403-410.
- Xiao, Y.** (2004). Applications of FRP composites in concrete columns, *Advances in Structural Engineering*, Vol. 7 No.4 2004.
- SİKA** (2009a). *SikaWrap®-300 C/60 Ürün Bilgi Föyü*, Revizyon No:1, Identification No: 010401020010000011, <http://tur.sika.com>
- SİKA** (2009b). *SikaWrap®-230 C/45 Ürün Bilgi Föyü*, Revizyon No:1, Identification No: 010401020010000025, <http://tur.sika.com>

EKLER

EK A: İncelenen yapıdan bilgi toplanması

EK B: İncelenen yapının kalıp, donatı planı ve yükleme durumları

EK C: Performans değerlendirme hesapları ile ilgili tablolar

EK A

YAPIDAN KAROT ÖRNEKLERİNİN ALINMASI VE MEVCUT BETON DAYANIMININ TESPİT EDİLMESİ

Mevcut beton dayanımlarının belirlenebilmesi için yapıdan karotlar alınmıştır. Bu karotlar “TS EN 13791” şartnamesi koşullarına uygun olarak test edilmiştir.



Şekil A.1 : Beton basınç deneyi.

Yapılan beton basınç deneyi sonuçları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Çizelge A.1 : Beton Basınç Deneyi Sonuçları.

KAROT NO	AİT OLDUĞU YAPI ELEMANI	KAROT		KIRILMA YÜKÜ	BASINÇ DAYANIMI
		ÇAPI	YÜKSEKLİĞİ		
		mm	mm		
1	TT-Z-K1	100	100	233,3	29,7
2	TT-Z-K2	100	100	215,8	27,5
3	TT-Z-K3	100	100	192,3	24,5
4	TT-Z-K4	100	100	212,5	27,1
5	TT-Z-K5	100	100	174,3	22,2
6	TT-Z-K6	100	100	192,3	24,5

NOT-1 Karotların alınması ve deneye hazırlanmasında TS EN 12504_1/Ocak 2011, basınç dayanım deneyinde ise TS EN 12390-3/ Nisan 2010 standardı uygulanmıştır.

NOT-2 Deney öncesi karotlar, başlıklama (%70 kükürt + %30 grafit karışımı sonrası yükseklikleri çaplarına eşit olacak şekilde (d=h=100mm) kesilmiştir. Verilen basınç dayanım değerleri 150mm küp içindir. Çapı 100 mm boy/çap oranı 1 ‘e eşit olan (l/d=1) karot dayanımı, kenar uzunlu 150 mm olan küp numune dayanımına tekabül etmektedir.

Ortalama Beton Silindir Basınç Dayanımı ($f_{c \text{ sil, ort.}} = 25.92 \text{ N/mm}^2$)

Standart Sapma($f_{c \text{ sil, standart sapma}} = 2.69$)

$$s = \sqrt{\frac{\sum((f_{c \text{ sil, ort.}}) - f_{c \text{ sil.}})^2}{n - 1}} \text{ N/mm}^2$$

n = Deney sonucu elde edilen numune sayısıdır.

Beton Basınç Dayanımı (z) = $f_{c \text{ sil, ort.}} - f_{c \text{ sil, standart sapma}}$

Beton Basınç Dayanımı (z) = 23,23 ~23 N/mm²

MEVCUT YAPI ELEMANLARININ ENİNE VE BOYUNA DONATILARIN TESPİTİ

Mevcut elemanlardaki enine ve boyuna donatı sayısı ve aralıkları, donatı tespit cihazları kullanılarak tespit edilmiştir.



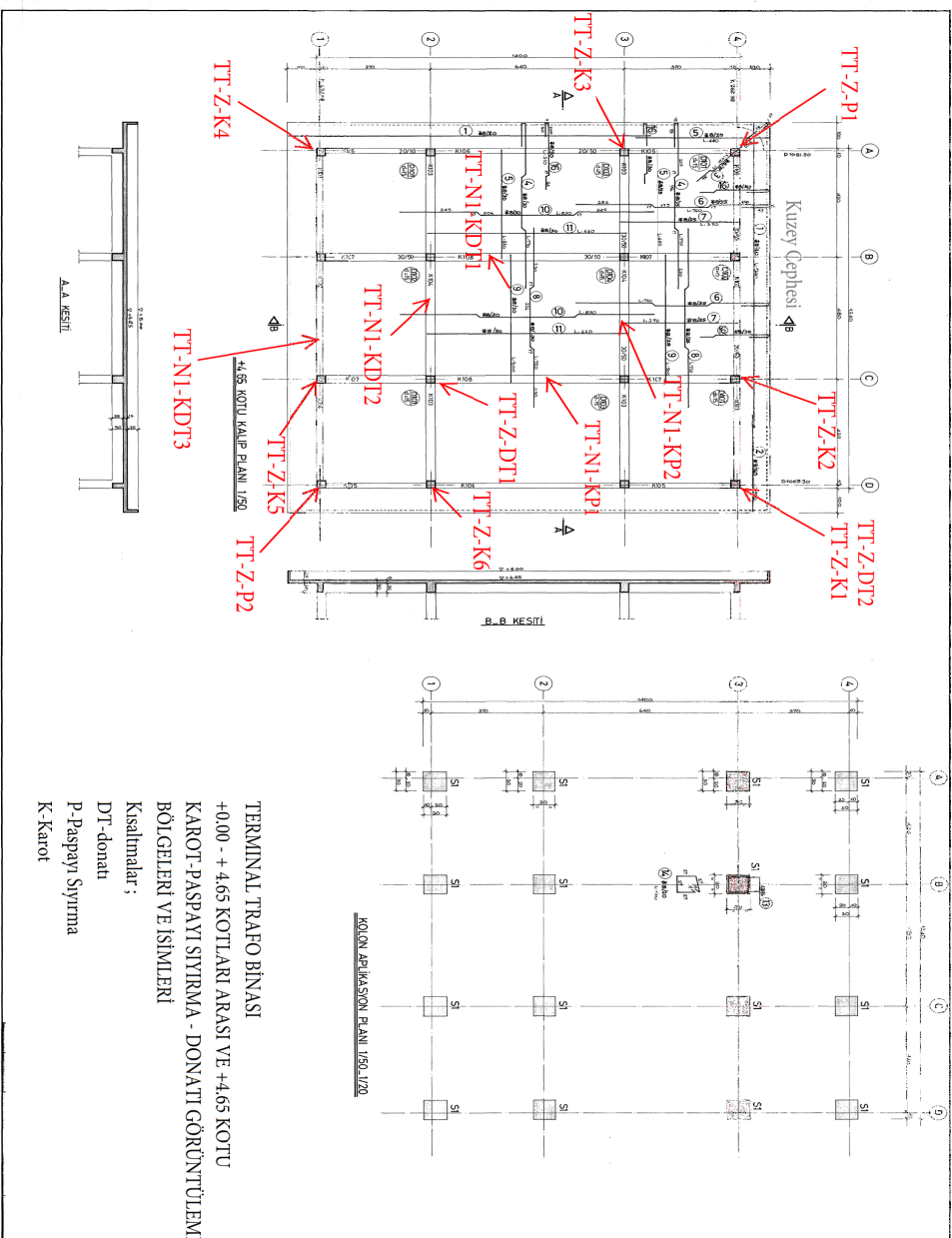
Şekil A.2 : Donatı tespit cihazı ile donatı çapı ve aralıklarının belirlenmesi-1.



Şekil A.3 : Donatı tespit cihazı ile donatı çapı ve aralıklarının belirlenmesi -2.



Şekil A.4 : Donatı tespit cihazı ile donatı çapı ve aralıklarının belirlenmesi -3.



Şekil A.5 : Donatı görüntüleme bölgeleri ve isimleri.

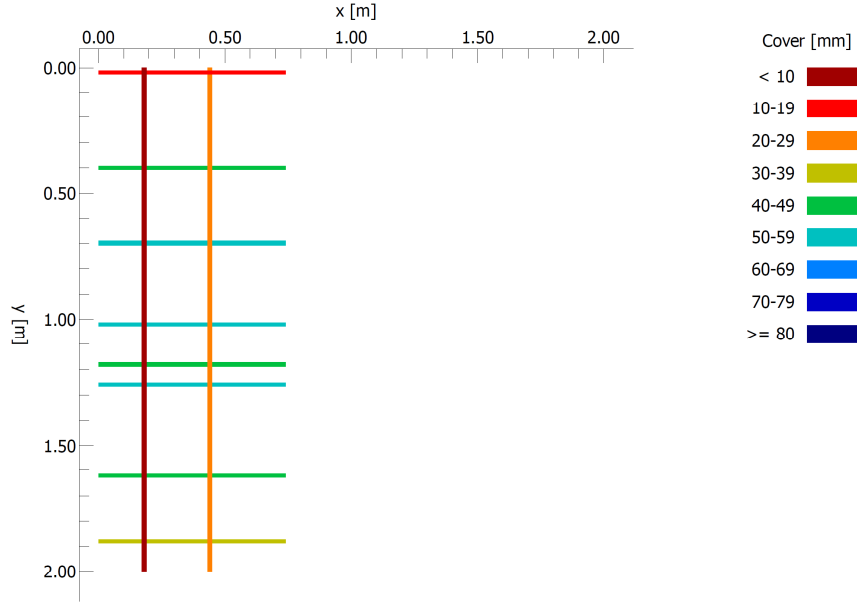
Title:

Name: TERMİNAL TRAFİ BİNA

1/1

Remarks:

ZEMİN KAT (+0,00-+4,65 KOTU ARASI)DT1



Set parameters

Bar diameter D = 16 mm
 X grid width dX = 20 mm
 Y grid width dY = 20 mm

Statistic

	x	y
Number of measured bars	N = 2	8
Average measured cover	m = 18.0	42.6 mm
Standard deviation	sa = 12.7	12.3 mm
Maximum of measured covers	Max = 27	52 mm
Minimum of measured covers	Min = 9	15 mm
Span	R = 18	37 mm

Measured covers

x [m]	Cover [mm]	y [m]	Cover [mm]
0.18	9	0.02	15
0.44	27	0.40	47
		0.70	52
		1.02	51
		1.18	46
		1.26	51
		1.62	42
		1.88	37

Şekil A.6 : DT1 elemanı donatı tespit cihazı okumaları.

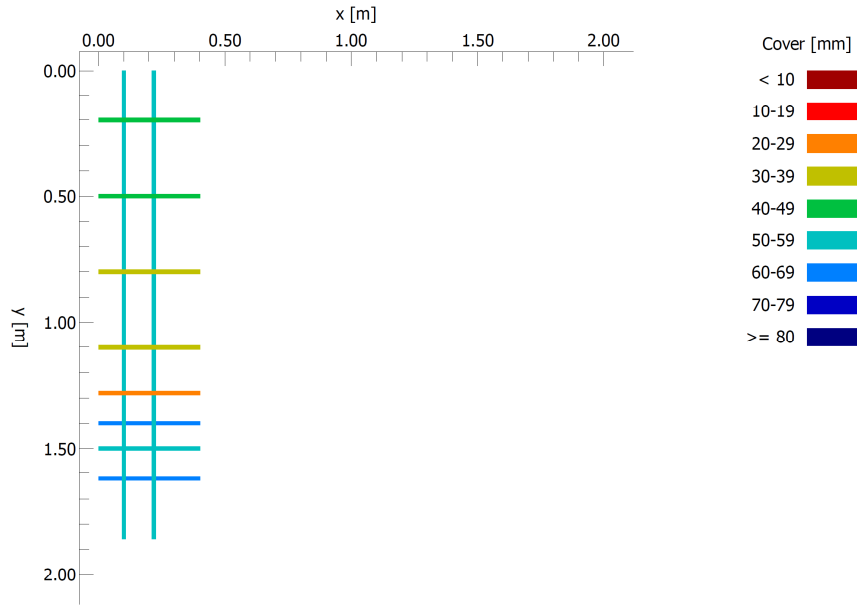
Title:

Name: TERMİNAL TRAFİ BİNA

1/1

Remarks:

ZEMİN KAT (+0,00-+4,65 KOTU ARASI)DT2



Set parameters

Bar diameter D = 16 mm
 X grid width dX = 20 mm
 Y grid width dY = 20 mm

Statistic

	x	y
Number of measured bars	N = 2	8
Average measured cover	m = 56.5	48.5 mm
Standard deviation	sa = 0.7	14.7 mm
Maximum of measured covers	Max = 57	68 mm
Minimum of measured covers	Min = 56	27 mm
Span	R = 1	41 mm

Measured covers

x [m]	Cover [mm]	y [m]	Cover [mm]
0.10	57	0.20	49
0.22	56	0.50	46
		0.80	39
		1.10	35
		1.28	27
		1.40	65
		1.50	59
		1.62	68

Şekil A.7 : T2 Elemanı donatı tespit cihazı okumaları.

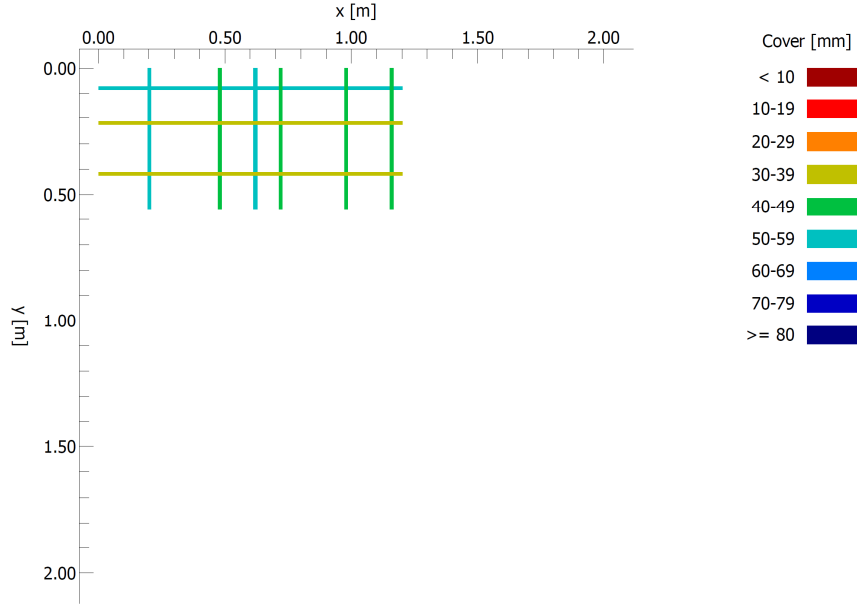
Title:

Name: TERMİNAL TRAFİ

1/1

Remarks:

ZEMİN KAT (+0,00-+4,65 KOTU ARASI)KDT1

**Set parameters**

Bar diameter D = 14 mm
 X grid width dX = 20 mm
 Y grid width dY = 20 mm

Statistic

	x	y
Number of measured bars	N = 6	3
Average measured cover	m = 48.2	41.0 mm
Standard deviation	sa = 6.4	12.2 mm
Maximum of measured covers	Max = 59	55 mm
Minimum of measured covers	Min = 42	33 mm
Span	R = 17	22 mm

Measured covers

x [m]	Cover [mm]	y [m]	Cover [mm]
0.20	52	0.08	55
0.48	48	0.22	35
0.62	59	0.42	33
0.72	42		
0.98	43		
1.16	45		

Şekil A.8 : KDT1 elemanı donatı tespit cihazı okumaları.

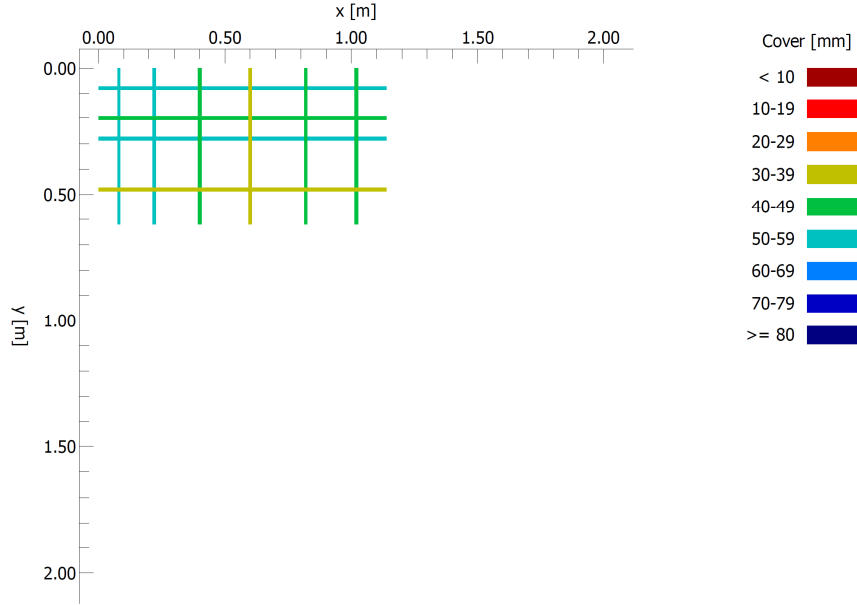
Title:

Name: TERMİNAL TRAFİ

1/1

Remarks:

ZEMİN KAT (+0,00-+4,65 KOTU ARASI)KDT2



Set parameters

Bar diameter D = 14 mm
 X grid width dX = 20 mm
 Y grid width dY = 20 mm

Statistic

	x	y
Number of measured bars	N = 6	4
Average measured cover	m = 44.7	46.5 mm
Standard deviation	sa = 7.5	11.3 mm
Maximum of measured covers	Max = 55	57 mm
Minimum of measured covers	Min = 37	34 mm
Span	R = 18	23 mm

Measured covers

x [m]	Cover [mm]	y [m]	Cover [mm]
0.08	55	0.08	55
0.22	53	0.20	40
0.40	40	0.28	57
0.60	37	0.48	34
0.82	43		
1.02	40		

Şekil A.9 : KDT2 elemanı donatı tespit cihazı okumaları.

MEVCUT YAPI ELEMANLARININ ENİNE VE BOYUNA DONATI CİNSLERİNİN VE FİZİKSEL DURUMUNUN PASPAYI SIYRILARAK TESPİTİ

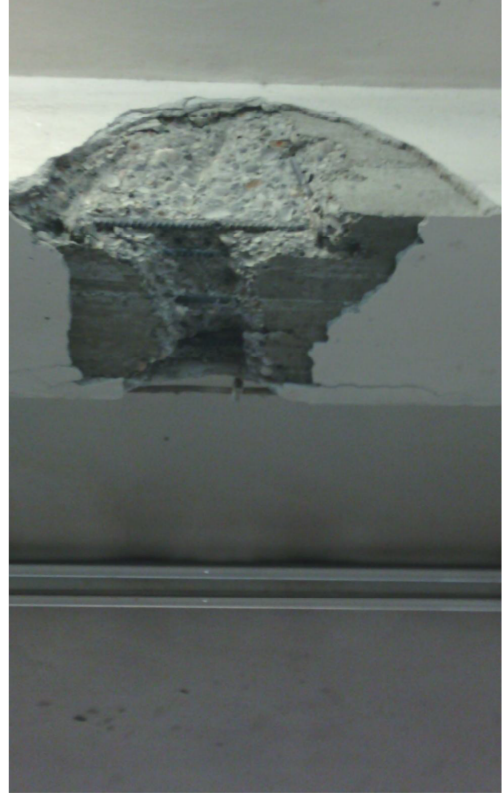
Mevcut donatı cinsi, donatılarda korozyon olup olmadığı, eğer var ise derecesinin ne olduğunun tespit edilebilmesi için paspayı sıyrılarak gözlem yapılmıştır.



Şekil A.10 : Paspayı sıyrılması-1.



Şekil A.11 : Paspayı sıyrılması-2.



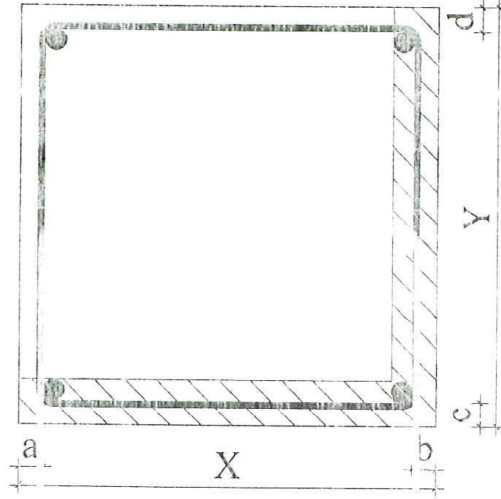
Şekil A.12 : Paspayı sıyrılması-3.

PASPAYI SIYRILARAK YAPILAN KOLON DONATI TESPİTİ TUTANAĞI:

İşin Adı:

Bina Adı: Terminal Trafo Binası +0,00 & +4,65 kotları arası ve +4,65 kotu

İncelenen Yapı Elemanı: TT-Z-P2



X (Kolon X yönü boyutu): 30 cm

Y (Kolon Y yönü boyutu): 30 cm.

a (paspayı boyutu): 4.6

b (paspayı boyutu): 4.3

c (paspayı boyutu): 5.1

d (paspayı boyutu): 5.3

X yönü boyuna donatı sayısı, çapları ve cinsi (Düz/Nervürlü): 2 adet $\phi 18$.

Y yönü boyuna donatı sayısı, çapları ve cinsi (Düz/Nervürlü): 1 adet $\phi 18$.

Etriye çapı, aralığı ve cinsi (Düz/Nervürlü): $\phi 8$ etriye - 24 cm aralık.

Etriye kanca şekli (135° - 90°), 135° .

Boyuna donatı bindirme boyu: —

Donatıda korozyon olup olmadığı ve korozyon seviyesi: GÖRÜLMEDİ

Varsa X yönü 2. etriye çapları, yerleşimi ve cinsi (Düz/Nervürlü):

Varsa Y yönü 2. etriye çapları, yerleşimi ve cinsi (Düz/Nervürlü):

Varsa X yönü çiroz sayısı, çapları, yerleşimi ve cinsi (Düz/Nervürlü):

Varsa Y yönü çiroz sayısı, çapları, yerleşimi ve cinsi (Düz/Nervürlü):

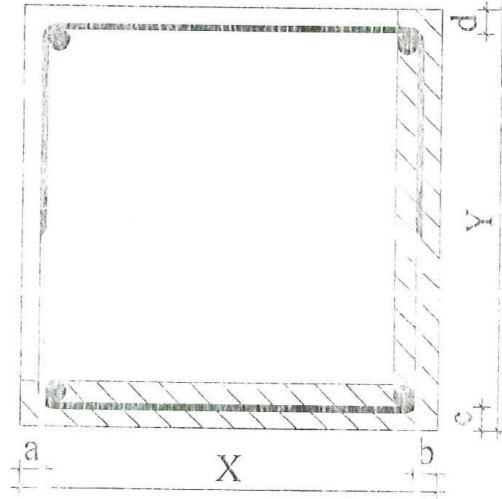
Şekil A.13 : Paspayı sıyrılarak yapılan kolon donatı tespit tutanağı-yapı elemanı TT-Z-P2.

PASPAYI SIYRILARAK YAPILAN KOLON DONATI TESPİTİ TUTANAĞI:

İşin Adı:

Bina Adı: Terminal Trafo Binası +0,00 & +4,65 kotları arası ve +4,65 kotu

İncelenen Yapı Elemanı: TT-Z-P1



X (Kolon X yönü boyutu): 30 cm

Y (Kolon Y yönü boyutu): 30 cm

a (paspayı boyutu): 5.9

b (paspayı boyutu): 5.7

c (paspayı boyutu): 4.5

d (paspayı boyutu): 5.9

X yönü boyuna donatı sayısı, çapları ve cinsi (Düz/Nervürlü): 1 adet 9B.

Y yönü boyuna donatı sayısı, çapları ve cinsi (Düz/Nervürlü): 2 adet 9B.

Etriye çapı, aralığı ve cinsi (Düz/Nervürlü): 8B etriye - 17 cm aralık.

Etriye kancaları kıvrılma şekli (135° - 90°): 135°

Boyuna donatı birleştirme boyu: —

Donatıda korozyon olup olmadığı ve korozyon seviyesi: GÖRÜLMEDİ

Varsa X yönü 2. etriye çapları, yerleşimi ve cinsi (Düz/Nervürlü):

Varsa Y yönü 2. etriye çapları, yerleşimi ve cinsi (Düz/Nervürlü):

Varsa X yönü çiroz sayısı, çapları, yerleşimi ve cinsi (Düz/Nervürlü):

Varsa Y yönü çiroz sayısı, çapları, yerleşimi ve cinsi (Düz/Nervürlü):

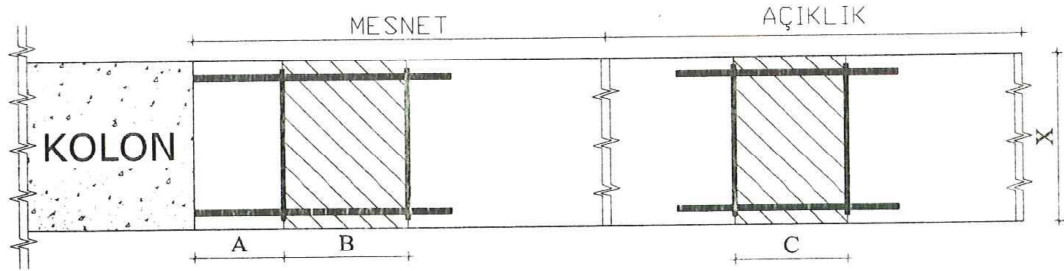
Şekil A.14 : Paspayı sıyrılarak yapılan kolon donatı tespit tutanağı-yapı elemanı TT-Z-P1.

PASPAYI SIYRILARAK YAPILAN KİRİŞ DONATI TESPİTİ TUTANAĞI:

İşin Adı:

Bina Adı: Terminal Trafo Binası +0,00 & +4,65 kotları arası ve +4,65 kotu

İncelenen Yapı Elemanı: TT-N1-KP1



X (Kiriş genişliği) 30cm

h (Kiriş yüksekliği): 30cm

A (Kiriş mesnet bölgesi alt yüzünde etriye-kolon mesafesi): 12.00 cm

B (Kiriş mesnet bölgesi alt yüzünde etriye aralığı): 13.00 cm

C (Kiriş açıklık bölgesi alt yüzünde etriye aralığı): 26.7 cm

Kiriş etriye sayısı (tek/çift), çapı ve cinsi (Düz/Nervürlü): TEK-98-Düz

Kiriş mesnet bölgesi alt yüzünde boyuna donatı sayısı,

Kiriş açıklık bölgesi alt yüzünde boyuna donatı sayısı, çapı ve cinsi

Kiriş alt yüzü paspayı: 5.03 cm

Etriye kanca kırıma şekli (135°- 90°): 135°

Donatıda korozyon olup olmadığı ve korozyon seviyesi: GÖRÜLMEDİ

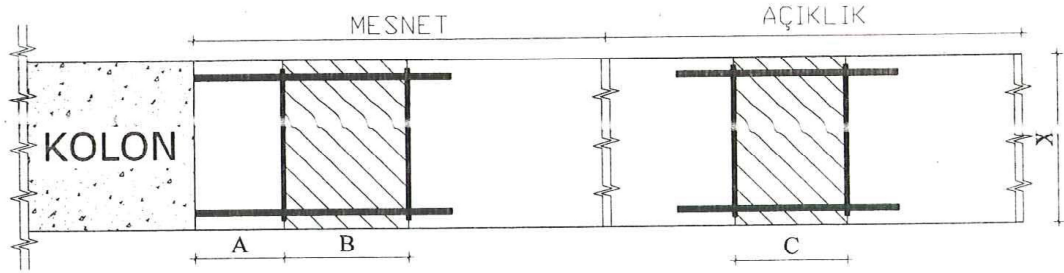
Şekil A.15 : Paspayı sıyrılarak yapılan kiriş donatı tespit tutanağı-yapı elemanı TT-N1-KP1.

PASPAYI SIYRILARAK YAPILAN KİRİŞ DONATI TESPİTİ TUTANAĞI:

İşin Adı:

Bina Adı: Terminal Trafo Binası +0,00 & +4,65 kotları arası ve +4,65 kotu

İncelenen Yapı Elemanı: TT-N1-KP2



X (Kiriş genişliği): 30 cm

h (Kiriş yüksekliği): 30 cm

A (Kiriş mesnet bölgesi alt yüzünde etriye-kolon mesafesi): 10.07 cm

B (Kiriş mesnet bölgesi alt yüzünde etriye aralığı): 12.09 cm

C (Kiriş açıklık bölgesi alt yüzünde etriye aralığı): 20 cm

Kiriş etriye sayısı (tek/çift), çapı ve cinsi (Düz/Nervürlü): TEK- 8- DÜZ

Kiriş mesnet bölgesi alt yüzünde boyuna donatı sayısı,

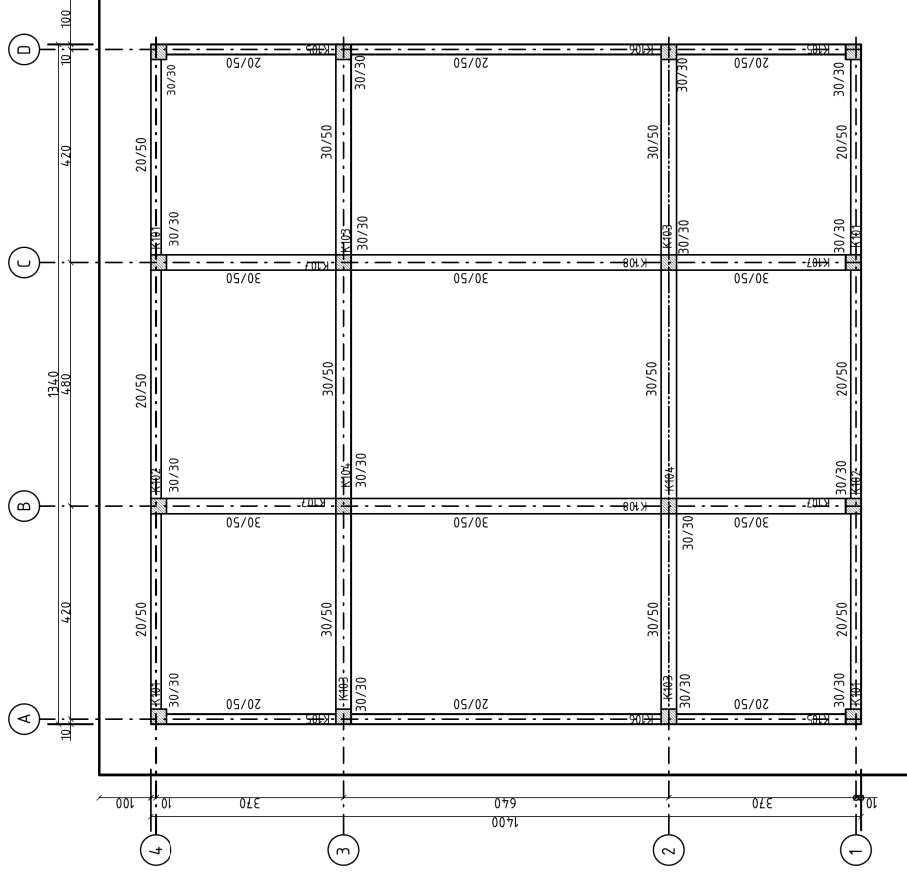
Kiriş açıklık bölgesi alt yüzünde boyuna donatı sayısı, çapı ve cinsi

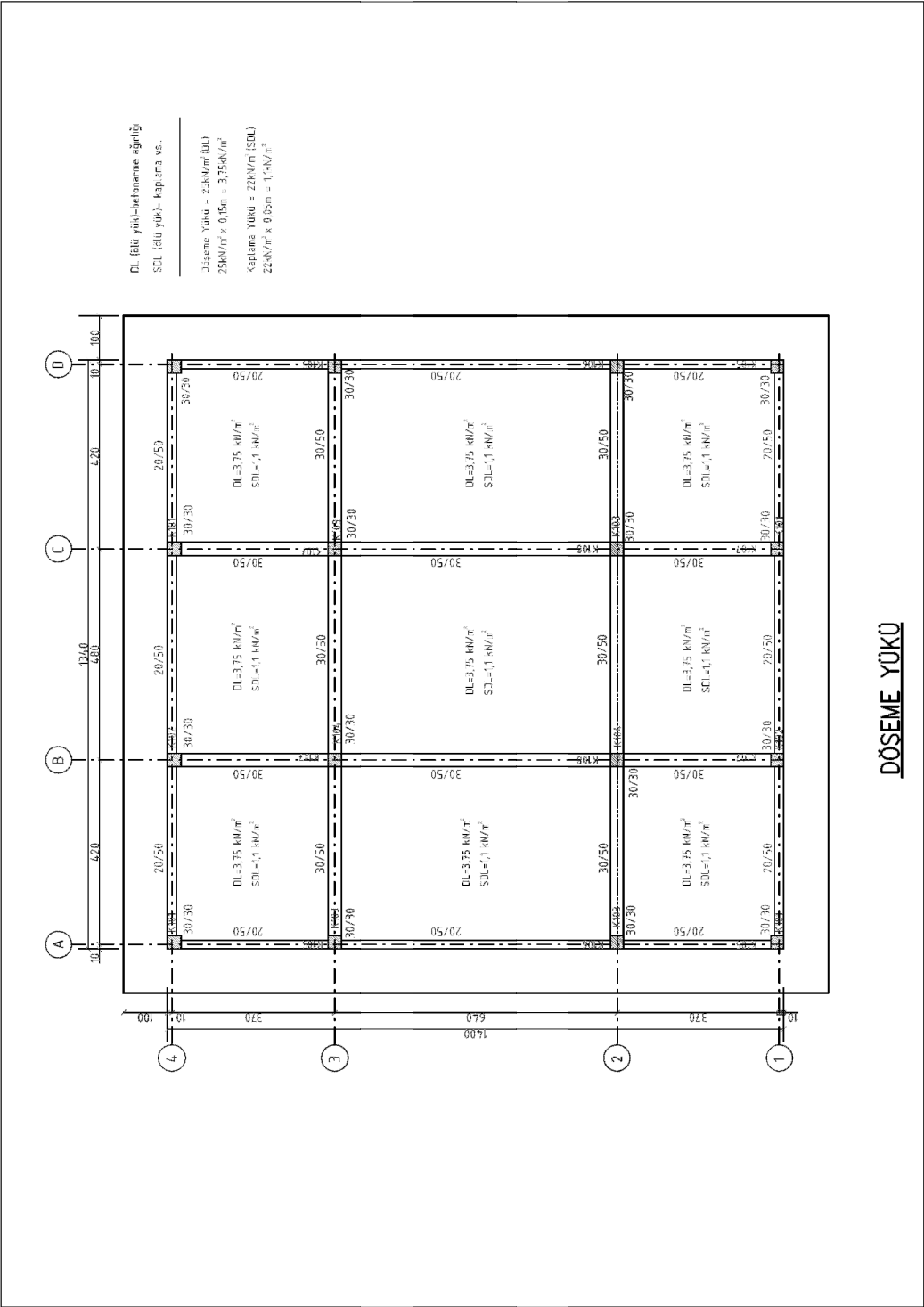
Kiriş alt yüzü paspayı: 4.09 cm

Etriye kancaları kıvrılma şekli (135°- 90°): 135°

Donatıda korozyon olup olmadığı ve korozyon seviyesi: YOK

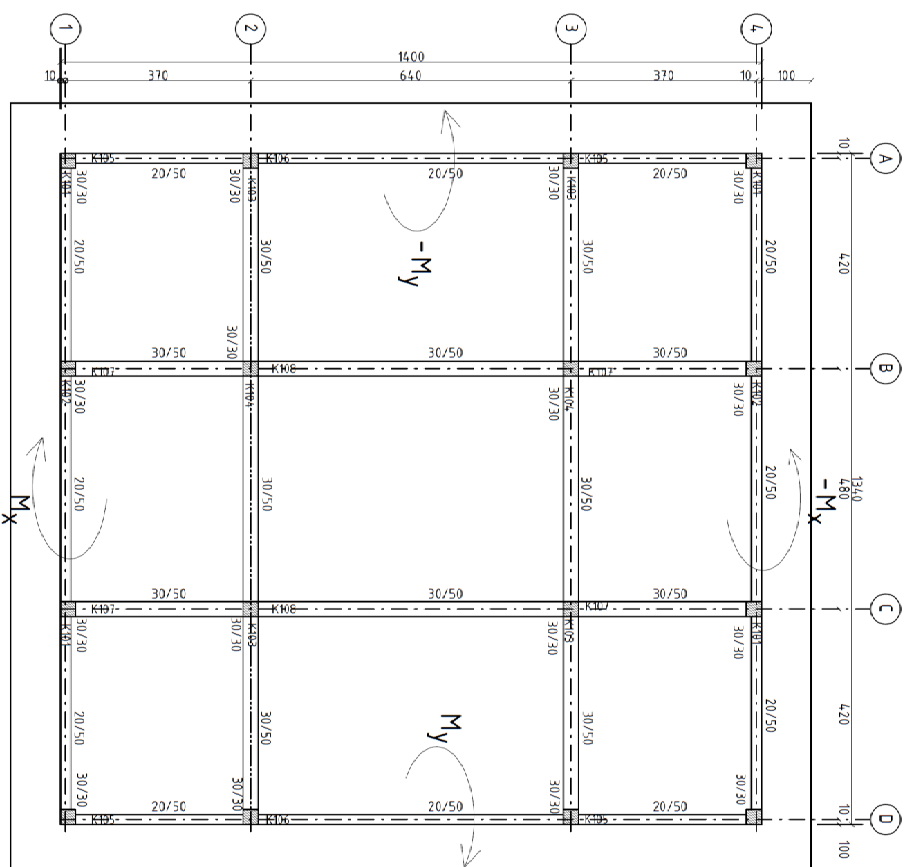
Şekil A.16 : Paspayı sıyrılarak yapılan kiriş donatı tespit tutanağı- yapı elemanı TT-N1-KP2.





DÖŞEME YÜKÜ

Şekil B.3 : Döşeme yükü.



Döşemedenki konsol kenarından dolayı uygulanan yüklenimler

DL (olu yük)betonarme ağırlığı

SDL (olu yük) - kaplama vs.

Döşeme (konsol) yükü - 25 kN/m^2 (DL)

$25\text{ kN/m}^2 \times 0.15\text{ m} \times 1.05\text{ m} = 3.93\text{ t}$, kN/m

$H = 4\text{ kN/m} \times (1.05\text{ m}/2) = 2.1\text{ kN}$

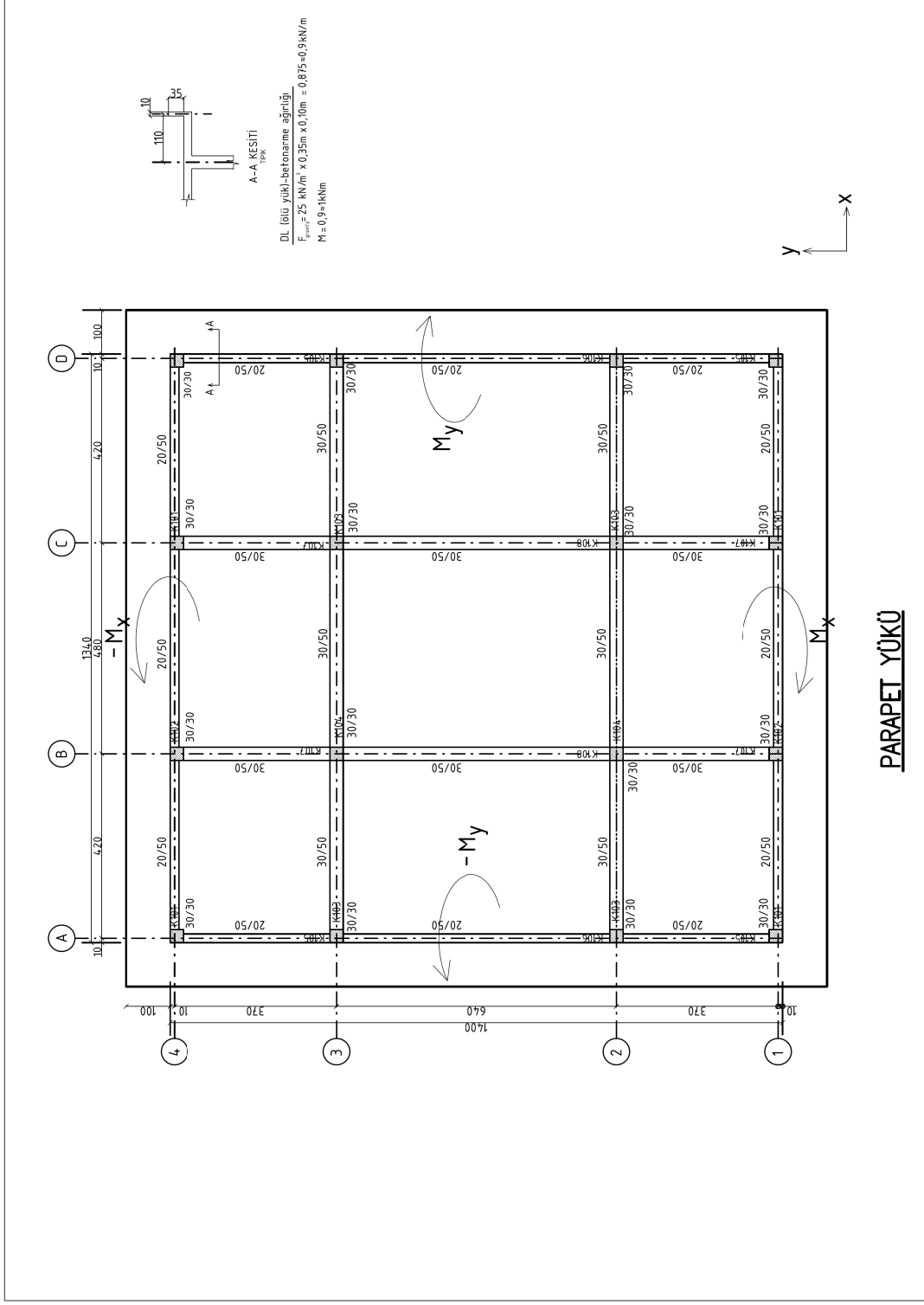
Kaplama (konsol) yükü - 22 kN/m^2 (SDL)

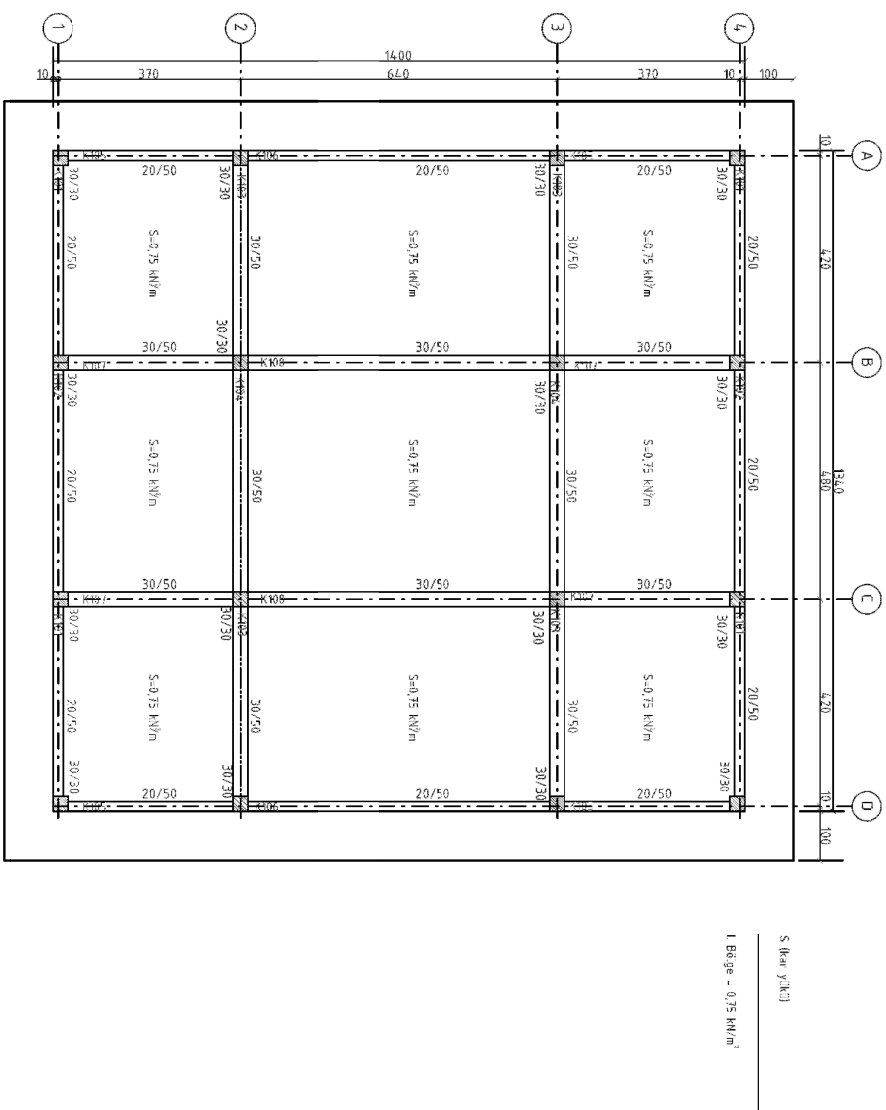
$22\text{ kN/m}^2 \times 0.05\text{ m} \times 1.05\text{ m} = 1.555\text{ t}$, 1.2 kN/m

$M = 1.2\text{ kN/m} \times (1.05\text{ m}/2) = 0.6\text{ kN}$

DÖŞEME KONSOL YÜKÜ

Şekil B.4 : Döşeme konsol yükü.





Şekil B.6 : Kar yükü.

Kesit Tesirleri (Tasarım Depremi, Duvarların İhmal Edildiği Durum).																					
Kolon no SAP2000	Konum	Kolon Boyu m	Düşey Yükle Altındaki Normal Kuvvet		Düşey Yükle Altındaki Moment	Dişey Yükle Altındaki Moment	X Doğrultusundaki Tasarım Depremi Normal Kuvvet		X Doğrultusundaki Tasarım Depremi Moment		X Doğrultusundaki En Büyük Deprem Normal Kuvvet		X Doğrultusundaki En büyük Deprem Moment		Y Doğrultusundaki Tasarım Depremi Normal Kuvvet		Y Doğrultusundaki Tasarım Depremi Moment		Y Doğrultusundaki En Büyük Deprem Normal Kuvvet		Y Doğrultusundaki En büyük Deprem Moment
			P	G+0,3Q			P	G+0,3Q+EX	M3	P	G+0,3Q+1,5EX	M3	P	G+0,3Q+EY	M2	P	G+0,3Q+1,5EY	M2			
i	j	4,8	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm
1	i	4,8	-49,96	0,58	-1,38	8,13	158,57	37,18	238,55	19,47	161,47	161,47	241,91	32,95	248,08	161,47	241,91	32,95	248,08	161,47	241,91
1	j	4,8	-39,16	-1,08	2,57	18,93	-126,24	47,98	-190,65	30,27	-132,54	-132,54	-198,28	32,95	-209,74	-132,54	-198,28	32,95	-209,74	-132,54	-198,28
2	i	4,8	-91,52	1,32	-1,32	-125,59	169,73	-142,63	254,77	-15,74	165,83	165,83	248,08	32,95	248,08	165,83	248,08	32,95	248,08	165,83	248,08
2	j	4,8	-80,72	-2,45	0,68	-114,79	-146,96	-131,83	-220,77	4,94	-140,64	-140,64	-209,74	32,95	-209,74	-140,64	-209,74	32,95	-209,74	-140,64	-209,74
3	i	4,8	-91,52	1,32	0,36	-57,45	170,45	-40,41	255,50	-15,74	165,83	165,83	248,08	32,95	248,08	165,83	248,08	32,95	248,08	165,83	248,08
3	j	4,8	-80,72	-2,45	-0,68	-46,65	-148,31	-29,61	-222,13	-4,94	-140,64	-140,64	-209,74	32,95	-209,74	-140,64	-209,74	32,95	-209,74	-140,64	-209,74
4	i	4,8	-49,96	0,58	1,38	-108,05	161,34	-137,10	241,31	19,47	161,47	161,47	241,91	32,95	248,08	161,47	241,91	32,95	248,08	161,47	241,91
4	j	4,8	-39,16	-1,08	-2,57	-97,25	-131,38	-126,30	-245,44	30,27	-132,54	-132,54	-198,28	32,95	-209,74	-132,54	-198,28	32,95	-209,74	-132,54	-198,28
8	i	4,8	-121,92	-3,64	-0,36	-57,63	163,51	-25,49	245,44	-176,57	164,97	164,97	249,27	32,95	248,08	164,97	249,27	32,95	248,08	164,97	249,27
8	j	4,8	-111,12	6,77	0,68	-46,83	-135,41	-14,69	-14,69	-165,77	-139,05	-139,05	-211,96	32,95	-209,74	-139,05	-211,96	32,95	-209,74	-139,05	-211,96
9	i	4,8	-175,05	-3,71	-0,55	-213,57	171,25	-232,83	257,15	-234,79	166,71	166,71	251,92	32,95	248,08	166,71	251,92	32,95	248,08	166,71	251,92
9	j	4,8	-164,25	6,89	1,03	-202,77	-149,78	-222,03	-225,19	-223,99	-142,28	-142,28	-216,86	32,95	-209,74	-142,28	-216,86	32,95	-209,74	-142,28	-216,86
10	i	4,8	-175,05	-3,71	0,55	-136,53	172,35	-234,79	258,25	-234,79	166,71	166,71	251,92	32,95	248,08	166,71	251,92	32,95	248,08	166,71	251,92
10	j	4,8	-164,25	6,89	-1,03	-125,73	-151,84	-106,47	-227,24	-223,99	-142,28	-142,28	-216,86	32,95	-209,74	-142,28	-216,86	32,95	-209,74	-142,28	-216,86
11	i	4,8	-121,92	-3,64	0,36	-186,21	164,24	-218,35	246,17	-176,57	164,97	164,97	249,27	32,95	248,08	164,97	249,27	32,95	248,08	164,97	249,27
11	j	4,8	-111,12	6,77	-0,68	-175,41	-136,76	-207,55	-204,80	-165,77	-139,05	-139,05	-211,96	32,95	-209,74	-139,05	-211,96	32,95	-209,74	-139,05	-211,96
15	i	4,8	-121,92	3,64	-0,36	-57,63	163,51	-25,49	245,44	-67,27	172,25	172,25	256,56	32,95	248,08	172,25	256,56	32,95	248,08	172,25	256,56
15	j	4,8	-111,12	-6,77	0,68	-46,83	-135,41	-14,69	-203,45	-56,47	-152,58	-152,58	-225,49	32,95	-209,74	-152,58	-225,49	32,95	-209,74	-152,58	-225,49
16	i	4,8	-175,05	3,71	-0,55	-213,57	171,25	-232,83	257,15	-115,31	174,12	174,12	259,33	32,95	248,08	174,12	259,33	32,95	248,08	174,12	259,33
16	j	4,8	-164,25	-6,89	1,03	-202,77	-149,78	-222,03	-225,19	-223,99	-142,28	-142,28	-216,86	32,95	-209,74	-142,28	-216,86	32,95	-209,74	-142,28	-216,86
17	i	4,8	-175,05	3,71	0,55	-136,53	172,35	-234,79	258,25	-234,79	166,71	166,71	251,92	32,95	248,08	166,71	251,92	32,95	248,08	166,71	251,92
17	j	4,8	-164,25	-6,89	-1,03	-125,73	-151,84	-106,47	-227,24	-223,99	-142,28	-142,28	-216,86	32,95	-209,74	-142,28	-216,86	32,95	-209,74	-142,28	-216,86
18	i	4,8	-121,92	3,64	0,36	-186,21	164,24	-218,35	246,17	-176,57	164,97	164,97	249,27	32,95	248,08	164,97	249,27	32,95	248,08	164,97	249,27
18	j	4,8	-111,12	-6,77	-0,68	-175,41	-136,76	-207,55	-204,80	-165,77	-139,05	-139,05	-211,96	32,95	-209,74	-139,05	-211,96	32,95	-209,74	-139,05	-211,96
22	i	4,8	-49,96	-0,58	-1,38	158,57	37,18	238,55	19,47	161,47	161,47	241,91	32,95	248,08	161,47	241,91	32,95	248,08	161,47	241,91	
22	j	4,8	-39,16	1,08	2,57	18,93	-126,24	47,98	-190,65	30,27	-132,54	-132,54	-198,28	32,95	-209,74	-132,54	-198,28	32,95	-209,74	-132,54	-198,28
23	i	4,8	-91,52	-1,32	-0,36	-125,59	169,73	-142,63	254,77	-15,74	165,83	165,83	248,08	32,95	248,08	165,83	248,08	32,95	248,08	165,83	248,08
23	j	4,8	-80,72	2,45	0,68	-114,79	-146,96	-131,83	-220,77	4,94	-140,64	-140,64	-209,74	32,95	-209,74	-140,64	-209,74	32,95	-209,74	-140,64	-209,74
24	i	4,8	-91,52	-1,32	0,36	-57,45	170,45	-40,41	255,50	-15,74	165,83	165,83	248,08	32,95	248,08	165,83	248,08	32,95	248,08	165,83	248,08
24	j	4,8	-80,72	2,45	-0,68	-46,65	-148,31	-29,61	-222,13	-4,94	-140,64	-140,64	-209,74	32,95	-209,74	-140,64	-209,74	32,95	-209,74	-140,64	-209,74
25	i	4,8	-49,96	-0,58	1,38	-108,05	161,34	-137,10	241,31	19,47	161,47	161,47	241,91	32,95	248,08	161,47	241,91	32,95	248,08	161,47	241,91
25	j	4,8	-39,16	1,08	-2,57	-97,25	-131,38	-126,30	-245,44	30,27	-132,54	-132,54	-198,28	32,95	-209,74	-132,54	-198,28	32,95	-209,74	-132,54	-198,28

Çizelge C.1 : Kesit tesirleri (tasarım depremi, duvarsız durum).

- * "M2" ile belirtilen moment, SAP2000 programında kolon elemanın 2 doğrultusundaki lokal eksenini denkleştirmektedir.
- * "M3" ile belirtilen moment, SAP2000 programında kolon elemanın 3 doğrultusundaki lokal eksenini denkleştirmektedir.
- * SAP2000 kolon numaraları için bakınız Şekil 2.15

X Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (Tasarım Depremi, Duvarların İhmal Edildiği Durum)														
Kolon no SAP2000	Konum	Kolon Boyut (m)	Düşey	Düşey	Artık Moment	Artık	Kesit Moment	Kesit	Etk/Kapasite Oranı	$N_k / (A_c \cdot f_{cm})$	$V_c / b_w \cdot d \cdot f_{cm}$	Hasar Sınıfı		
			Yüklerden Olmuş Eksenel Kuvvet	Yüklerden Olmuş Moment	Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Moment Kapasitesi	Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Moment Kapasitesi						
			Nb kN	Mb kNm	Ns kN	Ma kNm	Nk kN	Mk kNm					r	
1	i	4,8	-50	-1	16	44	-34	43	3,64	0,02	0,14	Kesit leri hasar bölgesindedir		
1	j	4,8	-39	3	20	-44	-19	-41	2,95	0,01	0,14	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
2	i	4,8	-92	0	-10	49	-101	49	3,46	0,05	0,16	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
2	j	4,8	-81	1	-11	-49	-92	-48	3,04	0,04	0,16	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
3	i	4,8	-92	0	9	47	-82	47	3,64	0,04	0,15	Kesit leri hasar bölgesindedir		
3	j	4,8	-81	-1	10	-45	-70	-46	3,26	0,03	0,15	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
4	i	4,8	-50	1	-16	44	-66	46	3,61	0,03	0,15	Kesit leri hasar bölgesindedir		
4	j	4,8	-39	-3	-19	-42	-58	-45	3,04	0,03	0,18	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
8	i	4,8	-50	0	19	49	-103	49	3,33	0,05	0,16	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
8	j	4,8	-111	1	23	-48	-88	-48	2,82	0,04	0,16	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
9	i	4,8	-175	-1	-13	57	-188	56	3,02	0,09	0,19	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
9	j	4,8	-164	1	-14	-57	-179	-56	2,66	0,09	0,19	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
10	i	4,8	-175	1	12	54	-163	54	3,20	0,08	0,18	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
10	j	4,8	-164	-1	13	-52	-151	-53	2,89	0,07	0,18	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
11	i	4,8	-122	0	-20	52	-142	52	3,15	0,07	0,17	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
11	j	4,8	-111	-1	-24	-51	-135	-52	2,66	0,07	0,17	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
15	i	4,8	-122	0	19	49	-103	49	3,33	0,05	0,16	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
15	j	4,8	-111	1	23	-48	-88	-48	2,82	0,04	0,16	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
16	i	4,8	-175	-1	-13	57	-188	56	3,02	0,09	0,19	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
16	j	4,8	-164	1	-14	-57	-179	-56	2,66	0,09	0,19	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
17	i	4,8	-175	1	12	54	-163	54	3,20	0,08	0,18	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
17	j	4,8	-164	-1	13	-52	-151	-53	2,89	0,07	0,18	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
18	i	4,8	-122	0	-20	52	-142	52	3,15	0,07	0,17	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
18	j	4,8	-111	-1	-24	-51	-135	-52	2,66	0,07	0,17	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
22	i	4,8	-50	3	16	44	-34	43	3,64	0,02	0,14	Kesit leri hasar bölgesindedir		
22	j	4,8	-39	-1	20	-44	-19	-41	2,95	0,01	0,14	Kesit leri hasar bölgesindedir		
23	i	4,8	-92	-1	-10	49	-101	49	3,46	0,05	0,16	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
23	j	4,8	-81	1	-11	-49	-92	-48	3,04	0,04	0,16	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
24	i	4,8	-92	0	9	47	-82	47	3,64	0,04	0,15	Kesit leri hasar bölgesindedir		
24	j	4,8	-81	-1	10	-45	-70	-46	3,26	0,03	0,15	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		
25	i	4,8	-50	1	-16	44	-66	46	3,61	0,03	0,15	Kesit leri hasar bölgesindedir		
25	j	4,8	-39	-3	-19	-42	-58	-45	3,04	0,03	0,15	Kesit beşirgin hasar bölgesindedir		

Çizelge C.2 : Hasar durumları (X doğrultusu, tasarım depremi).

Y Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (Tasarım Depremi, Duvarların İhmal Edildiği Durum)																			
Kolon no SAP2000	Konum	Kolon Boy (m)	Düşey Yüklerden Eksenel Kuvvet	Düşey Yüklerden Oluşan Moment	Artık Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Artık Moment Kapasitesi	Kesit Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Kesit Moment Kapasitesi	Bkİ/Kapasite Oranı	$N_k / (A_c \cdot f_{cm})$	$V_e / b_w \cdot d \cdot f_{cm}$	Hasar Sınıfı							
													Nb kN	Mb kNm	Na kN	Ma kNm	Nk kN	Mk kNm	r
1	i	4.8	-50	1	18	42	-32	42	3.85	0.02	0.14	Kesit 1.eri hasar bölgesindedir							
1	j	4.8	-39	-1	21	-40	-18	-41	3.30	0.01	0.14	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
2	i	4.8	-92	1	21	45	-71	46	3.68	0.03	0.15	Kesit 1.eri hasar bölgesindedir							
2	j	4.8	-81	-2	23	-42	-57	-45	3.26	0.03	0.15	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
3	i	4.8	-92	1	21	45	-71	46	3.68	0.03	0.15	Kesit 1.eri hasar bölgesindedir							
3	j	4.8	-81	-2	23	-42	-57	-45	3.26	0.03	0.15	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
4	i	4.8	-50	1	18	42	-32	42	3.85	0.02	0.14	Kesit 1.eri hasar bölgesindedir							
4	j	4.8	-39	-1	21	-40	-18	-41	3.30	0.01	0.14	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
8	i	4.8	-50	-4	-18	56	-140	52	3.02	0.07	0.17	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
8	j	4.8	-111	7	-22	-58	-133	-52	2.50	0.06	0.17	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
9	i	4.8	-175	-4	-21	61	-196	57	2.80	0.09	0.19	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
9	j	4.8	-164	7	-25	-63	-190	-57	2.35	0.09	0.19	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
10	i	4.8	-175	-4	-21	61	-196	57	2.80	0.09	0.19	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
10	j	4.8	-164	7	-25	-63	-190	-57	2.35	0.09	0.19	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
11	i	4.8	-122	-4	-18	56	-140	52	3.02	0.07	0.17	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
11	j	4.8	-111	7	-22	-58	-133	-52	2.50	0.06	0.17	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
15	i	4.8	-122	4	15	46	-107	49	3.69	0.05	0.16	Kesit 1.eri hasar bölgesindedir							
15	j	4.8	-111	-7	16	-41	-96	-48	3.51	0.05	0.16	Kesit 1.eri hasar bölgesindedir							
16	i	4.8	-175	4	18	50	-158	54	3.41	0.08	0.18	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
16	j	4.8	-164	-7	18	-46	-146	-53	3.25	0.07	0.18	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
17	i	4.8	-175	4	18	50	-158	54	3.41	0.08	0.18	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
17	j	4.8	-164	-7	18	-46	-146	-53	3.25	0.07	0.18	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
18	i	4.8	-122	4	15	46	-107	49	3.69	0.05	0.16	Kesit 1.eri hasar bölgesindedir							
18	j	4.8	-111	-7	16	-41	-96	-48	3.51	0.05	0.16	Kesit 1.eri hasar bölgesindedir							
22	i	4.8	-50	-1	-20	47	-70	46	3.45	0.03	0.15	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
22	j	4.8	-39	1	-25	-47	-64	-45	2.83	0.03	0.15	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
23	i	4.8	-92	-1	-24	51	-115	50	3.21	0.06	0.16	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
23	j	4.8	-81	2	-28	-52	-109	-49	2.66	0.05	0.16	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
24	i	4.8	-92	-1	-24	51	-115	50	3.21	0.06	0.16	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
24	j	4.8	-81	2	-28	-52	-109	-49	2.66	0.05	0.16	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
25	i	4.8	-50	-1	-20	47	-70	46	3.45	0.03	0.15	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							
25	j	4.8	-39	1	-25	-47	-64	-45	2.83	0.03	0.15	Kesit belgrin hasar bölgesindedir							

Çizelge C.3 : Hasar durumları (Y doğrultusu, tasarım depremi).

Kolonların Kesme Güvenliği (Tasarım Depremi, Duvarların İhmal Edildiği Durum)							
Kolon no SAP2000	Kolon Boy (m)	Deprem Doğrultusu	$V_c = (M_a + M_b) / l_n$ Enine Donatı Hesabında Dikkate Alınan Kesme Kuvveti (kN)	$V_r = V_c + V_w$ Kesit Kesme Dayanımı (kN) $V_w = (A_{sw}/s) f_{ywd} d$ $V_c = 0$ alınmıştır	$0,22 A_w f_c$ (kN)	$V_e \leq V_r$	$V_e \leq 0,22 b_w d f_c$
1	4.8	X	17	19	455	OK	OK
2	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
3	4.8	X	19	19	455	NOT OK	OK
4	4.8	X	19	19	455	OK	OK
8	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
9	4.8	X	23	19	455	NOT OK	OK
10	4.8	X	22	19	455	NOT OK	OK
11	4.8	X	22	19	455	NOT OK	OK
15	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
16	4.8	X	23	19	455	NOT OK	OK
17	4.8	X	22	19	455	NOT OK	OK
18	4.8	X	22	19	455	NOT OK	OK
22	4.8	X	17	19	455	OK	OK
23	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
24	4.8	X	19	19	455	NOT OK	OK
25	4.8	X	19	19	455	OK	OK
1	4.8	Y	17	19	455	OK	OK
2	4.8	Y	19	19	455	OK	OK
3	4.8	Y	19	19	455	OK	OK
4	4.8	Y	17	19	455	OK	OK
8	4.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
9	4.8	Y	24	19	455	NOT OK	OK
10	4.8	Y	24	19	455	NOT OK	OK
11	4.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
15	4.8	Y	20	19	455	NOT OK	OK
16	4.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
17	4.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
18	4.8	Y	20	19	455	NOT OK	OK
22	4.8	Y	19	19	455	OK	OK
23	4.8	Y	21	19	455	NOT OK	OK
24	4.8	Y	21	19	455	NOT OK	OK
25	4.8	Y	19	19	455	OK	OK

Çizelge C.4 : Kolon Kesme Güvenliği Tasarım Depremi.

X Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (En Büyük Deprem, Duvarların İhmal Edildiği Durum)																
Kolon no SAP2000	Konum	Kolon Boy (m)	Düşey Yüklerden Oluşan Eksenel Kuvvet	Düşey Yüklerden Oluşan Moment	Artık Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Artık Moment Kapasitesi	Kesit Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet			Kesit Moment Kapasitesi	Etki/Kapasite Oranı	$N_k / (A_c \cdot f_{cm})$	$V_c / b_w \cdot d^{0.5} f_{cm}$	Hasar Sınırı		
							N _k	M _k	r							
1	i	4.8	-50	-1	16	44	-34	43	5.46	0.02	0.14	Kesit belirgin hasar bölgesindedir				
1	j	4.8	-39	3	20	-44	-19	-41	4.43	0.01	0.14	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
2	i	4.8	-92	0	-10	49	-101	49	5.19	0.05	0.16	Kesit göçme bölgesindedir				
2	j	4.8	-81	1	-11	-49	-92	-48	4.56	0.04	0.16	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
3	i	4.8	-92	0	9	47	-82	47	5.46	0.04	0.15	Kesit göçme bölgesindedir				
3	j	4.8	-81	-1	10	-45	-70	-46	4.88	0.03	0.15	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
4	i	4.8	-50	1	-16	44	-66	46	5.42	0.03	0.15	Kesit göçme bölgesindedir				
4	j	4.8	-39	-3	-19	-42	-58	-45	4.56	0.03	0.15	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
8	i	4.8	-122	0	19	49	-103	49	4.99	0.05	0.16	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
8	j	4.8	-111	1	23	-48	-88	-48	4.23	0.04	0.16	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
9	i	4.8	-175	-1	-13	57	-188	56	4.52	0.09	0.19	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
9	j	4.8	-164	1	-14	-57	-179	-56	3.99	0.09	0.19	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
10	i	4.8	-175	1	12	54	-163	54	4.80	0.08	0.18	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
10	j	4.8	-164	-1	13	-52	-151	-53	4.34	0.07	0.18	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
11	i	4.8	-122	0	-20	52	-142	52	4.72	0.07	0.17	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
11	j	4.8	-111	-1	-24	-51	-135	-52	4.00	0.07	0.17	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
15	i	4.8	-122	0	19	49	-103	49	4.99	0.05	0.16	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
15	j	4.8	-111	1	23	-48	-88	-48	4.23	0.04	0.16	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
16	i	4.8	-175	-1	-13	57	-188	56	4.52	0.09	0.19	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
16	j	4.8	-164	1	-14	-57	-179	-56	3.99	0.09	0.19	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
17	i	4.8	-175	1	12	54	-163	54	4.80	0.08	0.18	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
17	j	4.8	-164	-1	13	-52	-151	-53	4.34	0.07	0.18	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
18	i	4.8	-122	0	-20	52	-142	52	4.72	0.07	0.17	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
18	j	4.8	-111	-1	-24	-51	-135	-52	4.00	0.07	0.17	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
22	i	4.8	-50	-1	16	44	-34	43	5.46	0.02	0.14	Kesit göçme bölgesindedir				
22	j	4.8	-39	3	20	-44	-19	-41	4.43	0.01	0.14	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
23	i	4.8	-92	0	-10	49	-101	49	5.19	0.05	0.16	Kesit göçme bölgesindedir				
23	j	4.8	-81	1	-11	-49	-92	-48	4.56	0.04	0.16	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
24	i	4.8	-92	0	9	47	-82	47	5.46	0.04	0.15	Kesit göçme bölgesindedir				
24	j	4.8	-81	-1	10	-45	-70	-46	4.88	0.03	0.15	Kesit ileri hasar bölgesindedir				
25	i	4.8	-50	1	-16	44	-66	46	5.42	0.03	0.15	Kesit göçme bölgesindedir				
25	j	4.8	-39	-3	-19	-42	-58	-45	4.56	0.03	0.15	Kesit ileri hasar bölgesindedir				

Çizelge C.5 : Hasar durumları (X doğrultusu, en büyük deprem).

Y Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (En Büyük Deprem, Duvarların İlmal Etkiği Durum)													
Kolon no SAP2000	Korum	Kolon Boy (m)	Dişey	Dişey	Artık Moment	Artık	Kesit	Kesit	Etki/Kapasite Oranı	N _k / (A _e ·f _{cm})	V _e / b _w ·d ^{3/4} ·f _{ctm}	Hasar Sınıfı	
			Yüklerden Oluşan Eksenel Kuvvet	Yüklerden Oluşan Moment	Kapitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Moment Kapasitesi	Kapitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Moment Kapasitesi					
			Nb kN	Mo kNm	Na kN	MA kNm	Nk kN	Mk kNm					f
1	i	4.8	-50	1	18	42	-32	42	5.78	0.02	0.14	Kesit göçme bölgesindedir	
1	j	4.8	-39	-1	21	-40	-18	-41	4.95	0.01	0.14	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
2	i	4.8	-92	1	21	45	-71	46	5.51	0.03	0.15	Kesit göçme bölgesindedir	
2	j	4.8	-81	-2	23	-42	-57	-45	4.89	0.03	0.15	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
3	i	4.8	-92	1	21	45	-71	46	5.51	0.03	0.15	Kesit göçme bölgesindedir	
3	j	4.8	-81	-2	23	-42	-57	-45	4.89	0.03	0.15	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
4	i	4.8	-50	1	18	42	-32	42	5.78	0.02	0.14	Kesit göçme bölgesindedir	
4	j	4.8	-39	-1	21	-40	-18	-41	4.95	0.01	0.14	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
8	i	4.8	-122	-4	-18	56	-140	52	4.53	0.07	0.17	Kesit göçme bölgesindedir	
8	j	4.8	-111	7	-22	-58	-133	-52	3.75	0.06	0.17	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
9	i	4.8	-175	-4	-21	61	-196	57	4.20	0.09	0.19	Kesit göçme bölgesindedir	
9	j	4.8	-164	7	-25	-63	-190	-57	3.53	0.09	0.19	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
10	i	4.8	-175	-4	-21	61	-196	57	4.20	0.09	0.19	Kesit göçme bölgesindedir	
10	j	4.8	-164	7	-25	-63	-190	-57	3.53	0.09	0.19	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
11	i	4.8	-122	-4	-18	56	-140	52	4.53	0.07	0.17	Kesit göçme bölgesindedir	
11	j	4.8	-111	7	-22	-58	-133	-52	3.75	0.06	0.17	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
15	i	4.8	-122	-4	15	46	-107	49	5.54	0.05	0.16	Kesit göçme bölgesindedir	
15	j	4.8	-111	-7	16	-41	-96	-48	5.27	0.05	0.16	Kesit göçme bölgesindedir	
16	i	4.8	-175	-4	18	50	-158	54	5.11	0.08	0.18	Kesit göçme bölgesindedir	
16	j	4.8	-164	-7	18	-46	-146	-53	4.88	0.07	0.18	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
17	i	4.8	-175	-4	18	50	-158	54	5.11	0.08	0.18	Kesit göçme bölgesindedir	
17	j	4.8	-164	-7	18	-46	-146	-53	4.88	0.07	0.18	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
18	i	4.8	-122	-4	15	46	-107	49	5.54	0.05	0.16	Kesit göçme bölgesindedir	
18	j	4.8	-111	-7	16	-41	-96	-48	5.27	0.05	0.16	Kesit göçme bölgesindedir	
22	i	4.8	-50	-1	-20	47	-70	46	5.18	0.03	0.15	Kesit göçme bölgesindedir	
22	j	4.8	-39	1	-25	-47	-64	-45	4.24	0.03	0.15	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
23	i	4.8	-92	-1	-24	51	-115	50	4.81	0.06	0.16	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
23	j	4.8	-81	2	-28	-52	-109	-49	3.99	0.05	0.16	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
24	i	4.8	-92	-1	-24	51	-115	50	4.81	0.06	0.16	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
24	j	4.8	-81	2	-28	-52	-109	-49	3.99	0.05	0.16	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	
25	i	4.8	-50	-1	-20	47	-70	46	5.18	0.03	0.15	Kesit göçme bölgesindedir	
25	j	4.8	-39	1	-25	-47	-64	-45	4.24	0.03	0.15	Kesit 1leri hasar bölgesindedir	

Çizelge C.6 : Hasar durumları (Y doğrultusu, en büyük deprem).

Kolonların Kesme Güvenliği (En Büyük Deprem, Duvarların İhmal Edildiği Durum)							
Kolon no SAP2000	Kolon Boy (m)	Deprem Doğrultusu	$V_c = (M_a + M_b) / l_n$ Enine Donatı Hesabında Dikkate Alınan Kesme Kuvveti (kN)	$V_r = V_c + V_w$ Kesit Kesme Dayanımı (kN) $V_w = (A_{sw}/s) f_{ywd} d$ $V_c = 0$ alınmıştır	$0,22 A_w f_c$ (kN)	$V_e \leq V_r$	$V_e \leq 0,22 b_w d f_c$
1	4.8	X	17	19	455	OK	OK
2	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
3	4.8	X	19	19	455	NOT OK	OK
4	4.8	X	19	19	455	OK	OK
8	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
9	4.8	X	23	19	455	NOT OK	OK
10	4.8	X	22	19	455	NOT OK	OK
11	4.8	X	22	19	455	NOT OK	OK
15	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
16	4.8	X	23	19	455	NOT OK	OK
17	4.8	X	22	19	455	NOT OK	OK
18	4.8	X	22	19	455	NOT OK	OK
22	4.8	X	17	19	455	OK	OK
23	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
24	4.8	X	19	19	455	NOT OK	OK
25	4.8	X	19	19	455	OK	OK
1	4.8	Y	17	19	455	OK	OK
2	4.8	Y	19	19	455	OK	OK
3	4.8	Y	19	19	455	OK	OK
4	4.8	Y	17	19	455	OK	OK
8	4.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
9	4.8	Y	24	19	455	NOT OK	OK
10	4.8	Y	24	19	455	NOT OK	OK
11	4.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
15	4.8	Y	20	19	455	NOT OK	OK
16	4.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
17	4.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
18	4.8	Y	20	19	455	NOT OK	OK
22	4.8	Y	19	19	455	OK	OK
23	4.8	Y	21	19	455	NOT OK	OK
24	4.8	Y	21	19	455	NOT OK	OK
25	4.8	Y	19	19	455	OK	OK

Çizelge C.7 : Kolon Kesme Güvenliği En Büyük Deprem.

Kesit Tesirleri (Tasarım Depremi, Duvarların Dikkate Alındığı Durum)																		
Kolon no SAP2000	Konum	Kolon Boyu m	Düşey		Düşey		Düşey		X Doğrultusundaki		X Doğrultusundaki		X Doğrultusundaki		Y Doğrultusundaki		Y Doğrultusundaki	
			Yükler Alındığı Normal Kuvvet	Alındığı Moment	Yükler Alındığı Moment	Alındığı Moment	G+0,3Q+EX Normal Kuvvet	Tasarım Depremi Moment	G+0,3Q+1,5EX Normal Kuvvet	G+0,3Q+1,5EX Moment	G+0,3Q+EY Normal Kuvvet	Tasarım Depremi Moment	G+0,3Q+1,5EY Normal Kuvvet	Tasarım Depremi Moment	G+0,3Q+1,5EY Normal Kuvvet	Tasarım Depremi Moment		
			P	M2	M3	M3	P	M3	P	M3	P	M2	P	M2	P	M2		
1	i	4,8	-49,77	0,66	-0,87	-17,06	99,48	-0,70	149,65	-15,22	62,33	2,06	93,16					
1	i	4,8	-38,97	-1,14	2,15	-6,26	-78,66	10,11	-119,06	-4,42	-50,59	12,86	-75,32					
2	i	4,8	-91,54	1,52	0,18	-114,77	106,91	-126,38	160,28	-63,49	80,20	-49,47	119,55					
2	i	4,8	-80,74	-2,62	0,20	-103,97	-92,47	-115,58	-138,80	-52,69	-67,96	-38,67	-100,63					
3	i	4,8	-91,26	1,64	0,91	-65,42	107,65	-52,50	161,02	-42,61	98,24	-18,28	146,54					
3	i	4,8	-80,46	-2,72	-1,15	-54,62	-93,84	-41,70	-140,18	-31,81	-83,16	-7,48	-123,38					
4	i	4,8	-49,97	0,99	1,90	-79,38	102,25	-94,39	152,43	-12,77	111,20	5,83	166,30					
4	i	4,8	-39,17	-1,42	-2,98	-68,78	-83,80	-83,59	-124,21	-1,97	-91,40	16,63	-136,38					
8	i	4,8	-119,87	-3,53	0,07	-40,76	94,19	-1,21	141,25	-373,40	62,94	-500,17	96,18					
8	i	4,8	-109,07	6,65	0,31	-29,96	-77,32	9,60	-116,13	-362,60	-51,73	-489,37	-80,91					
9	i	4,8	-172,30	-3,50	-0,10	-464,15	99,08	-610,08	148,68	-539,72	78,94	-723,43	120,15					
9	i	4,8	-161,50	6,70	0,63	-453,35	-86,41	-599,28	-129,93	-528,92	-66,61	-712,63	-101,76					
10	i	4,8	-173,33	-3,38	1,00	-192,20	100,24	-201,63	149,86	-562,05	97,33	-756,41	147,68					
10	i	4,8	-162,53	6,60	-1,42	-181,40	-88,56	-190,83	-132,12	-551,25	-81,47	-745,61	-125,50					
11	i	4,8	-122,11	-3,21	0,80	-447,90	94,99	-610,79	142,09	-214,68	112,39	-260,96	170,19					
11	i	4,8	-111,31	6,39	-1,03	-437,10	-78,80	-599,99	-117,69	-203,88	-93,61	-250,16	-143,61					
15	i	4,8	-123,95	3,17	-0,09	-77,41	80,55	-54,13	120,88	-226,19	38,52	-277,31	56,20					
15	i	4,8	-110,79	-7,87	0,44	-86,34	-64,17	-74,12	-96,47	-82,97	-120,10	-69,05	-176,21					
16	i	4,8	-173,80	3,89	-0,27	-431,05	83,91	-559,67	126,00	-124,30	85,25	-99,55	125,94					
16	i	4,8	-163,00	-7,03	0,78	-420,25	-73,10	-548,87	-110,04	-113,50	-77,34	-88,75	-112,50					
17	i	4,8	-174,84	4,03	0,84	-155,98	85,06	-146,55	127,17	-144,62	104,62	-129,51	154,91					
17	i	4,8	-164,04	-7,17	-1,27	-145,18	-75,24	-135,75	-112,22	-133,82	-95,01	-118,71	-138,92					
18	i	4,8	-121,30	4,08	0,64	-388,20	80,52	-521,65	120,46	-88,56	119,75	-27,19	177,58					
18	i	4,8	-110,50	-7,14	-0,90	-377,40	-66,81	-510,85	-99,76	-47,76	-107,28	-16,39	-157,35					
22	i	4,8	-50,23	-0,44	-1,21	-17,07	69,13	-0,49	104,30	-101,22	64,76	-126,71	97,37					
22	i	4,8	-39,43	0,91	2,43	-6,27	-54,13	10,32	-82,41	-90,42	-55,11	-115,91	-83,12					
23	i	4,8	-90,92	-1,12	-0,18	-99,67	74,68	-104,04	112,11	-418,63	78,22	-582,48	117,88					
23	i	4,8	-80,12	2,27	0,52	-88,87	-64,44	-93,24	-96,92	-407,83	-64,27	-571,68	-97,54					
24	i	4,8	-91,33	-1,00	0,55	-115,42	75,24	-127,47	112,59	-499,00	95,69	-702,84	144,03					
24	i	4,8	-80,53	2,18	-0,84	-104,62	-65,49	-116,67	-97,82	-488,20	-78,42	-692,04	-118,72					
25	i	4,8	-50,19	-0,17	1,56	-361,66	71,56	-517,39	106,55	-9,96	110,21	101,6	165,39					
25	i	4,8	-39,39	0,74	-2,71	-350,86	-58,64	-506,59	-86,60	0,84	-89,56	20,96	-134,71					

Çizelge C.8 : Kesit tesirleri (tasarım depremi,duvarların dikkate alındığı durum).

* "M2" ile belirtilen moment, SAP2000 programında kolon elemanının 2 doğrultusundaki lokal eksenine denk gelmektedir.

* "M3" ile belirtilen moment, SAP2000 programında kolon elemanının 3 doğrultusundaki lokal eksenine denk gelmektedir.

* SAP2000 kolon numaraları için bakınız Şekil 2.15

X Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (Tasarım Depremi, Duvarfırm Dikkate Alındığı Durum)												
Kolon no SAP2000	Konum	Kolon Boy (m)	Düşey Yüklerden Oluşan Eksenel Kuvvet	Düşey Yüklerden Oluşan Moment	Artık Moment Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Artık Moment Kapasitesi	Kesit Moment Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Kesit Moment Kapasitesi	Etki/Kapasite Oranı	$N_k / (A_c \cdot f_{cm})$	$V_c / b_w \cdot d \cdot f_{ctm}$	Hasar Sınıfı
			N ₀ kN	M ₀ kNm	N _A kN	M _A kNm	N _k kN	M _k kNm				
1	i	4.8	-50	-1	14	44	-36	43	2.30	0.02	0.14	Kesit belirgin hasar bölgesindedir
1	j	4.8	-39	2	18	-43	-21	-41	1.86	0.01	0.14	Kesit minimum hasar bölgesindedir
2	i	4.8	-92	0	-11	49	-102	49	2.19	0.05	0.16	Kesit belirgin hasar bölgesindedir
2	j	4.8	-81	0	-12	-48	-93	-48	1.92	0.04	0.16	Kesit minimum hasar bölgesindedir
3	i	4.8	-91	1	11	46	-80	47	2.32	0.04	0.15	Kesit belirgin hasar bölgesindedir
3	j	4.8	-80	-1	12	-45	-68	-46	2.08	0.03	0.15	Kesit belirgin hasar bölgesindedir
4	i	4.8	-50	2	-13	43	-63	45	2.31	0.03	0.15	Kesit belirgin hasar bölgesindedir
4	j	4.8	-39	-3	-15	-42	-54	-45	1.94	0.03	0.15	Kesit minimum hasar bölgesindedir
8	i	4.8	-120	0	39	47	-80	47	2.01	0.04	0.15	Kesit belirgin hasar bölgesindedir
8	j	4.8	-109	0	47	-46	-63	-45	1.70	0.03	0.15	Kesit minimum hasar bölgesindedir
9	i	4.8	-172	0	-213	72	-385	72	1.37	0.19	0.24	Kesit minimum hasar bölgesindedir
9	j	4.8	-162	1	-251	-75	-412	-74	1.16	0.20	0.24	Kesit minimum hasar bölgesindedir
10	i	4.8	-173	1	-10	55	-184	56	1.80	0.09	0.18	Kesit minimum hasar bölgesindedir
10	j	4.8	-163	-1	-12	-54	-174	-55	1.62	0.08	0.18	Kesit minimum hasar bölgesindedir
11	i	4.8	-122	1	-242	70	-364	71	1.35	0.18	0.24	Kesit minimum hasar bölgesindedir
11	j	4.8	-111	-1	-309	-74	-420	-75	1.05	0.20	0.24	Kesit minimum hasar bölgesindedir
15	i	4.8	-124	0	28	48	-96	48	1.67	0.05	0.16	Kesit minimum hasar bölgesindedir
15	j	4.8	-111	0	18	-48	-92	-48	1.33	0.04	0.16	Kesit minimum hasar bölgesindedir
16	i	4.8	-174	0	-224	73	-398	73	1.15	0.19	0.25	Kesit minimum hasar bölgesindedir
16	j	4.8	-163	1	-265	-76	-428	-75	ELASTİK	0.21	0.25	0
17	i	4.8	-175	1	12	53	-163	54	1.58	0.08	0.18	Kesit minimum hasar bölgesindedir
17	j	4.8	-164	-1	13	-52	-151	-53	1.43	0.07	0.18	Kesit minimum hasar bölgesindedir
18	i	4.8	-121	1	-231	69	-353	70	1.15	0.17	0.24	Kesit minimum hasar bölgesindedir
18	j	4.8	-111	-1	-295	-73	-405	-74	ELASTİK	0.20	0.24	0
22	i	4.8	-50	-1	20	43	-30	42	1.62	0.01	0.14	Kesit minimum hasar bölgesindedir
22	j	4.8	-39	2	25	-43	-14	-41	1.32	0.01	0.14	Kesit minimum hasar bölgesindedir
23	i	4.8	-91	0	-6	49	-97	48	1.54	0.05	0.19	Kesit minimum hasar bölgesindedir
23	j	4.8	-81	1	-251	68	-332	68	ELASTİK	0.16	0.19	0
24	i	4.8	-91	1	-16	49	-107	49	1.53	0.05	0.16	Kesit minimum hasar bölgesindedir
24	j	4.8	-81	-1	-18	-48	-98	-48	1.36	0.05	0.16	Kesit minimum hasar bölgesindedir
25	i	4.8	-50	2	-305	69	-355	70	1.02	0.17	0.20	Kesit minimum hasar bölgesindedir
25	j	4.8	-39	-3	-81	-48	-120	-50	ELASTİK	0.06	0.20	0

Çizelge C.9 : Hasar durumları (X doğrultusu, tasarım depremi).

Y Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (Tasarım Depremi, Duvarların Dikkate Alındığı Durum)													
Kolon no SAP2000	Konum	Kolon Boyut (m)	Düşey	Düşey	Artık Moment	Artık	Kesit Moment	Kesit	Etki/Kapasite Oranı	Nk / (Ac*fcm)	Ve / bw*d*fcm	Hasar Sınırı	
			Yüklerden Oluşan Eksenel Kuvvet	Yüklerden Oluşan Moment	Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Moment Kapasitesi	Kapasitesine Eksenel Kuvvet	Moment Kapasitesi					
			ND kN	MID kNm	NA kN	MA kNm	NK kN	MK kNm					r
1	i	4,8	-50	1	23	41	-27	42	1,50	0,01	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
1	j	4,8	-39	-1	27	-39	-12	-40	1,26	0,01	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
2	i	4,8	-92	2	16	45	-76	46	1,75	0,04	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
2	j	4,8	-81	-3	18	-43	-62	-45	1,53	0,03	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
3	i	4,8	-91	2	22	44	-69	46	2,18	0,03	0,15	Kesit belirlen hasar bölgesindedir	
3	j	4,8	-80	-3	25	-42	-55	-45	1,92	0,03	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
4	i	4,8	-50	1	14	42	-36	43	2,64	0,02	0,14	Kesit belirlen hasar bölgesindedir	
4	j	4,8	-39	-1	17	-40	-23	-41	2,25	0,01	0,14	Kesit belirlen hasar bölgesindedir	
8	i	4,8	-120	-4	-298	78	-418	75	ELASTİK	0,20	0,25	0	
8	j	4,8	-109	7	-372	-86	-481	-79	ELASTİK	0,23	0,25	0	
9	i	4,8	-172	-4	-385	86	-557	83	ELASTİK	0,27	0,28	0	
9	j	4,8	-162	7	-475	-94	-637	-87	ELASTİK	0,31	0,28	0	
10	i	4,8	-173	-3	-320	83	-493	80	ELASTİK	0,24	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
10	j	4,8	-164	7	-156	-74	-320	-68	ELASTİK	0,15	0,24	0	
11	i	4,8	-122	-3	-46	58	-168	55	2,00	0,08	0,18	Kesit belirlen hasar bölgesindedir	
11	j	4,8	-111	6	-57	-61	-168	-55	1,64	0,08	0,18	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
15	i	4,8	-124	3	-183	63	-307	67	ELASTİK	0,15	0,19	0	
15	j	4,8	-111	-8	10	-41	-101	-49	2,75	0,05	0,19	Kesit belirlen hasar bölgesindedir	
16	i	4,8	-174	4	30	49	-144	53	1,67	0,07	0,17	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
16	j	4,8	-163	-7	31	-44	-132	-51	1,58	0,06	0,17	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
17	i	4,8	-175	4	15	50	-160	54	2,02	0,08	0,18	Kesit belirlen hasar bölgesindedir	
17	j	4,8	-164	-7	16	-46	-148	-53	1,92	0,07	0,18	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
18	i	4,8	-121	4	24	44	-97	48	2,61	0,05	0,16	Kesit belirlen hasar bölgesindedir	
18	j	4,8	-111	-7	25	-40	-85	-47	2,49	0,04	0,16	Kesit belirlen hasar bölgesindedir	
22	i	4,8	-50	0	-38	48	-88	48	1,36	0,04	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
22	j	4,8	-39	1	-44	-48	-83	-47	1,17	0,04	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
23	i	4,8	-91	-1	-307	74	-398	73	1,07	0,19	0,25	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
23	j	4,8	-80	2	-399	-81	-480	-79	ELASTİK	0,23	0,25	0	
24	i	4,8	-91	-1	-315	75	-407	74	1,53	0,20	0,25	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
24	j	4,8	-81	2	-414	-82	-494	-80	ELASTİK	0,24	0,25	0	
25	i	4,8	-50	0	16	43	-35	43	2,58	0,02	0,14	Kesit belirlen hasar bölgesindedir	
25	j	4,8	-39	1	19	-42	-21	-41	2,15	0,01	0,14	Kesit belirlen hasar bölgesindedir	

Çizelge C.10 : Hasar durumları (Y doğrultusu, tasarım depremi).

Kolonların Kesme Güvenliği (Tasarım Depremi, Duvarların Dikkate Alındığı Durum)							
Kolon no SAP2000	Kolon Boy (m)	Deprem Doğrultusu	$V_c = (M_a + M_b) / l_n$ Enine Donatı Hesabında Dikkate Alınan Kesme Kuvveti (kN)	$V_r = V_c + V_w$ Kesit Kesme Dayanımı (kN) $V_w = (A_{sw}/s) f_{ywd} d$ $V_c = 0$ alınmıştır	$0,22 A_w f_c$ (kN)	$V_e \leq V_r$	$V_e \leq 0,22 b_w d f_c$
1	4.8	X	17	19	455	OK	OK
2	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
3	4.8	X	19	19	455	NOT OK	OK
4	4.8	X	19	19	455	OK	OK
8	4.8	X	19	19	455	OK	OK
9	4.8	X	31	19	455	NOT OK	OK
10	4.8	X	23	19	455	NOT OK	OK
11	4.8	X	30	19	455	NOT OK	OK
15	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
16	4.8	X	31	19	455	NOT OK	OK
17	4.8	X	22	19	455	NOT OK	OK
18	4.8	X	30	19	455	NOT OK	OK
22	4.8	X	17	19	455	OK	OK
23	4.8	X	24	19	455	NOT OK	OK
24	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
25	4.8	X	25	19	455	NOT OK	OK
1	4.8	Y	17	19	455	OK	OK
2	4.8	Y	19	19	455	OK	OK
3	4.8	Y	19	19	455	OK	OK
4	4.8	Y	18	19	455	OK	OK
8	4.8	Y	32	19	455	NOT OK	OK
9	4.8	Y	35	19	455	NOT OK	OK
10	4.8	Y	31	19	455	NOT OK	OK
11	4.8	Y	23	19	455	NOT OK	OK
15	4.8	Y	24	19	455	NOT OK	OK
16	4.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
17	5.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
18	4.8	Y	20	19	455	NOT OK	OK
22	4.8	Y	20	19	455	NOT OK	OK
23	4.8	Y	32	19	455	NOT OK	OK
24	4.8	Y	32	19	455	NOT OK	OK
25	4.8	Y	17	19	455	OK	OK

Çizelge C.11 : Kolon Kesme Güvenliği Tasarım Depremi.

X Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (En Büyük Deprem, Duvarların Dikkate Alındığı Durum)													
Kolon no SAP2000	Konum	Kolon Boyut (m)	Düşey	Düşey	Artık Moment	Artık	Kesit Moment	Kesit	Etki/Kapasite Oranı	$N_k / (A_c \cdot f_{cm})$	$V_e / b_w \cdot d \cdot f_{cm}$	Hasar Sınıfı	
			Yüklerden	Yüklerden	Kapasitesine	Moment	Kesit Moment	Moment					
			Oluşan	Oluşan	Karşılık Gelen	Kapasitesi	Karşılık Gelen	Kapasitesi					
			Eksenel	Eksenel	Eksenel Kuvvet	Eksenel Kuvvet	Eksenel Kuvvet	Eksenel Kuvvet					
			No	Mo	Na	Ma	Nk	Mk	r				
			kN	kNm	kN	kNm	kN	kNm					
1	i	4,8	-50	-1	14	44	-36	43	3,46	0,02	0,14	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
1	j	4,8	-39	2	18	-43	-21	-41	2,79	0,01	0,14	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
2	i	4,8	-92	0	-11	49	-102	49	3,29	0,05	0,16	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
2	j	4,8	-81	0	-12	-48	-93	-48	2,88	0,04	0,16	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
3	i	4,8	-91	1	11	46	-80	47	3,48	0,04	0,15	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
3	j	4,8	-80	-1	12	-45	-68	-46	3,11	0,03	0,15	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
4	i	4,8	-50	2	-13	43	-63	45	3,46	0,03	0,15	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
4	j	4,8	-39	-3	-15	-42	-54	-45	2,91	0,03	0,15	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
8	i	4,8	-120	0	39	47	-80	47	3,01	0,04	0,15	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
8	j	4,8	-109	0	47	-46	-63	-45	2,55	0,03	0,15	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
9	i	4,8	-172	0	-213	72	-385	72	2,06	0,19	0,24	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
9	j	4,8	-164	1	-249	-75	-413	-74	1,16	0,20	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
10	i	4,8	-173	1	-10	55	-184	56	2,70	0,09	0,18	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
10	j	4,8	-163	-1	-12	-54	-174	-55	2,43	0,08	0,18	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
11	i	4,8	-122	1	-242	70	-364	71	2,02	0,18	0,24	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
11	j	4,8	-111	-1	-309	-74	-420	-75	1,58	0,20	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
15	i	4,8	-124	0	28	48	-96	48	2,50	0,05	0,16	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
15	j	4,8	-111	0	18	-48	-92	-48	2,00	0,04	0,16	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
16	i	4,8	-174	0	-224	73	-398	73	1,72	0,19	0,25	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
16	j	4,8	-163	1	-265	-76	-428	-75	1,46	0,21	0,25	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
17	i	4,8	-175	1	12	53	-163	54	2,37	0,08	0,18	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
17	j	4,8	-164	-1	13	-52	-151	-53	2,14	0,07	0,18	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
18	i	4,8	-121	1	-231	69	-353	70	1,73	0,17	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
18	j	4,8	-111	-1	-295	-73	-405	-74	1,36	0,20	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
22	i	4,8	-50	-1	20	43	-30	42	2,44	0,01	0,14	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
22	j	4,8	-39	2	25	-43	-14	-41	1,97	0,01	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
23	i	4,8	-91	0	-6	49	-97	48	2,31	0,05	0,16	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
23	j	4,8	-80	1	-6	-48	-87	-47	2,03	0,04	0,16	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
24	i	4,8	-91	1	-16	49	-107	49	2,30	0,05	0,16	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
24	j	4,8	-81	-1	-18	-48	-98	-48	2,03	0,05	0,16	Kesit belirgin hasar bölgesindedir	
25	i	4,8	-50	2	-305	69	-355	70	1,53	0,17	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
25	j	4,8	-39	-3	-415	-75	-455	-77	1,13	0,22	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	

Çizelge C.12 : Hasar durumları (X doğrultusu, en büyük deprem).

Y Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (En Büyük Deprem, Duvarların Dikkate Alındığı Durum)																	
Kolon no SAP2000	Kolonum	Kolon Boyuna (m)	Düşey Yüklerden Eksenel Kuvvet	Düşey Yüklerden Oluşan Moment	Artık Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Artık Moment Kapasitesi	Kesit Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Kesit Moment Kapasitesi	Etki/Kapasite Oranı	$N_k / (A_c \cdot f_{cm})$	$V_c / b_w \cdot d_{ef_{cm}}$	Hasar Sınıfı					
													N _k	M _A kNm	N _k kN	M _k kNm	r
1	i	4.8	-50	1	23	41	-27	42	2.25	0.01	0.14	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
1	j	4.8	-39	-1	27	-39	-12	-40	1.90	0.01	0.14	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
2	i	4.8	-92	2	16	45	-76	46	2.62	0.04	0.15	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
2	j	4.8	-81	-3	18	-43	-62	-45	2.30	0.03	0.15	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
3	i	4.8	-91	2	22	44	-69	46	3.27	0.03	0.15	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
3	j	4.8	-80	-3	25	-42	-55	-45	2.88	0.03	0.15	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
4	i	4.8	-50	1	14	42	-36	43	3.96	0.02	0.14	Kesitleri hasar bölgesindedir					
4	j	4.8	-39	-1	17	-40	-23	-41	3.38	0.01	0.14	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
8	i	4.8	-120	4	-298	78	-418	75	1.28	0.20	0.25	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
8	j	4.8	-109	7	-372	-86	-481	-79	1.02	0.23	0.25	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
9	i	4.8	-172	4	-385	86	-557	83	1.43	0.27	0.28	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
9	j	4.8	-162	7	-475	-94	-637	-87	1.16	0.31	0.28	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
10	i	4.8	-173	-3	-320	83	-493	80	1.82	0.24	0.27	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
10	j	4.8	-163	7	-395	-89	-557	-83	1.48	0.27	0.27	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
11	i	4.8	-122	-3	-46	58	-168	55	2.99	0.08	0.18	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
11	j	4.8	-111	6	-57	-61	-168	-55	2.46	0.08	0.18	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
15	i	4.8	-124	3	-183	63	-307	67	ELASTİK	0.15	0.19	0					
15	j	4.8	-111	-8	10	-41	-101	-49	4.12	0.05	0.19	Kesit ileri hasar bölgesindedir					
16	i	4.8	-174	4	30	49	-144	53	2.51	0.07	0.17	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
16	j	4.8	-163	-7	31	-44	-132	-51	2.37	0.06	0.17	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
17	i	4.8	-175	4	15	50	-160	54	3.02	0.08	0.18	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
17	j	4.8	-164	-7	16	-46	-148	-53	2.88	0.07	0.18	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
18	i	4.8	-121	4	24	44	-97	48	3.91	0.05	0.16	Kesit ileri hasar bölgesindedir					
18	j	4.8	-111	-7	25	-40	-85	-47	3.74	0.04	0.16	Kesit ileri hasar bölgesindedir					
22	i	4.8	-50	0	-38	48	-88	48	2.04	0.04	0.16	Kesit belginin hasar bölgesindedir					
22	j	4.8	-39	1	-44	-48	-83	-47	1.75	0.04	0.16	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
23	i	4.8	-91	-1	-307	74	-398	73	1.60	0.19	0.25	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
23	j	4.8	-80	2	-399	-81	-480	-79	1.23	0.23	0.25	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
24	i	4.8	-91	-1	-315	75	-407	74	1.94	0.20	0.25	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
24	j	4.8	-81	2	-414	-82	-494	-80	1.48	0.24	0.25	Kesit minimum hasar bölgesindedir					
25	i	4.8	-50	0	16	43	-35	43	3.87	0.02	0.14	Kesit ileri hasar bölgesindedir					
25	j	4.8	-39	1	19	-42	-21	-41	3.23	0.01	0.14	Kesit belginin hasar bölgesindedir					

Çizelge C.13: Hasar durumları (Y doğrultusu, en büyük deprem).

Kolonların Kesme Güvenliği (En Büyük Deprem, Duvarların Dikkate Alındığı Durum)							
Kolon no SAP2000	Kolon Boy (m)	Deprem Doğrultusu	$V_c = (M_a + M_b) / l_n$ Enine Donatı Hesabında Dikkate Alınan Kesme Kuvveti (kN)	$V_r = V_c + V_w$ Kesit Kesme Dayanımı (kN) $V_w = (A_{sw}/s) f_{ywd} d$ $V_c = 0$ alınmıştır	$0,22 A_w f_c$ (kN)	$V_e \leq V_r$	$V_e \leq 0,22 b_w d f_c$
1	4.8	X	17	19	455	OK	OK
2	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
3	4.8	X	19	19	455	NOT OK	OK
4	4.8	X	19	19	455	OK	OK
8	4.8	X	19	19	455	OK	OK
9	4.8	X	31	19	455	NOT OK	OK
10	4.8	X	23	19	455	NOT OK	OK
11	4.8	X	30	19	455	NOT OK	OK
15	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
16	4.8	X	31	19	455	NOT OK	OK
17	4.8	X	22	19	455	NOT OK	OK
18	4.8	X	30	19	455	NOT OK	OK
22	4.8	X	17	19	455	OK	OK
23	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
24	4.8	X	20	19	455	NOT OK	OK
25	4.8	X	31	19	455	NOT OK	OK
1	4.8	Y	17	19	455	OK	OK
2	4.8	Y	19	19	455	OK	OK
3	4.8	Y	19	19	455	OK	OK
4	4.8	Y	18	19	455	OK	OK
8	4.8	Y	32	19	455	NOT OK	OK
9	4.8	Y	35	19	455	NOT OK	OK
10	4.8	Y	34	19	455	NOT OK	OK
11	4.8	Y	23	19	455	NOT OK	OK
15	4.8	Y	24	19	455	NOT OK	OK
16	4.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
17	4.8	Y	22	19	455	NOT OK	OK
18	4.8	Y	20	19	455	NOT OK	OK
22	4.8	Y	20	19	455	NOT OK	OK
23	4.8	Y	32	19	455	NOT OK	OK
24	4.8	Y	32	19	455	NOT OK	OK
25	4.8	Y	17	19	455	OK	OK

Çizelge C.14 : Kolon Kesme Güvenliği En Büyük Deprem.

X Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (Tasarım Depremi, Duvarların Dikkate Alındığı Durum- Kolonları FRP ile Güçlendirilmiş Yapı)													
Kolon no SA P2000	Kolonun	Kolon Boyutları (m)	Dişey	Dişey	Artık Moment	Artık	Kesit Moment	Kesit	Etki/Kapasite Oranı	$N_k / (A_c \cdot f_{cm})$	$V_e / b_w \cdot d \cdot f_{cm}$	Hasar Sınırı	
			Yüklerden Oluşan Eksenel Kuvvet	Yüklerden Oluşan Moment	Kapasitesine Gelen Eksenel Kuvvet	Moment Kapasitesi	Kesit Moment Kapasitesine Gelen Eksenel Kuvvet	Moment Kapasitesi					
			Nd kN	Mo kNm	Na kN	Ma kNm	Nk kN	Mk kNm					r
1	i	4,8	-50	-1	14	44	-36	43	2,30	0,02	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
1	j	4,8	-39	2	18	-43	-21	-41	1,86	0,01	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
2	i	4,8	-92	0	-11	49	-102	49	2,19	0,05	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
2	j	4,8	-81	0	-12	-48	-93	-48	1,92	0,04	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
3	i	4,8	-91	1	11	46	-80	47	2,32	0,04	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
3	j	4,8	-80	-1	12	-45	-68	-46	2,08	0,03	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
4	i	4,8	-50	2	-13	43	-63	45	2,31	0,03	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
4	j	4,8	-39	-3	-15	-42	-54	-45	1,94	0,03	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
8	i	4,8	-120	0	39	47	-80	47	2,01	0,04	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
8	j	4,8	-109	0	47	-46	-63	-45	1,70	0,03	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
9	i	4,8	-172	0	213	72	-385	72	1,37	0,19	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
9	j	4,8	-162	1	-251	-75	-412	-74	1,16	0,20	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
10	i	4,8	-173	1	-10	55	-184	56	1,80	0,09	0,18	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
10	j	4,8	-163	-1	-12	-54	-174	-55	1,62	0,08	0,18	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
11	i	4,8	-122	1	-242	70	-364	71	1,35	0,18	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
11	j	4,8	-111	-1	-309	-74	-420	-75	1,05	0,20	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
15	i	4,8	-124	0	28	48	-96	48	1,67	0,05	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
15	j	4,8	-111	0	18	-48	-92	-48	1,33	0,04	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
16	i	4,8	-174	0	-224	73	-398	73	1,15	0,19	0,25	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
16	j	4,8	-163	1	-265	-76	-428	-75	ELASTİK	0,21	0,25	0	
17	i	4,8	-175	1	12	53	-163	54	1,58	0,08	0,18	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
17	j	4,8	-164	-1	13	-52	-151	-53	1,43	0,07	0,18	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
18	i	4,8	-121	1	-231	69	-353	70	1,15	0,17	0,24	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
18	j	4,8	-111	-1	-295	-73	-405	-74	ELASTİK	0,20	0,24	0	
22	i	4,8	-50	-1	20	43	-30	42	1,62	0,01	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
22	j	4,8	-39	2	25	-43	-14	-41	1,32	0,01	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
23	i	4,8	-91	0	-6	49	-97	48	1,54	0,05	0,19	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
23	j	4,8	-81	1	-251	68	-332	68	ELASTİK	0,16	0,19	0	
24	i	4,8	-91	1	-16	49	-107	49	1,53	0,05	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
24	j	4,8	-81	-1	-18	-48	-98	-48	1,36	0,05	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
25	i	4,8	-50	2	-305	69	-355	70	1,02	0,17	0,20	Kesit minimum hasar bölgesindedir	
25	j	4,8	-39	-3	-81	-48	-120	-50	ELASTİK	0,06	0,20	0	

Çizelge C.16: Hasar durumları (X doğrultusu, tasarım depremi).

Y Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (Tasarım Depremi, Duvarların Dikkate Alındığı Durum-Kobnları FPR ile Güçlendirilmiş Yapı)															
Kolon no SAP2000	Konum	Kolon Boy (m)	Düşey Yüklerden Oluşan Eksenel Kuvvet	Düşey Yüklerden Oluşan Moment	Artık Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Artık Moment Kapasitesi	Kesit Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Kesit Moment Kapasitesi		Nk / (Ac*fcm)	Ve / bw*d*fctm	Hasar Sınırı			
								MK kNm	r						
													MA kNm	MD kNm	
1	i	4.8	-50	1	23	41	-27	42	1.50	0.01	0.14	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
1	j	4.8	-39	-1	27	-39	-12	-40	1.26	0.01	0.14	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
2	i	4.8	-92	2	16	45	-76	46	1.75	0.04	0.15	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
2	j	4.8	-81	-3	18	-43	-62	-45	1.53	0.03	0.15	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
3	i	4.8	-91	2	22	44	-69	46	2.18	0.03	0.15	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
3	j	4.8	-80	-3	25	-42	-55	-45	1.92	0.03	0.15	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
4	i	4.8	-50	1	14	42	-36	43	2.64	0.02	0.14	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
4	j	4.8	-39	-1	17	-40	-23	-41	2.25	0.01	0.14	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
8	i	4.8	-120	-4	-298	78	-418	75	ELASTİK	0.20	0.25	0			
8	j	4.8	-109	7	-372	-86	-481	-79	ELASTİK	0.23	0.25	0			
9	i	4.8	-172	-4	-385	86	-557	83	ELASTİK	0.27	0.28	0			
9	j	4.8	-162	7	-475	-94	-637	-87	ELASTİK	0.31	0.28	0			
10	i	4.8	-173	-3	-320	83	-493	80	1.21	0.24	0.24	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
10	j	4.8	-164	7	-156	-74	-320	-68	ELASTİK	0.15	0.24	0			
11	i	4.8	-122	-3	-46	58	-168	55	2.00	0.08	0.18	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
11	j	4.8	-111	6	-57	-61	-168	-55	1.64	0.08	0.18	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
15	i	4.8	-124	3	-183	63	-307	67	ELASTİK	0.15	0.19	0			
15	j	4.8	-111	-8	10	-41	-101	-49	2.75	0.05	0.19	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
16	i	4.8	-174	4	30	49	-144	53	1.67	0.07	0.17	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
16	j	4.8	-163	-7	31	-44	-132	-51	1.58	0.06	0.17	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
17	i	4.8	-175	4	15	50	-160	54	2.02	0.08	0.18	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
17	j	4.8	-164	-7	16	-46	-148	-53	1.92	0.07	0.18	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
18	i	4.8	-121	4	24	44	-97	48	2.61	0.05	0.16	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
18	j	4.8	-111	-7	25	-40	-85	-47	2.49	0.04	0.16	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
22	i	4.8	-50	0	-38	48	-88	48	1.36	0.04	0.16	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
22	j	4.8	-39	1	-44	-48	-83	-47	1.17	0.04	0.16	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
23	i	4.8	-91	-1	-307	74	-398	73	1.07	0.19	0.25	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
23	j	4.8	-80	2	-399	-81	-480	-79	ELASTİK	0.23	0.25	0			
24	i	4.8	-91	-1	-315	75	-407	74	1.53	0.20	0.25	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
24	j	4.8	-81	2	-414	-82	-494	-80	ELASTİK	0.24	0.25	0			
25	i	4.8	-50	0	16	43	-35	43	2.58	0.02	0.14	Kesit minimum hasar bölgesindedir			
25	j	4.8	-39	1	19	-42	-21	-41	2.15	0.01	0.14	Kesit minimum hasar bölgesindedir			

Çizelge C.17 : Hasar durumları (Y doğrultusu, tasarım depremi).

Kolonların Kesme Güvenliği (Tasarım Depremi, Duvarların Dikkate Alındığı Durum-Kolonları FPR ile Güçlendirilmiş Yapı)							
Kolon no SAP2000	Kolon Boy (m)	Deprem Doğrultusu	$V_c = (M_a + M_b) / l_n$ Enine Donatı Hesabında Dikkate Alınan Kesme Kuvveti (kN)	$V_r = V_c + V_w + V_{fp}$ Kesit Kesme Dayanımı (kN) $V_w = (A_{sw}/s) f_{ywd} d$ $V_c = 0$ alınmıştır	$0,22 A_w f_c$ (kN)	$V_e \leq V_r$	$V_e \leq 0,22 b_w d f_c$
1	4.8	X	17	325	455	OK	OK
2	4.8	X	20	325	455	OK	OK
3	4.8	X	19	325	455	OK	OK
4	4.8	X	19	325	455	OK	OK
8	4.8	X	19	325	455	OK	OK
9	4.8	X	31	325	455	OK	OK
10	4.8	X	23	325	455	OK	OK
11	4.8	X	30	325	455	OK	OK
15	4.8	X	20	325	455	OK	OK
16	4.8	X	31	325	455	OK	OK
17	4.8	X	22	325	455	OK	OK
18	4.8	X	30	325	455	OK	OK
22	4.8	X	17	325	455	OK	OK
23	4.8	X	24	325	455	OK	OK
24	4.8	X	20	325	455	OK	OK
25	4.8	X	25	325	455	OK	OK
1	4.8	Y	17	325	455	OK	OK
2	4.8	Y	19	325	455	OK	OK
3	4.8	Y	19	325	455	OK	OK
4	4.8	Y	18	325	455	OK	OK
8	4.8	Y	32	325	455	OK	OK
9	4.8	Y	35	325	455	OK	OK
10	4.8	Y	31	325	455	OK	OK
11	4.8	Y	23	325	455	OK	OK
15	4.8	Y	24	325	455	OK	OK
16	4.8	Y	22	325	455	OK	OK
17	5.8	Y	22	325	455	OK	OK
18	4.8	Y	20	325	455	OK	OK
22	4.8	Y	20	325	455	OK	OK
23	4.8	Y	32	325	455	OK	OK
24	4.8	Y	32	325	455	OK	OK
25	4.8	Y	17	325	455	OK	OK

Çizelge C.18 : Kolon Kesme Güvenliği Tasarım Depremi.

X Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (En Büyük Deprem, Duvarların Dikkate Alındığı Durum-Kolonları FPR ile Güçlendirilmiş Yapı)																
Kolon no SAP2000	Kolonum	Kolon Boyuna (m)	Düşey Yüklerden Oluşan Eksenel Kuvvet		Düşey Yüklerden Oluşan Moment		Artık Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet		Artık Moment Kapasitesi		Kesit Moment Kapasitesi		Etki/Kapasite Oranı	$N_k / (A_c \cdot f_{cm})$	$V_c / b_w \cdot d \cdot f_{cm}$	Hasar Sınırı
			Nb	Mb	Nk	Mk	Nb	Mb	Nk	Mk						
											kN	kNm				
1	i	4.8	-50	-1	14	44	-36	44	-36	44	3.46	0.02	0.14			Kesit belgin hasar bölgesindedir
1	j	4.8	-39	2	18	-43	-21	-41	-21	-41	2.79	0.01	0.14			Kesit minimum hasar bölgesindedir
2	i	4.8	-92	0	-11	49	-102	49	3.29	0.05	0.16					Kesit belgin hasar bölgesindedir
2	j	4.8	-81	0	-12	-48	-93	-48	2.88	0.04	0.16					Kesit minimum hasar bölgesindedir
3	i	4.8	-91	1	11	46	-80	47	3.48	0.04	0.15					Kesit belgin hasar bölgesindedir
3	j	4.8	-80	-1	12	-45	-68	-46	3.11	0.03	0.15					Kesit belgin hasar bölgesindedir
4	i	4.8	-50	2	-13	43	-63	45	3.46	0.03	0.15					Kesit belgin hasar bölgesindedir
4	j	4.8	-39	-3	-15	-42	-54	-45	2.91	0.03	0.15					Kesit minimum hasar bölgesindedir
8	i	4.8	-120	0	39	47	-80	47	3.01	0.04	0.15					Kesit belgin hasar bölgesindedir
8	j	4.8	-109	0	47	-46	-63	-45	2.55	0.03	0.15					Kesit minimum hasar bölgesindedir
9	i	4.8	-172	0	-213	72	-385	72	2.06	0.19	0.24					Kesit minimum hasar bölgesindedir
9	j	4.8	-164	1	-249	-75	-413	-74	1.16	0.20	0.24					Kesit minimum hasar bölgesindedir
10	i	4.8	-173	1	-10	55	-184	56	2.70	0.09	0.18					Kesit minimum hasar bölgesindedir
10	j	4.8	-163	-1	-12	-54	-174	-55	2.43	0.08	0.18					Kesit minimum hasar bölgesindedir
11	i	4.8	-122	1	-242	70	-364	71	2.02	0.18	0.24					Kesit minimum hasar bölgesindedir
11	j	4.8	-111	-1	-309	-74	-420	-75	1.58	0.20	0.24					Kesit minimum hasar bölgesindedir
15	i	4.8	-124	0	28	48	-96	48	2.50	0.05	0.16					Kesit minimum hasar bölgesindedir
15	j	4.8	-111	0	18	-48	-92	-48	2.00	0.04	0.16					Kesit minimum hasar bölgesindedir
16	i	4.8	-174	0	-224	73	-398	73	1.72	0.19	0.25					Kesit minimum hasar bölgesindedir
16	j	4.8	-163	1	-265	-76	-428	-75	1.46	0.21	0.25					Kesit minimum hasar bölgesindedir
17	i	4.8	-175	1	12	53	-163	54	2.37	0.08	0.18					Kesit minimum hasar bölgesindedir
17	j	4.8	-164	-1	13	-52	-151	-53	2.14	0.07	0.18					Kesit minimum hasar bölgesindedir
18	i	4.8	-121	1	-231	69	-353	70	1.73	0.17	0.24					Kesit minimum hasar bölgesindedir
18	j	4.8	-111	-1	-295	-73	-405	-74	1.36	0.20	0.24					Kesit minimum hasar bölgesindedir
22	i	4.8	-50	-1	20	43	-30	42	2.44	0.01	0.14					Kesit minimum hasar bölgesindedir
22	j	4.8	-39	2	25	-43	-14	-41	1.97	0.01	0.14					Kesit minimum hasar bölgesindedir
23	i	4.8	-91	0	-6	49	-97	48	2.31	0.05	0.16					Kesit minimum hasar bölgesindedir
23	j	4.8	-80	1	-6	-48	-87	-47	2.03	0.04	0.16					Kesit minimum hasar bölgesindedir
24	i	4.8	-91	1	-16	49	-107	49	2.30	0.05	0.16					Kesit minimum hasar bölgesindedir
24	j	4.8	-81	-1	-18	-48	-98	-48	2.03	0.05	0.16					Kesit minimum hasar bölgesindedir
25	i	4.8	-50	2	-305	69	-355	70	1.53	0.17	0.24					Kesit minimum hasar bölgesindedir
25	j	4.8	-39	-3	-415	-75	-455	-77	1.13	0.22	0.24					Kesit minimum hasar bölgesindedir

Çizelge C.19 : Hasar durumları (X doğrultusu, en büyük deprem).

Y Doğrultusundaki Depremde Hasar Durumları (En Büyük Deprem, Duvarların Dikkate Alındığı Durum- Kolonları FPR ile Güçlendirilmiş Yapı)																		
Kolon no SAP2000	Konum	Kolon Boyut (m)	Dışey	Dışey	Artık Moment	Artık	Kesit Moment	Kesit	Etki/Kapasite Oranı	$N_k / (A_c \cdot f_{cm})$	$V_e / b_w \cdot d \cdot f_{t,cm}$	Hasar Sınıfı						
			Yüklerden Oluşan Eksenel Kuvvet	Yüklerden Oluşan Moment	Kapitesisine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet	Moment	Kapitesitesi	Kesit Moment Kapasitesine Karşılık Gelen Eksenel Kuvvet					Moment	Kapitesitesi				
			Nb kN	Md kNm	Na kN	Ma kNm	Nk kN	Mk kNm					r					
1	i	4,8	-50	1	23	41	-27	42	2,25	0,01	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
1	j	4,8	-39	-1	27	-39	-12	-40	1,90	0,01	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
2	i	4,8	-92	2	16	45	-76	46	2,62	0,04	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
2	j	4,8	-81	-3	18	-43	-62	-45	2,30	0,03	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
3	i	4,8	-91	2	22	44	-69	46	3,27	0,03	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
3	j	4,8	-80	-3	25	-42	-55	-45	2,88	0,03	0,15	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
4	i	4,8	-50	1	14	42	-36	43	3,96	0,02	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
4	j	4,8	-39	-1	17	-40	-23	-41	3,38	0,01	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
8	i	4,8	-120	-4	-298	78	-418	75	1,28	0,20	0,25	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
8	j	4,8	-109	7	-372	-86	-481	-79	1,02	0,23	0,25	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
9	i	4,8	-172	-4	-385	86	-557	83	1,43	0,27	0,28	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
9	j	4,8	-162	7	-475	-94	-637	-87	1,16	0,31	0,28	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
10	i	4,8	-173	-3	-320	83	-493	80	1,82	0,24	0,27	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
10	j	4,8	-163	7	-395	-89	-557	-83	1,48	0,27	0,27	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
11	i	4,8	-122	-3	-46	58	-168	55	2,99	0,08	0,18	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
11	j	4,8	-111	6	-57	-61	-168	-55	2,46	0,08	0,18	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
15	i	4,8	-124	3	-183	63	-307	67	ELASTİK	0,15	0,19	0						
15	j	4,8	-111	-8	10	-41	-101	-49	4,12	0,05	0,19	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
16	i	4,8	-174	4	30	49	-144	53	2,51	0,07	0,17	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
16	j	4,8	-163	-7	31	-44	-132	-51	2,37	0,06	0,17	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
17	i	4,8	-175	4	15	50	-160	54	3,02	0,08	0,18	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
17	j	4,8	-164	-7	16	-46	-148	-53	2,88	0,07	0,18	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
18	i	4,8	-121	4	24	44	-97	48	3,91	0,05	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
18	j	4,8	-111	-7	25	-40	-85	-47	3,74	0,04	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
22	i	4,8	-50	0	-38	48	-88	48	2,04	0,04	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
22	j	4,8	-39	1	-44	-48	-83	-47	1,75	0,04	0,16	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
23	i	4,8	-91	-1	-307	74	-398	73	1,60	0,19	0,25	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
23	j	4,8	-80	2	-399	-81	-480	-79	1,23	0,23	0,25	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
24	i	4,8	-91	-1	-315	75	-407	74	1,94	0,20	0,25	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
24	j	4,8	-81	2	-414	-82	-494	-80	1,48	0,24	0,25	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
25	i	4,8	-50	0	16	43	-35	43	3,87	0,02	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir						
25	j	4,8	-39	1	19	-42	-21	-41	3,23	0,01	0,14	Kesit minimum hasar bölgesindedir						

Çizelge C.20 : Hasar durumları (Y doğrultusu, en büyük deprem).

Kolonların Kesme Güvenliği (En Büyük Deprem, Duvarların Dikkate Alındığı Durum-Kolonları FPR ile Güçlendirilmiş Yapı)							
Kolon no SAP2000	Kolon Boy (m)	Deprem Doğrultusu	$V_c = (M_a + M_b) / l_n$ Enine Donatı Hesabında Dikkate Alınan Kesme Kuvveti (kN)	$V_r = V_c + V_w + V_{fip}$ Kesit Kesme Dayanımı (kN) $V_w = (A_{sw}/s) f_{ywd} d$ $V_c = 0$ alınmıştır	$0,22 A_w f_c$ (kN)	$V_e \leq V_r$	$V_e \leq 0,22 b_w d f_c$
1	4.8	X	17	325	455	OK	OK
2	4.8	X	20	325	455	OK	OK
3	4.8	X	19	325	455	OK	OK
4	4.8	X	19	325	455	OK	OK
8	4.8	X	19	325	455	OK	OK
9	4.8	X	31	325	455	OK	OK
10	4.8	X	23	325	455	OK	OK
11	4.8	X	30	325	455	OK	OK
15	4.8	X	20	325	455	OK	OK
16	4.8	X	31	325	455	OK	OK
17	4.8	X	22	325	455	OK	OK
18	4.8	X	30	325	455	OK	OK
22	4.8	X	17	325	455	OK	OK
23	4.8	X	20	325	455	OK	OK
24	4.8	X	20	325	455	OK	OK
25	4.8	X	31	325	455	OK	OK
1	4.8	Y	17	325	455	OK	OK
2	4.8	Y	19	325	455	OK	OK
3	4.8	Y	19	325	455	OK	OK
4	4.8	Y	18	325	455	OK	OK
8	4.8	Y	32	325	455	OK	OK
9	4.8	Y	35	325	455	OK	OK
10	4.8	Y	34	325	455	OK	OK
11	4.8	Y	23	325	455	OK	OK
15	4.8	Y	24	325	455	OK	OK
16	4.8	Y	22	325	455	OK	OK
17	4.8	Y	22	325	455	OK	OK
18	4.8	Y	20	325	455	OK	OK
22	4.8	Y	20	325	455	OK	OK
23	4.8	Y	32	325	455	OK	OK
24	4.8	Y	32	325	455	OK	OK
25	4.8	Y	17	325	455	OK	OK

Çizelge C.21 : Kolon Kesme Güvenliği En Büyük Deprem.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Cansev Baydar Yılmaz
Doğum Tarihi ve Yeri : 1985, İstanbul
E-posta : cansevbaydar@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, İTÜ, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- **Mesleki Deneyim** : Genkon Mühendislik 2010-2012
Tekfen Mühendislik 2013-

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

-

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

-