

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KRENLİ ENDÜSTRİ YAPILARININ
DEPREME DAYANIKLI TASARIM
ESASLARININ İNCELENMESİ

OSMAN ALİ KORKMAZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2016

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KRENLİ ENDÜSTRİ YAPILARININ
DEPREME DAYANIKLI TASARIM
ESASLARININ İNCELENMESİ

OSMAN ALİ KORKMAZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
PROF. DR. BÜLENT AKBAŞ

GEBZE
2016

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**INVESTIGATION FOR EARTHQUAKE
RESISTANT DESIGN PRINCIPLES CRANE-
SUPPORTING INDUSTRIAL BUILDINGS**

OSMAN ALİ KORKMAZ
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF EARTHQUAKE AND STRUCTURAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
PROF. DR. BÜLENT AKBAŞ

GEBZE
2016



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15/06/2016 tarih ve 2016/37 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 22/06/2016 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Osman Ali KORKMAZ'ın tez çalışması Deprem ve Yapı Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Bülent AKBAŞ

ÜYE

: Doç. Dr. Eren UÇKAN

ÜYE

: Doç. Dr. Tayfun Altuğ SÖYLEV

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Endüstri türü yapıların deprem davranışları, üretime ara verilmesi ve durdurulması açısından oldukça önemlidir. Çelik çerçevelerden oluşturulmuş endüstri türü yapıların geçmiş depremlerde iyi performans gösterdikleri bilinmektedir. Deprem yönetmeliklerinde çelik yapı tasarımı ile ilgili kurallar genellikle bina türü yapılar için geliştirilmiştir. Bu yönetmeliklerin doğrudan endüstri türü yapılara uygulanmasında bazı zorluklar bulunmaktadır. Bazı küçük değişikliklerle endüstri yapılar içinde kullanılabilir. Endüstri türü yapılarda deprem kuvvetinin bulunması ve yer değiştirmenin belirlenmesi belirsizlikler içermektedir. Özellikle krenli endüstri yapılarının depreme dayanıklı tasarımı ve deprem davranışlarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Ülkemizde krenli endüstri yapısı çok fazla kullanılmasına rağmen bu konuda çok fazla yayınlanmış çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada içerisinde 22 ton kapasiteli kren bulunan eni 25m, uzunluğu 40m olan ve 10m aks aralıklarına sahip çelik endüstri yapısının sismik tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yapı x yönünde moment çerçevesi, y yönünde çaprazlı çerçeve olarak tasarlanmıştır. Yapı elemanlarının dayanım kontrolleri el hesabı ile kontrol edilip eleman boyutlandırılması yapılmıştır ve emniyetli kesitlere ulaşılmıştır. Göreli kat ötelemesi kontrolleri gerçekleştirilip, yapının her iki yönde yer değiştirmelerinin sınırlandırılması sağlanmıştır. Yapıya x ve y yönlerinde itme analizleri uygulanarak lineer olmayan davranışlar gözlemlenmiştir ve itme eğrisi elde edilip ve hedef yerdeğiştirme belirlenerek performans noktaları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Performans Noktaları (PN), Sismik Tasarım (ST), Krenli Endüstri Yapıları (KEY).

SUMMARY

The seismic behavior of industrial structures is very important in terms of suspending and stopping production. Industrial type of steel frame structures are known to perform well in past earthquakes. Seismic provisions for steel structures in earthquake codes are usually developed for building type of structures. There are some difficulties in the implementation of those provisions directly to the industrial structures. These provisions can be used in industrial buildings with some minor modifications. The determination of the base shear and lateral displacement in industrial structures involves uncertainties. Determining seismic behavior and performing earthquake-resistant design of industrial structures with crane is particularly very important. Although there are many industrial structures with crane in our country, there are not many published studies on this issue. In this study, the seismic design of a crane supporting industrial structure with the dimension of 25m x 40m was carried out. The structure was designed as moment frame structure in the x direction spaced 10m and as braced frame in the y direction. Strength of the building components were checked through hand calculation. Relative story drift checks performed and is provided to limit the displacement in both directions of the structure. Non-linear behavior of the structure was investigated through pushover analyses in the direction of x and y and performance point was determined by obtaining performance curve and determining the target displacement.

Key Words: Performance Points (PP), Seismic Design (SD), Crane-Supporting Industrial Buildings (CSIB).

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımda her türlü yardımını esirgemeyen, tez konumun belirlenmesinde öncülük eden danışman hocam Prof. Dr. Bülent AKBAŞ 'a; yüksek lisans eğitimimde katkıları olan hocalarım Prof. Dr. Bilge SİYAHİ, Prof. Dr. Yasin FAHJAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamı; manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Nuray KORKMAZ, babam Abdul Kadir KORKMAZ ve eşim Büşra KORKMAZ 'a ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve İçeriği	1
2. BİNA TÜRÜ VE BİNA TÜRÜ OLMAYAN ENDÜSTRİYEL YAPILARIN TASARIMI VE DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	3
3. KRENLİ ENDÜSTRİ YAPILARININ TASARIMI VE DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ	9
3.1. Krenli Endüstri Yapılarının Geçmiş Depremlerdeki Davranışı	9
3.2. Krenli Endüstri Yapılarının Tasarım İlkeleri	12
3.2.1. Kren Hizmet Sınıfları	12
3.2.2. Kren Yük Kombinasyonları	15
3.2.3. Kren Yolu Kirişi Şahim Sınırları	16
3.2.4. Kren Kotu Seviyesi Kat Öteleme Sınırları	16
4. ÖRNEK ÇALIŞMA	17
4.1. Tasarım	17
4.1.1. Kullanılan Yönetmelikler Ve Yük Kombinasyonları	20
4.2. Yükleme Durumları	22
4.2.1. Sabit Yükler	22
4.2.2. Rüzgar Yükleri	22
4.2.3. Kar Yükü	22
4.2.4. Deprem Yükü	24
4.2.5. Kren Yükü	27

4.2.6. Kren Tasarım Parametreleri	27
4.3. Analizler	32
4.3.1. Yapı Modal Analiz	32
4.3.2. Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü	34
4.3.3. Dayanım Kontrolü	36
4.3.4. Kolon Elemanlarında Dayanım Kontrolü	37
4.3.5. Kiriş Elemanlarında Dayanım Kontrolü	41
4.3.6. Çapraz Elemanlarının Boyutlandırılması	43
4.3.7. Kren Yolu Kirişi Dayanım ve Sehim Kontrolü	45
4.3.8. Yapı X Yönü İtme (Push-Over) Analizi	46
4.3.9. Yapı Y Yönü İtme (Push-Over) Analizi	48
4.4. Analiz Sonuçları	50
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	55

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Açıklamalar

Kısaltmalar

Ss	: Kısa periyod spektral ivme değeri
S1	: 1.0 saniye periyod spektral ivme değeri
D	: Ölü yük
S	: Kar yükü
W	: Rüzgar yükü
E	: Deprem yükü
Cvs	: Kren düşey tekerlek yükü
Css	: Kren yatay fren kuvveti
Cls	: Kren boyuna fren kuvveti
Cd	: Kren ölü yükleri
Vt	: Taban Kesme Kuvveti
V	: Tasarım Kesme Kuvveti
Fy	: Çelik Akma Dayanım
Zx	: Plastik Mukavemet Modülü
G	: Çerçevelerdeki Kolonların Burkulma Hesabında Kullanılan Katsayı
r	: Atalet Yarıçapı
K	: Burkulma Boyunu Belirleyen Bir Katsayı
L	: Elemanın boyu
D	: Çelik Boru Profilin Çapı
T	: Çelik Boru Profilin Kalınlığı
ϕ_c	: Basınç Durumu İçin Dayanım Azaltma Katsayısı
ϕ_b	: Eğilme Durumu İçin Dayanım Azaltma Katsayısı
Mnt	: 1.25D+1.5C1+0.5S Kombinasyonunda Meydana Gelen Moment
Mlt	: Deprem X Kombinasyonunda Meydana Gelen Moment
Pnt	: 1.25D+1.5C1+0.5S Kombinasyonunda Meydana Gelen Eksenel
F	: Kuvvet
Plt	: Deprem X Kombinasyonunda Meydana Gelen Eksenel Kuvvet
m	: Metre
t	: Ton

Δ_c	: Kren seviyesi yatay deplasman
Δ_r	: Çatı seviyesi yatay deplasman
JR	: Joule Room
max.	: Maksimum
P_r	: Gerekli Eksenel Basınç Kuvveti Dayanımı
P_c	: Tasarım Basınç Kuvveti
M_r	: Gerekli Eğilme Momenti Dayanımı
M_c	: Tasarım Eğilme Momenti
E	: Çelik Malzemesi Elastisite Modülü
P_n	: Nominal Basınç Dayanımı
F_{cr}	: Burkulmaya Esas Kritik Akma Gerilmesi
F_e	: Elastik Burkulma Gerilmesi
M_n	: Nominal Eğilme Dayanımı
M_a	: Maksimum Eğilme Dayanımı
AISC	: American Institute of Steel Construction
CSA	: Canadian Standards Association
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
IBC-2012	: International Building Code- 2012
KPa	: Kilo Pascal
KLYHY	: Kıyı Liman Yapıları Hakkında Yönetmelik
LRFD	: Load and Resistance Factor
MPa	: Mega Pascal
MÇÇÇ	: Merkezi Çelik Çaprazlı Çerçeve
NBCC	: National Building Code of Canada
SAP2000	: Structural Analysis Program

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: İzmit’de Üretimin Uzun Süreli Durmasına Sebep Olan Kısmi Göçmüş Endüstriyel Tekerlek Fabrikası.	5
2.2: Petkim Petrokimya Tesisinde Yıkılan Soğutma Kulesi.	5
2.3: Temel Probleminden Dolayı Göçmüş Bir Silo.	7
3.1: Adapazarı Tüvasaş Krenli Endüstri Vagon Fabrikası Hasar.	10
4.1: Endüstri Yapısının Üç Boyutlu Çerçeve Eleman Görünümü.	18
4.2: Endüstri Yapısının Üç Boyutlu Katı Model Görünümü.	18
4.3: Endüstri Yapısının İnşa Edileceği Bölgenin Enlem Ve Boylam Değerleri.	19
4.4: Kısa Periyot Ve 1.0 Sn Periyot İçin Spektral İvme Grafiği.	20
4.5: Yapı X Yönü Rüzgar Yüğü Yükleme.	23
4.6: Yapı Kar Yüğü Yükleme.	23
4.7: IBC-2012’e Göre X Yönü Sismik Yüğü Tasarım Parametreleri.	24
4.8: IBC-2012’e Göre Y Yönü Sismik Yüğü Tasarım Parametreleri.	25
4.9: IBC-2012 X Yönü Sismik Linear Statik Yüğü.	26
4.10: IBC-2012 Y Yönü Sismik Linear Statik Yüğü.	26
4.11: Kren Kiriş Ve Tekerlek Düşey Yüğüleri.	28
4.12: Tekil Yüğü Simetrik Olarak Yüğülenmiş Basit Kiriş.	29
4.13: Kren Kiriş Ve Konsolları.	29
4.14: Kren Hesabında Dikkate Alınması Gerekli Olan Moving Load.	30
4.15: Deprem Hesabına Katılacak Kütle Kaynakları.	31
4.16: Yapıya Ait 1.Mod Şekli (X Yönü).	32
4.17: Yapıya Ait 2.Mod Şekli (Y Yönü).	33
4.18: Deprem X Yönü Yer Değiştirmiş Yapı Görünümü.	34
4.19: Deprem Y Yönü Yer Değiştirmiş Yapı Görünümü.	35
4.20: 1.25D+1.5C1+0.5s Kombinasyonunda Eksenel Kuvvet Diyagramı.	37
4.21: 1.25D+1.5C1+0.5s Kombinasyonunda Moment(3-3) Diyagramı.	37
4.22: Ex Kombinasyonunda Moment(3-3) Diyagramı.	38
4.23: Ex Kombinasyonunda Eksenel Kuvvet Diyagramı.	38
4.24: D+Cd+E+0.25s Kombinasyonunda Moment(3-3) Diyagramı.	41
4.25: 1.25D+1.4Wx Kombinasyonunda Moment(3-3) Diyagramı.	41

4.26:	D+Cd+Ey+0.25S Kombinasyonu Eksenel Kuvvet Diyagramı.	43
4.27:	1.25D+1.5C1+0.4Wy Kombinasyonu Eksenel Kuvvet Diyagramı.	44
4.28:	Kren Yolu Kirişinde Meydana Gelen Maksimum Moment.	45
4.29:	X Yönü İtme Eğrisi- Hedef Yerdeğiştirme Grafiği.	46
4.30:	X Yönü İtme Analizi Sonucu Yapı Genel Durumu.	47
4.31:	Y Yönü İtme Eğrisi- Hedef Yerdeğiştirme Grafiği.	48
4.32:	Y Yönü İtme Analizi Sonucu Yapı Genel Durumu.	49

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: K Katsayısına Bağlı Kren Hizmet Kategorileri.	13
3.2: Kren Enine ve Boyuna Fren Kuvvetleri; Tekerlek Yüğü, Kaldırma Yüğü Kren Zati Ağırlığı ve Kedi Ağırlığının Oranlarına Bağlı Olarak.	14
4.1: Kısa Periyot ve 1.0 sn Periyot İçin Spektral İvme Değerleri.	19
4.2: Yüksekliğe Bağlı Olarak Rüzgar Hızı Ve Emme Değerleri.	22
4.3: Kren Tasarımda Kullanılan Parametreler.	27
4.4: Yapıda Kullanılacak Elemanların Ön Kesitleri.	31
4.5: X Yönü Doğal Titreşim Periyodu Ve Modal Kütle Katılım Oranı.	32
4.6: Y Yönü Doğal Titreşim Periyodu Ve Modal Kütle Katılım Oranı.	33
4.7: Deprem X Yönü Yapı 15m. Kotu Yer Değiştirmesi.	34
4.8: X Yönü Deprem E Yükleme Altında Görelî Kat Öteleme Kontrolü.	34
4.9: Deprem Y Yönü Yapı 15m. Kotu Yer Değiştirmesi.	35
4.10: Y Yönü Deprem E Yükleme Altında Görelî Kat Öteleme Kontrolü.	35
4.11: X Ve Y Yönü Taban Kesme Kuvvetleri.	36
4.12: HEA450 Kolon Profiline Ait Kesit Özellikleri.	39
4.13: IPE450 Kiriş Elemanında Dayanım Kontrolü.	42
4.14: Boru-D240*6mm Profiline Ait Kesit Özellikleri.	44
4.15: Yapıda Kullanılan Nihai Kesitler.	45

1. GİRİŞ

Endüstri yapıları büyük hacimlerin örtülmesinde kullanılan; fabrika, depo, taşıt hangarları, silo olarak kullanılabilen, genellikle tek katlı ve oldukça fazla yüksekliğe sahip yapılardır. Büyük açıklıklarda, iç kısımlarda da bir veya daha çok kolon sırası tertiplenerek çok gözlü haller yapılabilir. Bunlarda ihtiyaca göre bölmeler, büolar, ara katlar vs. olabilir. Ayrıca yapı içerisinde bir yerden bir başka yere malzeme vs. nakletmek üzere, kolonlardaki konsollara oturan kirişler üzerinde hareket eden bir taşıma vasıtası da (kren) bulunabilir [1].

Endüstri türü yapıların deprem davranışları, üretime ara verilmesi veya durdurulması açısından oldukça önemlidir. Çelik çerçevelerden oluşturulmuş endüstri türü yapıların geçmiş depremlerde iyi performans gösterdikleri bilinmektedir. Deprem yönetmeliklerinde çelik yapı tasarımı ile ilgili kurallar genellikle bina türü yapılar için geliştirilmiştir. Bu yönetmeliklerin doğrudan endüstri türü yapılara uygulanmasında bazı zorluklar bulunmaktadır. Bazı küçük değişikliklerle endüstri yapılar içinde kullanılabilir. Binalara benzer endüstri yapılarının farklı kullanım amaçları vardır ve endüstri standartlarına göre hazırlanmış özel kurallara göre tasarlanması gerekebilir [2]. Endüstri türü yapılarda deprem kuvvetinin bulunması ve yer değiştirmenin belirlenmesi belirsizlikler içermektedir. Özellikle krenli endüstri yapılarının depreme dayanıklı tasarımı ve deprem davranışlarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Ülkemizde krenli endüstri yapısı çok fazla kullanılmasına rağmen bu konuda çok fazla yayınlanmış çalışma bulunmamaktadır.

Endüstriyel çelik yapılar çoğunlukla taşıyıcı sistemi merkezi çaprazlı çelik çerçeveler (MÇÇÇ'ler) olan sistemler ile inşa edilirler. MÇÇÇ'ler yüksek sünekliğe sahip olmalarına karşın moment çerçeveler ve dışmerkez çaprazlı çelik çerçeveler ile kıyaslandığında düşük sünekliğe sahiptir. MÇÇÇ'lerin geçmiş depremlerdeki performansları iyi ve mükemmel olarak değerlendirilebilir. MÇÇÇ'lerin en büyük avantajları rijitlik ve dayanım şartlarını minimum ağırlıkla çok kolay bir şekilde sağlamaları ve tüm tasarım hesaplarının elle çok kolay bir şekilde yapılabilmesi olmasıdır. MÇÇÇ'ler tasarım için gerekli rijitlik ve dayanım şartlarını kolaylıkla sağlamalarına karşılık şiddetli deprem yer hareketleri altında doğrusal olmayan davranış beklenen taşıyıcı sistemler arasında en tercih edilen taşıyıcı sistem

olamamaktadır. Sınırlı enerji dağıtma kapasiteleri, düşük fazla bağılıkları (redundancy), çevrimsel yüklemeler sırasında çaprazlarda görülen erken kırılma ve çapraz birleşimlerinde gevrek kırılmalar en büyük problemlerdendir [2].

1.1. Çalışmanın Amacı ve İçeriği

Ülkemizde krenli endüstri yapısı çok fazla kullanılmasına rağmen bu konuda teknik şartname, yönetmelik, tasarım rehberi olmadığı gibi çok fazla yayınlanmış çalışma da bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında krenli bir endüstri yapısı depreme dayanıklı tasarım ilkelerine göre tahkik edilerek tasarlanacak, kolon, kiriş, çapraz elemanların boyutlandırılması ve deprem davranışı incelenecektir. Statik itme analizi (push-over) ile doğrusal olmayan davranışlar incelenecek ve performans noktaları belirlenecektir. Bina türü ve bina türü olmayan endüstri yapılarının tasarımında göz önünde bulundurulması gerekli hususlara değinilecek ve tasarıma ilişkin aralarındaki benzerlikler ve farklılıklar ortaya konulacaktır.

2. BİNA TÜRÜ ve BİNA TÜRÜ OLMAYAN ENDÜSTRİYEL YAPILARIN TASARIMI ve DEPREM PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Deprem yönetmelikleri (ASCE/SEI 7-10, 2010; DBYBHY, 2007) bina türü yapıların sismik performansları için geliştirilmiş olup bazı küçük değişikliklerle endüstri türü yapılar için de kullanılabilir. Bina türü olmayan yapıların farklı kullanım amaçları vardır. Bu tür yapıların endüstri standartlarına göre hazırlanmış özel kurallara göre tasarlanmaları gerekebilir. Bina terimi genel olarak insan yerleşimi için barınak olarak kullanılan yapıları kapsamaktadır. Bu tanım yapının fonksiyonu göz önüne alınarak yapılmaktadır, fakat tanımda aşağıdaki yapısal özelliklerden bahsedilmemektedir [3]:

- Yatay yük taşıyıcı sistemin parçası olan diyaframlar veya diğer yatay elemanlar,
- Toplam sismik ağırlığın, gerçek rijitliğin, sönümün belirlenmesinde önemli olan yapısal olmayan elemanlar.

ASCE/SEI 7-10'da (2010) binalara benzer ama bina türü olmayan, bina türünde tasarlanan ve inşa edilen yapıların aşağıdaki özelliklere sahip olması gerektiği belirtilmektedir:

- Deprem yer hareketlerine maruz kaldığında binalara benzer şekilde davranmalıdır,
- Binalarda kullanılan ana taşıyıcı sistemlere benzer taşıyıcı sistemlere sahip olmalıdır,
- Yatay yükleri transfer etmek için diyafram ya da benzeri elemanlara sahip olmalıdır.

Binalar ve binalara benzer endüstri türü yapıları arasındaki benzerlikler ve farklılıklar ise aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Deprem yükü taşıyıcı sistemleri benzerdir.

- Deprem yükü taşıyıcı sistemlerde yatay yükleri transfer etmek için her iki yapı türünde de diyaframlar veya benzeri elemanlar vardır.
- Yapısal olmayan elemanlarda ciddi farklılıklar vardır. Bina türü yapılardaki yapısal olmayan elemanlar insan yerleşimine hizmet eder, endüstri türü yapılarda ise yapısal olmayan elemanlar yapının işlevselliğine bağlı olarak farklı amaçlar için kullanılır. (bu elemanların yapının sönümü, rijitliği ve dayanımı üzerindeki etkileri önemlidir.)
- Binalara benzer endüstri yapılarında genellikle kütle düzensizliği vardır. (bu durumda eşdeğer yatay yük yöntemi kullanılamaz, mod birleştirme yönteminin kullanılması gerekecektir). Ayrıca bu tür yapılarda rijitlik düzensizliği de bulunmaktadır. (ciddi burulma düzensizlikleri oluşabilir) [2].

Deprem davranışını önemli ölçüde etkileyen parametreler cinsinden bina ve bina türü olmayan endüstri yapılarının ortak özellikleri aşağıdaki gibidir.

- Deprem tehlikesi (yer ve zemin koşullarına bağlıdır, yapıdan yapıya değişiklik göstermez),
- Yapının dinamik özellikleri: başlangıç rijitliği ve sönümü,
- Deprem yükü taşıyıcı sistemi,
- Yapısal ve yapısal olmayan elemanlar arasındaki etkileşim.

Binalar ve binalara benzer endüstri türü yapıları arasındaki benzerlikler deprem yönetmeliklerinin doğrudan uygulanmasına yol açar. Farklılıklar ise tasarım adımları sırasında kendini gösterir. Örneğin ASCE/SEI 7-10 (2010), endüstri yapılarının doğal titreşim periyodunun yaklaşık yöntem yerine daha gerçekçi bir yöntem ile bulunmasını gerektirmektedir [2].

1999 Kocaeli depreminden sonra bölgede yapılan gözlemler neticesinde Türkiye de ki ağır sanayi tesislerinin yaklaşık %40 kadarı bu bölgede inşa edilmiş ve farklı tür endüstri tesislerine ait, petrokimya tesisi, otomotiv tesisi, enerji santralleri vb. yirmi dört adet tesis üzerinde incelemeler yapılmıştır. Yapılan incelemeler neticesinde yapısal ve yapısal olmayan hasarlar sınıflandırılmış ve endüstri tesislerinin performans seviyeleri tanımlanmıştır. Bazı tesislerde yapısal olmayan hasarların etkisi işin durmasına sebep olduğu için çok fazla etkilemiştir. Bazı yeni

inşa edilmiş çelik yapılar da yapısal hasarlar meydana gelmiştir. Kırılan fay hattının yakınına inşa edilen bir tane çelik çerçevelerden oluşmuş tesis de ise hiçbir yapısal hasarın meydana gelmediği görülmüştür [4]. Aşağıda şekil 2.1 ve şekil 2.2’de endüstriyel tekerlek fabrikası ve silo gösterilmiştir [5].



Şekil 2.1: İzmit’de üretimin uzun süreli durmasına sebep olan kısmi göçmüş endüstriyel tekerlek fabrikası.



Şekil 2.2: Petkim petrokimya tesisinde yıkılan soğutma kulesi.

Bina türü olmayan diğer bir endüstri yapı türü silolardır. Silolar, buğday ve çimento gibi kuru malzemelerin depolandığı, en yaygın olarak kullanılan bina türü olmayan endüstri yapılarıdır. Silolar, temele çelik çaprazlı çerçeveler ile

desteklenmiş ve üzerinde çelik tank bulunan yapılardır. 23 Ekim 2011 Van depreminde pek çok sayıda silo kolonlarda burkulma ve temel problemlerinden dolayı yıkılmıştır [6].

“Seismic performance of elevated steel silos during Van earthquake, October 23, 2011” yayımlanan makalede 23 Ekim 2011 Van depreminden sonra silolar üzerinde sismik incelemeler ve gözlemler yapılmıştır. Aynı makalede deprem bölgelerinde inşa edilmiş iki adet silo üzerinde sismik performansı belirlemek amacıyla doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz (non-linear dynamic time history analiz) yapılarak performansları değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu olarak aşağıdaki çıktılarına ulaşılmıştır:

- Silolardaki göçme ve hatalar genellikle zayıf detaylandırma ve beton temele bağlantı noktalarındaki yetersiz tasarımdan dolayı ani ve kırılmalıdır.
- Deprem sonrası gözlemlenen çimento silolarından sadece bir tanesi çapraz ve kolon elemanının yetersiz tasarımından kaynaklanmaktadır, diğerleri kolon altındaki tekil temellerin tali kirişler ile bağlanmaması sonucu ortaya çıkmıştır.
- Devrilme, silolar için ana problemidir.
- Uygulamada kolon taban plakası ile temel alanı birbirine eşit olarak yapılmaktadır. Bu gibi durumlarda tali kirişler ile temel desteklenmelidir.
- Pek çok durumlarda temelin taşıma kapasitesi aşılmıştır. Tali kirişler kullanılmadığı durumlarda betonda sarılma (confinement) etkisi görülmemektedir.
- Siloların sismik performansını arttırmada inşa kalitesi ve detaylandırma en önemli parametrelerdir.
- Herhangi bir hasar meydana gelmeyen ve yıkılmayan silolar, iyi biçimde tasarlanmış, detaylandırılmış ve inşa edilmiş olan silolardır [6].



Şekil 2.3: a) Temel probleminden dolayı göçmüş bir silo 1, b) Temel probleminden dolayı göçmüş bir.

Krenli endüstri yapılarının tasarımı ve sismik performansının belirlenmesi amacıyla 2011 yılında yayımlanan “Seismic Design and Response of Crane-Supporting and Heavy Industrial Steel Structures” (Richard J. Vd.) bir makalede krenli bir endüstri yapısı ile bina türü yüksek katlı bir endüstri yapısının tasarım ve davranışlarını baz alan bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın hedefi standartlarda belirtilen analiz metotlarının deprem yükü altında gerçek sismik kuvvetin ve deformasyon talebinin yeterince öngörülebilir olup olmadığını belirlemek, kuvvetli yer hareketi altında beklenen elastik olmayan talebin niteliği, boyutu ve yerini belirlemek ve standartlarda belirtilen eşdeğer statik deprem yükü hesap yöntemi ile response spektrum analiz yöntemlerinin geçerliliğini kanıtlamak ve doğruluğunu araştırmaktır. Çalışma mevcut yapı kodlarına göre tasarımı yapılan iki adet endüstri yapısı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Birinci tip endüstriyel yapı, içerisinde 40-t kapasiteli iki adet kren bulunan, bir doğrultuda moment çerçevesinden oluşan ve net açıklığı 25m olan, diğer doğrultuda aks aralığı 10m olan ve toplam da yedi aks dan oluşan çaprazlı çerçevelerden oluşmuştur. Kolonlar ve çatı kirişleri örme eleman olarak tasarlanmıştır. Çalışmada deprem yükü taşıyan moment çerçevelerin sismik davranışı incelenmiştir. Çalışma; Montreal, Vancouver ve Seattle olmak üzere sismik tehlikenin etkisini ve yer hareketi karakteristiklerinin yapı davranışı üzerindeki etkilerini incelemek için üç farklı bölgede gerçekleştirilmiştir. Yapı sistemi mevcut yapı kodlarında izin verilmemesine rağmen, düşük sünük deprem yükü taşıyan sistem olarak varsayılmıştır. Amaç mevcut kodlardaki kısıtlamaların uygunluğunu değerlendirerek, kullanılabilirliğini gözlemlemektir. İkinci tip endüstriyel yapı ise bina türü düzensiz geometriye sahip yüksek katlı bir

yapıdır [7]. Yapılan analizler neticesinde krenli yapı ile ilgili olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

Modal analiz ile elde edilen yapı titreşim modunun yapı kodlarındaki ampirik formüller ile karşılaştırıldığında uygun olduğu görülmektedir. Eşdeğer statik deprem yükü yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvvetinin, kütle katılımının %90 olduğu response spektrum yönteminden elde edilen taban kesme kuvveti ile karşılaştırıldığında daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Response spektrum yönteminde kütle katılımının %96 ile %97 dolaylarında olduğu zaman diğer yöntemler ile kıyaslandığında taban kesme kuvvetinde büyük ölçüde farklılık olmamaktadır [7].

Her iki yöntem ile elde edilen yatay yer değiştirmeler birbiri ile yaklaşıktır ve elastik zaman tanım alanında dinamik analizin medyan değerleri ile iyi uyumaktadır. Sadece Montreal bölgesinde kren seviyesindeki yatay yer değiştirme değeri, kaldırma düzeneklerinde hasarı önlemek için tavsiye edilen limit değeri aşmaktadır. Dinamik analizin medyan yatay ivme değerleri response spektrum analiz ile uyumlu olmaktadır. Deprem yükü, en üst kolon segmentinde (çatı kirişinin bağlı olduğu), örme kolon elemanlarının alt kısımlarında, diyagonal örme iç elemanlarında hakim olmuştur. Kolon elemanlarda eşdeğer statik yöntem ve response spektrum yöntem, zaman tanım alanında dinamik analiz medyan kuvvet talepleri ile iyi uyumaktadır. Dinamik analizin hem medyan kuvvet talepleri hem de %84'lük kuvvet talepleri elemanların beklenen dayanımlarını aştığı görülmüştür ki bu durum kolon elemanlarında elastik olmayan davranışın meydana gelebileceğini belirtmektedir. Bu davranış tasarımı kullanılan kuvvet azaltma çarpanlarının sonucudur. Fakat bu çalışma aynı zamanda stabilite limit durumlarının kolonların elastik olmayan davranışında hakim olduğunu göstermiştir. Yapısal bütünlük üstünde potansiyel hasar verici etkisi olan güçlü depremler olması durumunda, elastik davranış ile ilgili olarak süneklik kapasitesi sınırlandırılabilir ve tasarımı tam olarak varsayılandan daha az olabilir [7].

3. KRENLİ ENDÜSTRİ YAPILARININ TASARIMI ve DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Krenli Endüstri Yapılarının Geçmiş Depremlerdeki Davranışı

Endüstriyel yapılar geniş üretim çeşitliliklerini, toplama, birleştirme, arıtma, malzemelerin taşınması, geniş ürünlerin kaplanması vb. süreçleri bünyesinde barındıran yapılar olabildiği gibi enerji santralleri ve iletişim sistemleri gibi kritik tesisler de olabilirler. Yeterli sismik davranış endüstriyel yapılarda arıza sürelerini kısaltmak için oldukça önemlidir. Yapıda meydana gelebilecek arıza ya da aksaklık ciddi gelir kayıplarına, işsizliğe, elektriksel enerjilerde noksanlığa, ürünlerde kıtlığa ve iletişim hizmetlerinde eksikliklere sebep olabilir. Endüstriyel yapılar tehlikeli malzemelerin üretimi ve depolanması alanlarında da hizmet vermektedir. Yeterli olmayan sismik yapısal davranış sızıntı ve kusurlu çalışmalara sebep olarak büyük riskleri ortaya çıkarabilir [7].

Çelik çerçevelerden oluşmuş endüstri yapıları son depremlerde genellikle iyi yapısal performans göstermiştir. Fakat, sunulan hasar-tespit raporlarında çoğu endüstriyel yapılarda birleşim bölgelerinde ki hasar işletimin aksamasıyla sonuçlanmıştır. 1999 Kocaeli depreminden sonra gözlemlenen yapısal hasarlar da otomotiv tesisinde kolon- çatı makası birleşim bölgelerinde cıvata da kesme, çapraz elemanlarda burkulma ve kopma, moment çerçevelerinde ankraj elemanlarında kopma, uzama ve kesme problemleri meydana gelmiştir [8], [9], [10], [11].

1994 Northridge depreminden sonra bir tane asfalt kaya endüstri yapısının ankraj elemanlarında akma ve göçme (failure), bir adet mayalama tesisinde ise çapraz elemanlarda göçme meydana gelmiştir [12]. 1988 Spitak Ermenistan depreminden sonra yapılan gözlemlerde çaprazlı birleşimler de kaynaklarda göçme durumu olduğu gözlemlenmiştir [13]. Bir adet çelik çerçeveli depo yapısı 1991 Costa Rica depreminde çökmüştür. Fakat sebep olarak yapı içerisindeki ağır yapı bileşenlerinin çelik kolonlara karşı devrilmesine bağlanmıştır [14]. 1985 Şili depremi ve 1989 Loma Prieta depreminde üstünde tank olan, soğutma ünitesi bulunan ve tepkime havuzları bulunan çeşitli çelik çerçeveli endüstri yapıların çapraz

elemanlarında burkulma, çaprazlı birleşimlerde göçmeler (civata kesilmesi, guse plakasında burkulma, kaynakta göçme vb.) meydana gelmiştir [15], [16].



Şekil 3. 1: Adapazarı Tüvasaş krenli endüstri vagon fabrikası hasar.

Şekil 3.1’de gösterilen vagon fabrikası yetersiz tasarlanmış eski bir endüstri yapısıdır. Deprem de ağır hasar almıştır ve kısmi göçmeler de olmuştur. Çelik yapılarda ki bu çeşit göçme ve hasar sebepleri kolon tabanlarındaki ankraj elemanlarının yetersizliği ve çaprazlı birleşimlerdeki göçmelerdir [17].

Mevcut yapı kodları Kanada ve Amerikan standartları önemli ölçüde geleneksel ofis yapıları ve konut, bina türü yapılar için geliştirilmiştir ki sismik yük taşıyan sistemler iyi derecede tanımlanmıştır. Bu standartların kompleks ve düzensiz geometriye sahip, kütle ve rijitlik dağılımının eşit olmadığı, çok çeşitli dinamik özelliklere sahip endüstriyel yapılara uygulanması uygulama mühendisleri açısından basit, anlaşılabilir değildir [18], [19]. Özellikle sismik kuvvetin endüstriyel yapı üzerinde dağılımı, sismik kuvvetin genliği ve sismik yükün endüstriyel yapı üzerindeki deformasyon talebine ilişkin belirsizlikler vardır. Ayrıca standartlarda tanımlanan yüksek sünek deprem yükü taşıyan sistemler endüstriyel yapılar için iyi bir şekilde uyarlanmamıştır. Endüstriyel yapılardan iyi elastik olmayan performans ve yüksek enerji dağıtım kapasitesi elde etmek için, bu yüksek sünek sistemler

dengelenmiş dayanım hiyerarşisi ile dikkatli bir biçimde uyarlanmış yanal yük taşıma yoluna dayanır ki yıllar içerisinde gelişen üretim süreçlerinin gerektirdiği yapısal ve kütsel değişiklikler (ekipman ilavesi, çapraz ve kolon elemanlarının kaldırılması) sürdürülebilir. Bu gibi zorluklar ve belirsizliklerin neticesi olarak tasarım mühendisleri basitlik ve esneklik adına geleneksel çelik tasarımı ve yapım tekniklerini uygulamayı tercih ederler [7].

Kuvvetli yer hareketleri altında endüstri yapılarının sismik yük talepleri bakımından çok sınırlı veriler bulunmaktadır. Standartlarda belirtilen kısıtlamalar ise geleneksel ofis ve bina türü yapıların sismik performansları üzerindeki çalışmalar neticesinde esaslı olarak oluşturulmuştur. Bu nedenle endüstri yapıları için başlıca önemlilik derecesine sahip bazı hususlar aşağıdaki gibi söylenebilir;

- Endüstri yapılarının sismik davranışları hakkında daha iyi bilgi elde etmek,
- Mevcut tasarım prosedürlerinin eleştirel ve ciddi olarak tekrar incelenmesi,
- Bu yapılar için hedeflenen performanslara ulaşabilmek amacıyla sismik tasarım hükümlerinin ortaya konması [7] .

3.2. Krenli Endüstri Yapılarının Tasarım İlkeleri

3.2.1. Kren Hizmet Sınıfları

Krenli endüstriyel yapılar krenlerin kullanım sıklığına ve nominal kapasitelerindeki kaldırdıkları ağırlıkların oranına göre (rated capacity) altı sınıfa ayrılmıştır [20]. Bu kategoriler;

Sınıf A (Bekleme veya nadir, seyrek hizmet) : Bu kategori sınıfı elektrik santralleri, kamu hizmet işletmeleri, türbin odaları, motor odaları, trafo odaları vb. gibi düşük hızda ekipmanların hassas bir şekilde taşınacağı yerleri kapsar.

Sınıf B (Hafif hizmet) : Bu kategori tamir atölyeleri, hafif ağırlıklı montaj işletmeleri, hizmet binaları, hafif ağırlıkların bulunacağı depolar vb. vazifeler, hizmet şartlarının hafif ve düşük hızla yapılacağı yerleri kapsar. Yükler değişkenlik gösterebilir, hiç yük taşıma olmaması durumu ile ara sıra tam kapasiteli yük taşıma olması durumunu da içerir. Saatte ortalama 2 ile 5 kez arası yük taşıma gerçekleşir.

Sınıf C (Orta dereceli hizmet) : Bu kategori makine atölyeleri, kağıt fabrikası makine odaları vb. vazifeler, hizmet taleplerinin orta ağırlıklı olduğu yerleri kapsar. Krenler kapasitelerinin ortalama %50'si oranında taşıma yaparlar ve üzerine çıkmazlar. Saatte ortalama 5 ile 10 kez arası yük taşıma gerçekleşir.

Sınıf D (Ağır hizmet) : Bu kategori ağır makine atölyeleri, dökümhane, üretim tesisleri, çelik depolar, konteyner depoları, kereste fabrikaları vb. vazifeler gibi ağır hizmet vazifelerinin olduğu yerleri kapsar. Krenlerin nominal kapasitelerinin %50'sine yaklaşan yükler çalışma periyotları süresince sürekli taşınmaktadır. Yüksek hız bu hizmet sınıfı krenler için uygun olmaktadır. Saatte ortalama 10 ile 20 kez arası yük taşıma gerçekleşir. Taşınacak yükler krenlerin nominal kapasitelerinin %65'ini aşmaz.

Sınıf E (Çok ağır hizmet) : Bu kategori krenlerin kullanım ömrü boyunca nominal kapasitelerine yaklaşık yükleri taşıyabilecek olduğu durumu içerir. Çimento fabrikaları, kereste fabrikaları, gübre tesisleri, konteyner taşımacılığı vb. vazifelerin olduğu yerleri kapsar. Saatte ortalama 20 kez ve daha fazla yük taşıma gerçekleşir.

Sınıf F (Sürekli çok ağır hizmet) : Bu kategori krenlerin kullanım ömrü boyunca, çok ağır hizmet koşulları altında nominal kapasitelerine yaklaşık yükleri sürekli bir şekilde taşıyabilecek olduğu durumu kapsar. Bu sınıf krenler özel tasarımı olabilen

ve bütün üretim tesisini etkileyebilen kritik işlerin gerçekleşmesini sağlayabilecek düzeydedir. Bu çeşit krenler yüksek güvenilirlik sağlamalıdır.

Tablo 3.1: K katsayısına bağlı kren hizmet kategorileri.

K = Ortalama Etkin Yük Katsayısı	Kren Kullanım Tipi			
	Uzun süre aralıklı, düzensiz, arasıra kullanım	Aralıklı, fasıllı periyotlar ile düzenli kullanım	Sürekli işletim ile düzenli kullanım	Ağır, ciddi sürekli işletim ile düzenli kullanım
≤ 0.53	A*	B*	C	D
$0.531 < K \leq 0.67$	B*	C*	D	E
$0.671 < K \leq 0.85$	C	D	E	F
$0.85 < K \leq 1.00$	D	E	F	F
* Genellikle hafif vazifeli hizmet kategorisine uygundur.				

Yukarıda tablo 3.1’de K katsayısına bağlı olarak kren hizmet kategorileri gösterilmiştir [20]. Tabloda gösterilen K değeri kren hizmet kategorisini belirlemek için kullanılan ortalama etkin yük katsayısını göstermektedir ve aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$K = \sqrt[3]{\sum Wi^3 \cdot Pi} \quad (3.1)$$

- K = Ortalama etkin yük katsayısı,
- Wi = Kren nominal kapasitesinin (rated capacity) kaldırılacak yüke oranı olarak ifade edilen yük büyüklüğü,
- Pi = Kaldırılacak yük çevrim sayısının, toplam taşıyacağı yük çevrim sayısına oranı.
- Örneğin 100.000 toplam yük çevriminin 10.000 adeti tam kapasite ile, 70.000 adeti %30 kapasite ile ve 20.000 adeti ise %10 kapasite ile taşınacak olması durumunda;
- $K = \sqrt[3]{1.0^3 \times 0.1 + 0.3^3 \times 0.7 + 0.1^3 \times 0.2} = 0.492$ olarak bulunur. Bu K katsayısı değerine ve tablo 3.1’deki kullanım sınıfına göre kren hizmet kategorisi belirlenebilir.

Krenli endüstriyel yapılarda kren yoluna etki eden enine fren kuvveti kaldırılacak yükün kren tipine ve hizmet sınıfına göre oransal değeri olarak, kaldırılacak yük + kedi ağırlığının oransal değeri olarak ve kaldırılacak yükün ağırlığı + krenin zati ağırlığının oransal değeri olarak tablo 3.2 de gösterilmiştir. Boyuna fren kuvveti kren tipine ve hizmet sınıfına göre maksimum tekerlek yükünün %10 ve %20'si alınmak üzere olmak üzere tablo 3.2'de gösterilmiştir [20].

Tablo 3.2: Kren enine ve boyuna fren kuvvetleri; tekerlek yükü, kaldırma yükü, kren zati ağırlığı ve kedi ağırlığının oranlarına bağlı olarak.

Kren Tipi ^a	Enine Fren Kuvveti En Büyüğü:			Boyuna Fren Kuvveti
	Kaldırma Yükü ^c	Kaldırma Yükü ^c + Kedi Yükü	Kaldırma Yükü ^c + Kren Zati Ağırlık	Maksimum Tekerek Çıkış Yükü ^b
Operatör kabinli veya uzaktan kumandalı	40 ^d	20 ^d	10 ^d	20
Çeneli kepçeli vinç ve mıknatıslı vinç ^e	100	20	10	20
Ayar kollu istifleyici kren	200	40	15	20
Bakım Krenler	30	20	10	20
Kumanda Kontrollü Kren		20	10	20
Zincir Kovalı kren ^f		10		10
Monoraylar		10		10

Notlar:

a) Kren hizmet sınıfları kren tiplerinden ayrı olduğu için bölüm 3.2.1'de gösterilmiştir.

b-) Vinç köprüsünün bir ucundaki kedi ağırlığı ile birlikte meydana gelir.

c-) Kaldırma yükü, kaldırma mekanizmaları tarafından kaldırılacak toplam ağırlıktır.

d-)Bu kriter hafif ve orta dereceli hizmet kren sınıfları için uygun bulunmuştur ve NBCC 2005 minimum şartları ile tutarlıdır.

e-) Ağır hizmet kren sınıfları çeneli kepçeli vinç ve mıknatıslı vinç içermezler.

f-) İşletim yavaş olduğundan dolayı dinamik kuvvetler kumanda kontrollü krenlere göre daha yavaştır.

3.2.2. Kren Yük Kombinasyonları

elik yapı elemanların boyutlandırılmasında kullanılan yükleme kombinasyonları ASCE-7-10/LRFD kombinasyonları birlikte Crane-Supporting steel structure design guide (R.A. MacCrimmon) de belirtilen kombinasyonların birleşiminden oluşmaktadır. Bu kombinasyonlar aşağıda gösterilmiştir [20], [21].

- 1.4D
- 1.25 D + 1.5C + 0.5 S
- 1.25 D + 1.5C + 0.4 W
- 1.25 D + 1.5C + 0.5 L
- 1.25D + 1.5S
- 1.25D + 1.4W
- 1.25D + 1.5L + 0.5C
- D + Cd +E +0.25S

Kren yükü kombinasyonları C; aşağıda verilen kombinasyonlardan en elverişsiz olanı tasarımda alınacaktır.

- Cvs + Css + Cls
- Cvs + 0.5 Css

Kombinasyonlarda;

- D: l yükler (Eleman zati ağırlıkları vb.),
- L: Hareketli Yükler,
- S: Kar Yükü,
- W: Rüzgar Yükü,
- E: Deprem Yükü,
- Cvs: Kren Düşey Tekerlek Yükü,
- Css: Kren Yatay Fren Kuvveti,
- Cls: Kren Boyuna Fren Kuvveti,

- Cd: Kren Ölü Yükleri (Kedi ağırlığı, kren köprü ağırlığı, kaldırma düzenekleri vb.),

3.2.3. Kren Yolu Kirişi Sehim Sınırları

Kren yolu kirişlerinde düşey sehim sınırı için darbe etkisi ve herhangi ilave bir hareketli yük olmaksızın, hizmet ömrü süresince 20.000 ile 100.000 tekrar sayısınca yükleme durumuna tabi krenlerde $L/600$ sınırı aşılmamalıdır [20], [22].

Hizmet ömrü süresince 100.000 ile 2.000.000 arası ve 2.000.000'un üzeri tekrar sayısınca yükleme durumuna tabi krenlerde sehim sınırı darbe etkisi ve ilave bir hareketli yük olmaksızın $L/1000$ sınırını aşmamalıdır. Kren yolu kirişlerinde yatay sehim sınırı $L/400$ aşmamalıdır [22].

3.2.4. Kren Kotu Seviyesi Kat Öteleme Sınırları

Kren kotu kolon elemanlarında yanal yer değiştirme tavsiye edilen değer herhangi bir sismik etki göz önüne alınmadan krenin düşey ve yatay yükleri altında $h/240$ olarak alınabilir [23].

4. ÖRNEK ÇALIŞMA

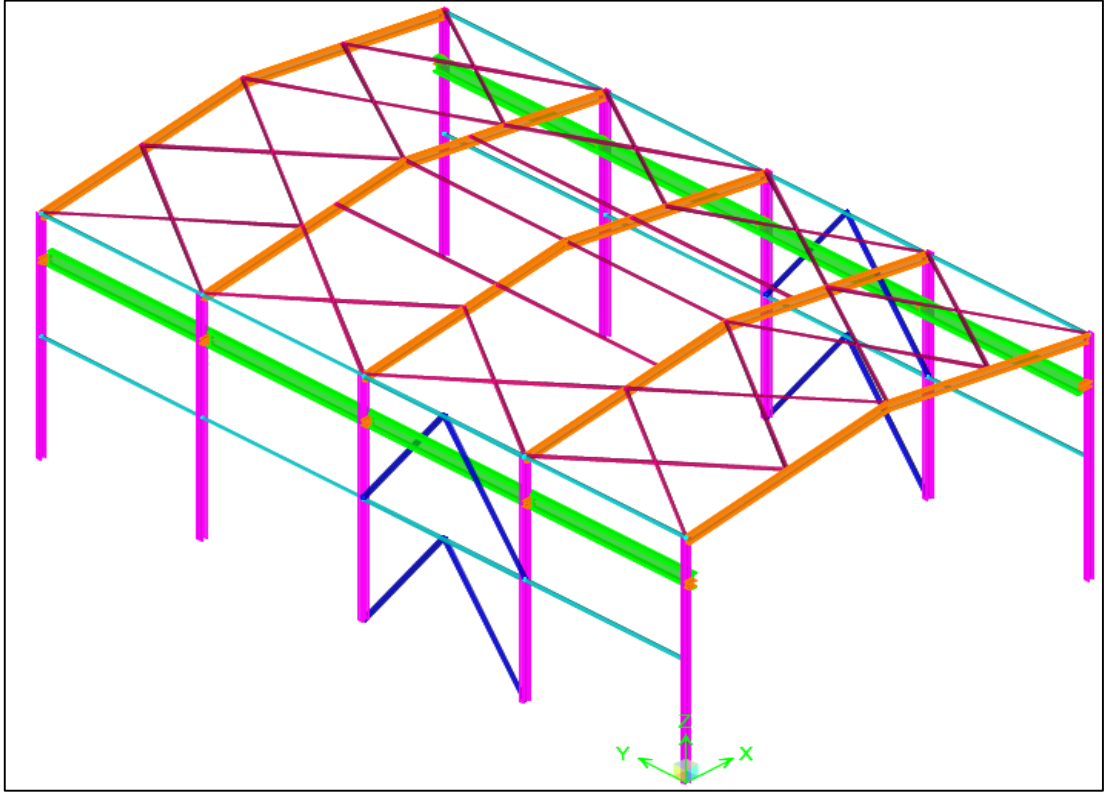
4.1. Tasarım

Tez çalışmasının bu bölümünde krenli bir endüstri yapısının sismik tasarımı gerçekleştirilmiştir ve doğrusal olmayan statik itme analizi (push-over analysis) uygulanarak yapının doğrusal olmayan davranışları gözlemlenerek performansı hakkında sonuçlara ulaşılmıştır. Yapının İstanbul sınırları içerisinde Tuzla bölgesinde yapılacağı öngörülerek 1.derece deprem bölgesinde bulunduğu ve tasarım için gerekli diğer parametrelerin de bölgenin coğrafi konumu dikkate alınarak belirlenmiştir. Fabrika yapısı 25m açıklığında ve 40m uzunluğunda, 10m aks aralıkları ile tek hol olarak tasarlanmıştır. Fabrika yapısında bir adet 22 t kapasiteli kren bulunmaktadır. Kren kirişi 10m tek açıklık olarak tasarlanmıştır. Yapı yüksekliği kolon üstünde 15m olarak düşünülmüştür. Fabrika yapısı enine doğrultuda moment çerçevesi olarak, boyuna doğrultuda merkezi çaprazlı çelik çerçeve olarak tasarlanmıştır. Yapısal çelik sınıfı olarak ana taşıyıcı elemanlardan kolonlar, çatı kirişleri, kren yolları ve konsolları S235JR kalite sınıfı, çatı çaprazları, cephe çaprazları, stabilite elemanları, aşık elemanları ve diğer tali elemanlar S235JR yapısal çelik sınıfı olarak belirlenmiştir. Çatı düzleminde kullanılan düşey/yatay çaprazlar ve yanıl destek elemanlarının ve aşık elemanlarının bu düzlemde rijit diyafram etkisi gösterebileceği kabulü yapılmıştır. Yapının inşa edileceği bölgenin enlem ve boylam değerleri 40°50'57.12"N - 29°18'1.44"E'dir. Enlem ve boylam değerleri doğrultusunda yapının bulunduğu bölgenin spektral ivme değerleri (S_s ve S_1) 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem düzeyine göre Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliği (2008)' den alınmıştır [24].

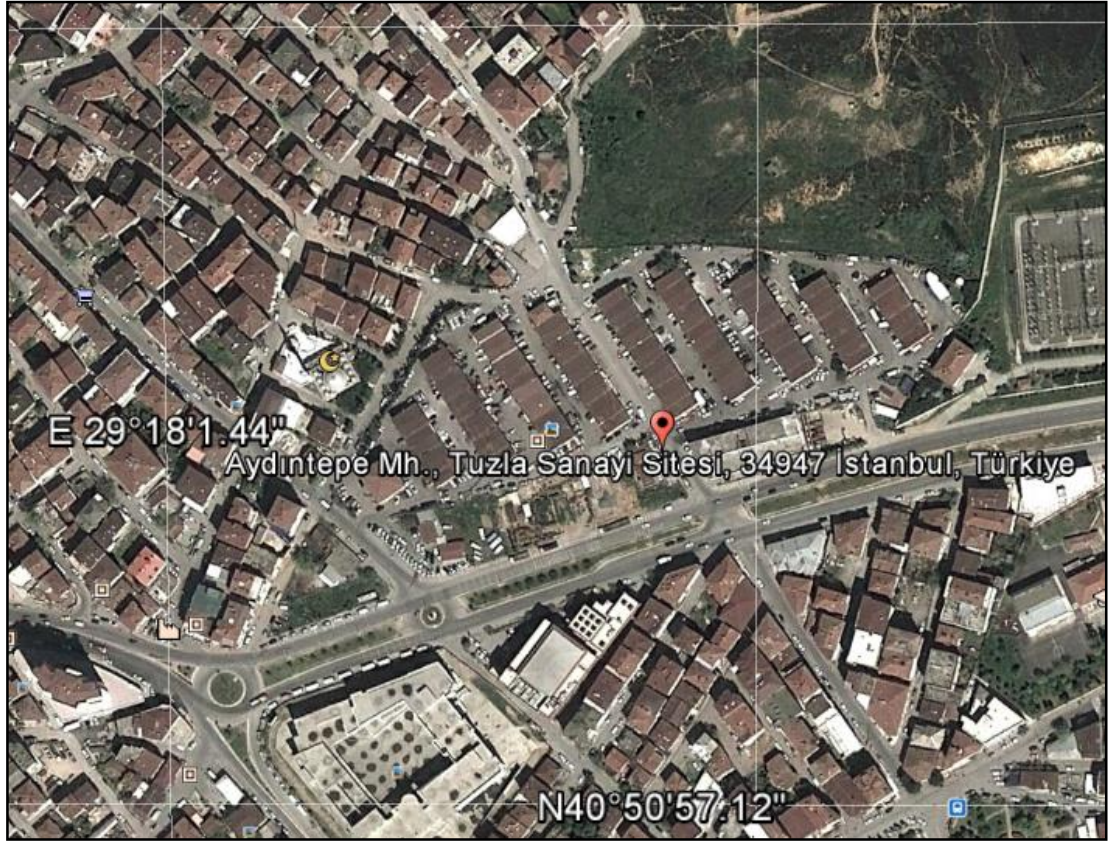
Fabrika yapısı SAP2000 sonlu elemanlar yazılımı ile 3 boyutlu model üzerinde yapıya etki eden bütün yükler TS-498 doğrultusunda (kar, rüzgar, kren vb.) yapıya etki ettirilerek sismik analiz IBC-2012'e göre gerçekleştirilmiştir. Yapı elemanlarının boyutlandırılması ANSI/AISC 360-10 ile DBYBHY- 2007'e uygun olarak LRFD tasarım felsefesi doğrultusunda yapılmıştır. Kren yükü Sap2000 sonlu elemanlar yazılımı ile hareketli yük (moving load) tanımlanarak tasarımı gerçekleştirilmiştir [25]-[30].



Şekil 4.1: Endüstri yapısının üç boyutlu çerçeve eleman görünümü.



Şekil 4.2: Endüstri yapısının üç boyutlu katı model görünümü.



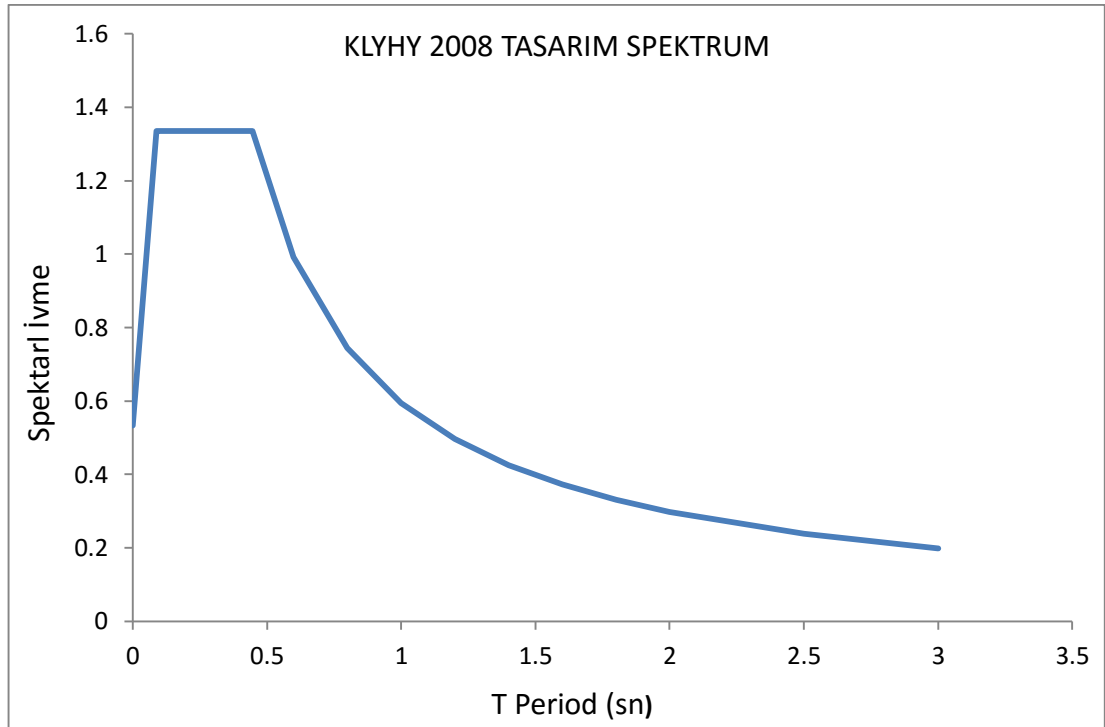
Şekil 4.3: Endüstri yapısının inşa edileceği bölgenin enlem ve boylam değerleri.

Yukarıda şekil 4.3’de endüstri yapısının inşa edileceği bölgeye ait enlem ve boylam değerleri ile sismik tasarımda kullanılacak spektral ivme değerleri, kısa periyot için spektral ivme (g)-S_s ve 1.0 sn periyot için spektral ivme (g)-S₁ elde edilmiştir. Bu spektral ivme değerleri Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliğinden alınmıştır. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi göz önünde bulundurulmuştur. Aşağıdaki tabloda bölgeye ait spektral ivme değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Kısa periyot ve 1.0 sn periyot için spektral ivme değerleri.

Koordinat	Kısa Periyot için Spektral İvme(g)-S _s			1.0 sn Periyot için Spektral İvme(g)-S ₁		
	50 yılda aşılma olasılığı			50 yılda aşılma olasılığı		
Boylam Enlem	2%	10%	50%	2%	10%	50%
29.2 40.4	2.09	1.28	0.63	1.02	0.55	0.23
29.2 40.6	2.05	1.39	0.78	1.09	0.64	0.28

- İterasyon ile $S_s=1,335g$, $S_1=0,595g$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.4: Kısa periyot ve 1.0 sn periyot için spektral ivme grafiği.

4.1.1. Kullanılan Yönetmelikler ve Yük Kombinasyonları

- D.B.Y.B.H.Y-2007: Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik
- ANSI-AISC 341-10: Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, 2010.
- ANSI/AISC 360-10: Specification for Structural Steel Buildings, 2010.
- ASCE-7-10: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, 2010.
- IBC-2012: International Building Code.
- AISC-LRFD: Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings, 1999
- Crane-supporting steel structures design guide (Canadian Institute of steel consruction).
- AISE Technical Report No.13 Guide fort the Design and Construction of Mill Buildings tasarımda göz önünde bulundurulan kaynaklardır.

Çelik elemanların boyutlandırılmasında kullanılan yükleme kombinasyonları;

- $1.4D$
- $1.25 D + 1.5C + 0.5 S$
- $1.25 D + 1.5C + 0.4 W$
- $1.25 D + 1.5C + 0.5 L$
- $1.25D + 1.5S$
- $1.25D + 1.4W$
- $1.25D + 1.5L + 0.5C$
- $D + Cd + E + 0.25S$

Kren yükü kombinasyonları C; aşağıda verilen kombinasyonlardan en elverişsiz olanı tasarımda alınacaktır.

- $Cvs + C_{ss} + C_{ls}$
- $Cvs + 0.5 C_{ss}$

Kombinasyonlarda;

- D: Ölü yükler (Eleman zati ağırlıkları vb.),
- L: Hareketli Yükler,
- S: Kar Yüğü,
- W: Rüzgar Yüğü,
- E: Deprem Yüğü,
- Cvs: Kren Düşey Tekerlek Yüğü
- C_{ss}: Kren Yatay Fren Kuvveti
- C_{ls}: Kren Boyuna Fren Kuvveti
- Cd: Kren Ölü Yüğü (Kedi ağırlığı, kren köprüsü ağırlığı vb.)

Hesaplar da ölü yükler olarak sınıflandırılan eleman zati ağırlıkları Sap2000 programında otomatik olarak alınmıştır. Diğer ölü yükler kren ölü yükleri vb. elemanlara etki ettirilerek iç kuvvetler belirlenmiştir.

4.2. Yükleme Durumları

4.2.1. Sabit Yükleme

Yapı ana taşıyıcı elemanlarına ait sabit zati yükler bilgisayar programı tarafından hesaba katılmaktadır. Bunlar kolonlar, çapraz elemanlar, yatay stabilite elemanları, çatı kiriş elemanı vb. Diğer sabit yükler aşağıda belirtilmiştir;

Çatı Kaplama Yüğü : 0.1KN/m²

Çatı Aşık Yüğü : 0.15KN/m²

4.2.2. Rüzgar Yükleme

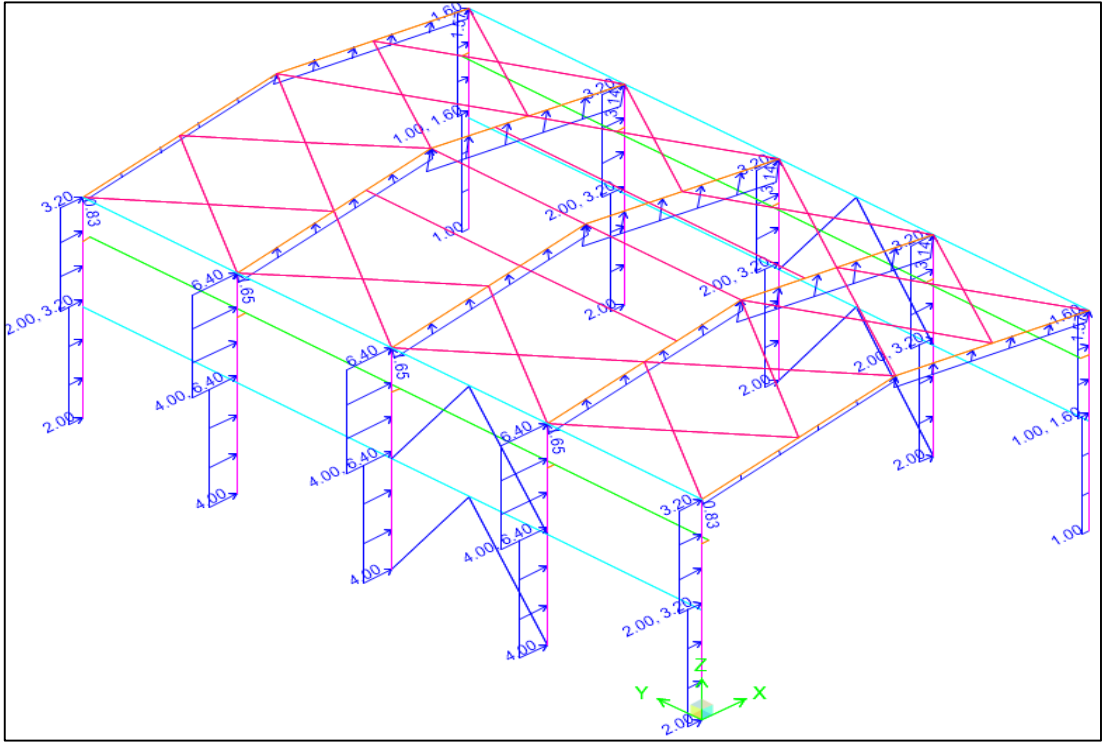
Yapı tasarımında göz önüne alınan rüzgar yükleme için 1997 tarihli TS-498'e (Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükleme Hesap Değerleri) göre hesaplama yapılmıştır [29].

Tablo 4.2: Yüksekliğe Bağlı olarak Rüzgar Hızı ve Emme Değerleri.

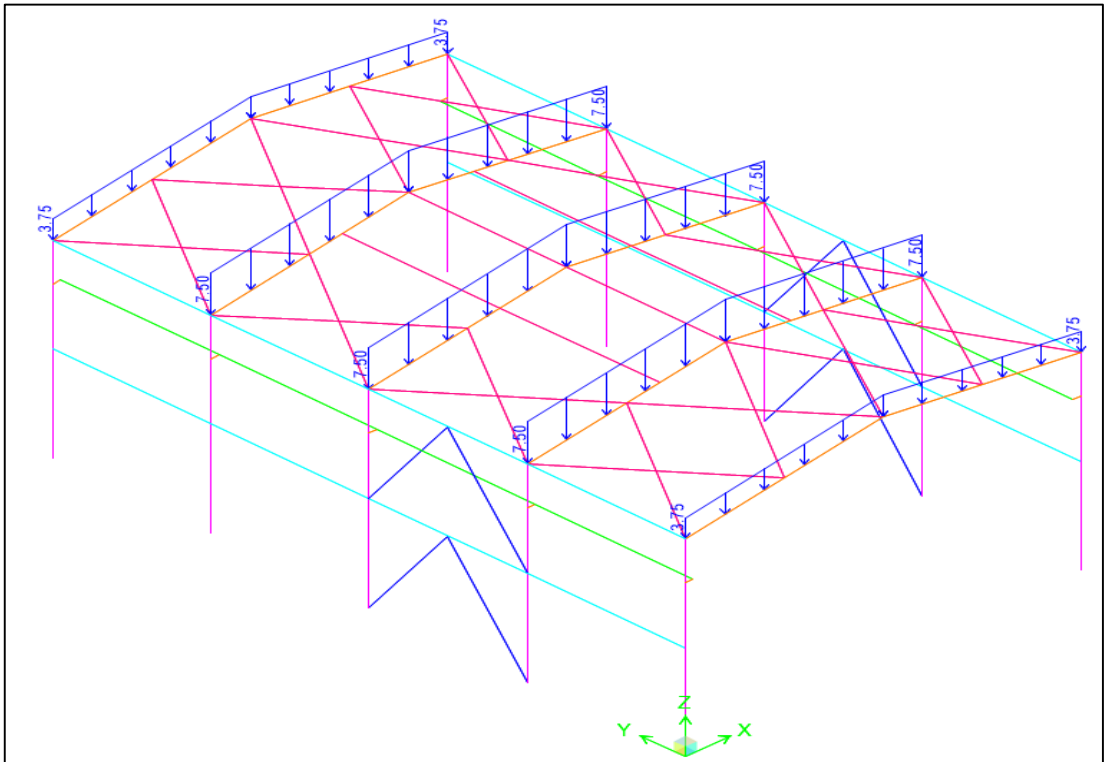
Zeminden Yükseklik(m)	Rüzgar Hızı(m/sn)	Emme(KN/m ²)
0 - 8	28	0,5
8 - 20	36	0,8
21 - 100	42	1,1
> 100	46	1,3

4.2.3. Kar Yüğü

Kar yüğü değeri TS-498 de belirtilen parametrelere bağli olarak 0,75KN/m² olarak tasarımda alınmıştır. Kar yükleme matematik modelde aşık elemanları olmadığından dolayı çatı kiriş elemanlarına yayılı yük olarak etki ettirilmiştir. Aks aralığı 10m olduğu için, 0,75KN/m² × 10m = 7,5 KN/m olarak tasarımda alınmıştır.



Şekil 4.5: Yapı x yönü rüzgar yükü yükleme.



Şekil 4.6: Yapı kar yükü yükleme.

4.2.4. Deprem Yüğü

Endüstri yapısının sismik yüğü IBC-2012 doğrultusunda gerekli parametreler kullanılarak doğrusal statik olarak SAP2000 sonlu elemanlar yazılımı ile otomatik olarak hesaplanmıştır. Burada zemin sınıfı B grubu olarak tasarımda göz önünde bulundurulmuştur. Bölüm-1 de belirtildiğı üzere kısa periyod için spektral ivme (Ss) değeri ile 1.0 saniye periyod için spektral ivme(S1) değeri baz alınarak, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremine göre sismik tasarım yapılmıştır. Tasarım AISC360-10 şartnamesine göre gerçekleştirilmiştir.

IBC 2012 Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

- ☒ Global X Direction
- ☐ Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Time Period

- ☐ Approx. Period Ct (ft), x =
- ☒ Program Calc Ct (ft), x =
- ☐ User Defined T =

Lateral Load Elevation Range

- ☒ Program Calculated
- ☐ User Specified

Max Z

Min Z

Factors

Response Modification, R

System Overstrength, Omega

Deflection Amplification, Cd

Occupancy Importance, I

Seismic Coefficients

- ☐ Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.
- ☐ Ss and S1 from USGS - by Zip Code
- ☒ Ss and S1 User Specified

Site Latitude (degrees)

Site Longitude (degrees)

Site Zip Code (5-Digits)

0.2 Sec Spectral Accel, Ss

1 Sec Spectral Accel, S1

Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fa

Site Coefficient, Fv

Calculated Coefficients

SDS = (2/3) * Fa * Ss

SD1 = (2/3) * Fv * S1

Şekil 4.7: IBC-2012'e göre x yönü sismik yük tasarım parametreleri.

Yukarıda Şekil 4.7 de görüldüğü üzere X yönünde etki edecek olan deprem parametreleri tanımlanmıştır. Yapı X yönünde süneklik düzeyi yüksek moment çerçevesi olduğu için R katsayısı 8 olarak tasarımda alınmıştır. Yapı önem faktörü 1 olarak alınmıştır.

IBC 2012 Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

☐ Global X Direction

☒ Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Time Period

☐ Approx. Period

☒ Program Calc

☐ User Defined

Lateral Load Elevation Range

☒ Program Calculated

☐ User Specified

Max Z

Min Z

Factors

Response Modification, R

System Overstrength, Omega

Deflection Amplification, Cd

Occupancy Importance, I

Seismic Coefficients

☐ Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.

☐ Ss and S1 from USGS - by Zip Code

☒ Ss and S1 User Specified

Site Latitude (degrees)

Site Longitude (degrees)

Site Zip Code (5-Digits)

0.2 Sec Spectral Accel, Ss

1 Sec Spectral Accel, S1

Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fa

Site Coefficient, Fv

Calculated Coefficients

SDS = (2/3) * Fa * Ss

SD1 = (2/3) * Fv * S1

Şekil 4.8: IBC-2012'e göre y yönü sismik yük tasarım parametreleri.

Yukarıdaki Şekil 4.8 de görüldüğü üzere Y yönünde etki edecek olan deprem parametreleri tanımlanmıştır. Yapı Y yönünde Süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çerçeve olduğu için TDY-2007'e göre R katsayısı 5 olarak tasarımda alınmıştır. Yapı önem faktörü 1 olarak alınmıştır. Göreli kat ötelemesi kontrolünü yapmamız için TDY-2007 e göre R=8 alınarak kontrol yapılması isteniyor. ASCE-7-10'a göre ise bu katsayı Cd=5.5 olarak belirlenmiştir ve etkin göreli kat ötelemesi, yer değiştirme arttırma katsayısı olarak adlandırılmaktadır. Bu tez çalışmasında Cd = 5.5 katsayısı kullanılarak kontroller yapılmıştır.

Load Case Name
IBC-X Set Def Name

Notes
Modify/Show...

Load Case Type
Static Design..

Stiffness to Use
☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State
☐ Stiffness at End of Nonlinear Case
 Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Analysis Type
☒ Linear
☐ Nonlinear
☐ Nonlinear Staged Construction

Mass Source
MSSSRC1

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	IBC-X	1.
Load Pattern	IBC-X	1.

Add
Modify
Delete

OK
Cancel

Şekil 4.9: IBC-2012 X yönü sismik linear statik yük.

Load Case Name
IBC-Y Set Def Name

Notes
Modify/Show...

Load Case Type
Static Design..

Stiffness to Use
☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State
☐ Stiffness at End of Nonlinear Case
 Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Analysis Type
☒ Linear
☐ Nonlinear
☐ Nonlinear Staged Construction

Mass Source
MSSSRC1

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	IBC-Y	1.
Load Pattern	IBC-Y	1.

Add
Modify
Delete

OK
Cancel

Şekil 4.10: IBC-2012 Y yönü sismik linear statik yük.

Yukarıda Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 da görüldüğü üzere deprem hesabı yapısı X ve Y yönünde olmak üzere lineer statik olarak gerçekleştirilmiştir.

4.2.5. Kren Yüğü

Endüstri yapısında 20 tonf. kapasiteli bir adet kren mevcuttur. Kren, çift ana kirişli köprü (double girder cranes) olarak tasarımda göz önünde bulundurulmuştur ve ağırlığı 12 tonf. olarak belirlenmiştir.

4.2.6. Kren Tasarım Parametreleri

Kren'e ait tasarım parametreleri Crane-Supporting Steel Structures Design Guide (Canadian Institute of Steel Construction) dan alınmıştır.

Tablo 4.3: Kren Tasarımda Kullanılan Parametreler.

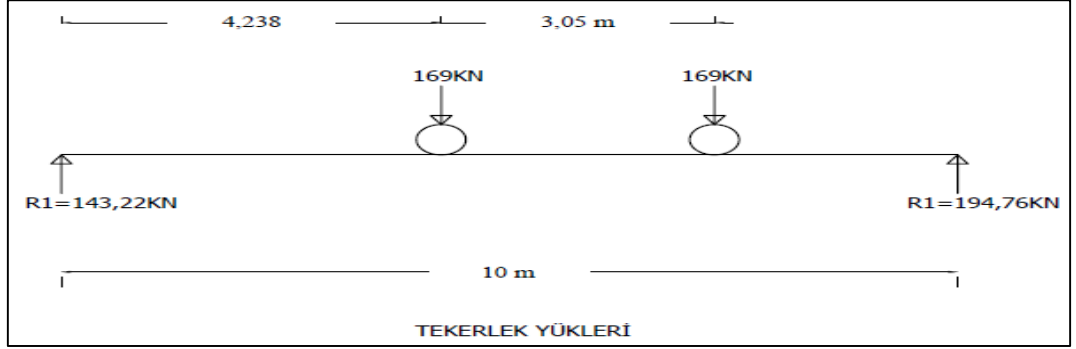
Tek Açıklık	10m
Şartname/Standart	NBCC 2005, CSA S16-01
Kren Sınıfı	Sınıf A
Kedi ağırlığı	27,21 KN
Tekerlekler arası mesafe	3,050 m
Kren Yüğü Kapasitesi	226,8 KN (Kedi yüğü dahil)
Max.Tekerlek Yüğü	169 KN
Kren rayı ağırlığı	0,198KN/m
Kullanım amacı	Hafif
Kren ölü yüğü (Köprü vb.+Kedi yüğü)	126,8 KN

Kren yüğü hesapları Sap2000 sonlu elemanlar yazılımında krenin hareket edeceği bütün yollar tanımlanarak hareketli yüğü (moving load) olarak etki ettirilmiştir. Aşağıda kren yolunun kesit hesabı yapılmıştır ve deneme kesit olarak analizlerde alınmıştır.

$$\text{Maksimum eğilme momenti} = 0.5 \times (10 - 3,050/2) = 4,2375 \text{ m mesafesindedir.} \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} \text{Tepki kuvvetleri } R1 &= 169 \times \frac{10 - (4,2375 + 3,050)}{10} (\text{sağ tekerlek}) + \\ & 169 \times \frac{10 - 4,2375}{10} (\text{sol tekerlek}) = R1 = 143,22 \text{ KN} \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$R2 = 169 \times \frac{4,2375 + 3,050}{10} (\text{sağ tekerlek}) + 169 \times \frac{4,2375}{10} (\text{sol tekerlek}) = 194,76 \text{ KN} \quad (4.3)$$



Şekil 4.11: Kren kirişi ve tekerlek düşey yükleri.

- Tekerlek yükleri altında maksimum moment = $143,22 \times 4,238 = 606,96 \text{ KN.m}$
- Çarpmadan dolayı meydana gelen moment = $0,25 \times 606,96 = 151,74 \text{ KN.m}$
- Kren rayı ve kondüktörünün yaklaşık zati ağırlığı $2,64 \text{ KN/m}$ bu yüklerden meydana gelen moment = $2,64 \times \frac{10^2}{8} = 33 \text{ KN.m}$

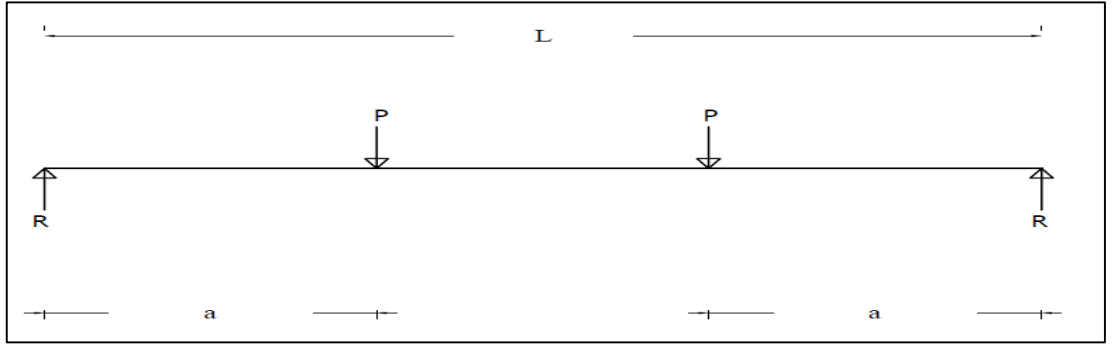
Kren yolu kirişine etki ettirilecek maksimum moment;

- $M_{\text{mak.}} = 1,25 \times (33 \text{ KN.m}) + 1,5 \times (606,96 + 151,74) = 1179,3 \text{ KN.m}$

Yanal Etki Kuvveti;

- (Kren taşıma kapasitesi + Kedi ağırlığı) $\times 0,20$ (Design Guide Tablo 2.1)
- Yanal etki = $(22,68 \text{ ton} \cdot f \times 9,81) + (2,721 \text{ ton} \cdot f \times 9,81) \times (0,20) = 49,82 \text{ KN}$
- Her bir tekere gelecek olan yanal etki $49,82 \text{ KN} / 4 = 12,45 \text{ KN} / \text{Tekerlek}$
- Yanal etki kuvveti maksimum tekerlek yükünün $\frac{12,45}{169} = 0,073$ katı olmaktadır.
- Yanal etkiden meydana gelen moment = $M_H = 606,96 \times 0,073 = 44,3 \text{ KN.m}$
- Yanal etkiden dolayı uygulanacak maks. moment = $1,5 \times 44,3 \text{ KN.m} = 66,45 \text{ KN.m}$
- Yaklaşık kiriş kesiti Açıklık/600 düşey sehim şartına göre belirlenecektir.

$$\text{İzin verilebilir maksimum sehim miktarı} = \frac{10000 \text{ mm}}{600} = 16,66 \text{ mm} \quad (4.4)$$



Şekil 4.12: Tekil yük simetrik olarak yüklenmiş basit kiriş.

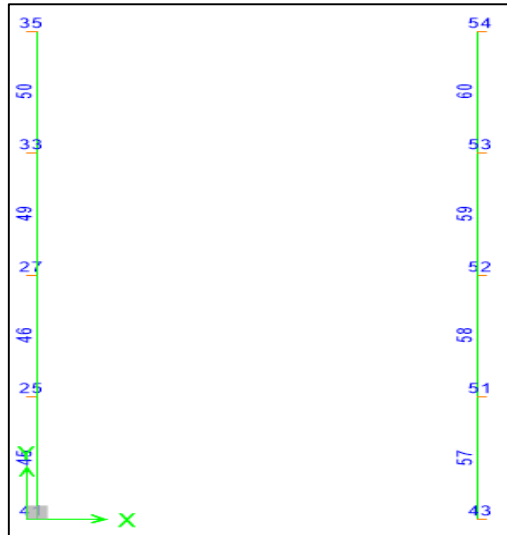
Yukarıda Şekil 4.12 de gösterildiği gibi kren kirişinin ön boyutlandırılmasını yapabilmek amacıyla maksimum sehimi hesaplayabilmek için düşey tekerlek yüklerinin kirişin ortasında olduğu kabulü ile max. sehim hesaplanmıştır.

$$\Delta_{\max.} = \frac{P \cdot a}{24 \cdot E \cdot I} \cdot (3 \times L^2 - 4 \times a^2) \quad (4.5)$$

- $1,66 = \frac{16900 \cdot 333,33}{24 \cdot 2100000 \cdot I} \cdot (3 \times 1000^2 - 4 \times 333,33^2)$ olduğunda göre $I = 172071,64 \text{ cm}^4$

Seçilecek olan kiriş kesiti min. $I = 172071,64 \text{ cm}^4$ atalet momentine sahip olmalıdır.

- Boyuna fren kuvveti $= 0,10 \times 22,68 \text{ ton} \cdot f = 22,24 \text{ kN}$



Şekil 4.13: Kren kirişi ve konsolları.

Load Case Name
CRANE-1 [Set Def Name]

Notes
[Modify/Show...]

Load Case Type
Moving Load [Design...]

Stiffness to Use
☒ Zero Initial Conditions - Unstressed State
☐ Stiffness at End of Nonlinear Case [v]
 Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

MultiPath Scale Factors

Number of Paths Loaded	Reduction Scale Factor
1	1
2	1

[Modify]

Loads Applied

Assign	Vehicle	Scale Factor	Min Loaded Paths	Max Loaded Paths	Paths
1	KREN	1	0	0	Some

[Add] [Modify] [Delete]

Paths Loaded for Assignment 1

List of Path Definitions	Selected Path Definitions
YOL_2	YOL_1

[Add ->] [-< Remove]

Mass Source
MSSSRC1

[OK] [Cancel]

Şekil 4.14: Kren hesabında dikkate alınması gerekli olan moving load Tanımlanması.

Şekil 4.14 de görüldüğü üzere kren hesabının yapılabilmesi için kren düşey tekerlek yüklerinin tanımlanması gerekli ve analizlerinde doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için yükleme durumlarının ve yükleme çeşidinin doğru olarak tanımlanması gereklidir. Kren düşey tekerlek yükünden meydana gelecek olan kren boyuna fren kuvvetleri ve kren yatay fren kuvvetleri de kren kirişinin mesnetlendiği konsol kirişlerine etki ettirilerek aynı noktada kren düşey, yatay ve boyuna fren kuvvetleri esas alınarak hesaplar gerçekleştirilmiştir. Burada önemli bir husus ki kren yükleri deprem yükü belirlenmesinde hesaplara dahil edilmemiştir, sadece krenin ölü yükleri (kren köprü ağırlığı, kedi ağırlığı vb. diğer ölü yükler deprem yükü hesabına esas teşkil eden kütle hesabına dahil edilmiştir.

Mass Source Data

Mass Source Name: MSSSRC1

Mass Source

☐ Element Self Mass and Additional Mass

☒ Specified Load Patterns

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
DEAD	1.
DEAD	1.
SNOW	0.3
OLU YUK	1.
CD	1.

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Şekil 4.15: Deprem hesabına katılacak kütle kaynakları.

Şekil 4.15 de gösterildiği gibi yapıya ait bütün zati yükler, ölü yükler ve kren ölü yükleri çarpan 1 olarak dahil edilmiştir. Kar yükü katılım katsayısı TDY-2007' e göre 0,3 çarpanı ile dahil edilmiştir.

Tablo 4.4: Yapıda kullanılacak elemanların ön kesitleri.

Eleman	Kesit
Kolonlar	HEA450
Çatı Kirişleri	IPE450
Cephe Çapraz Elemanlar	Boru-D240 x 6
Çatı Çapraz Elemanlar	Boru-D168,3 x 4
Çatı Stabilite Elemanlar	Boru-D168,3 x 4
Cephe Stabilite Elemanlar	Boru-D168,3 x 4
Kren Kirişi	HEB900

Yukarıda Tablo 4.4 de üç boyutlu modelde kullanılacak ön kesitler gösterilmiştir. Gerçekleştirilecek yapı analizi sonucunda gerçek kesitlere ulaşılacaktır.

4.3. Analizler

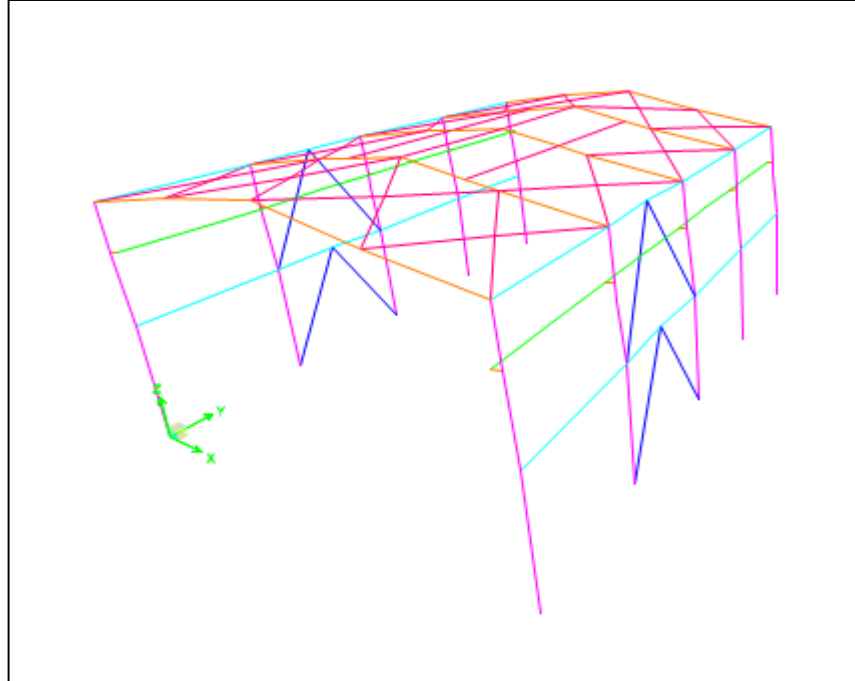
Bu kısımda 3D çubuk eleman olarak modeli oluşturulan krenli endüstri yapısının statik ve dinamik analizi Sap2000 sonlu elemanlar yazılımı tarafından AISC-360-10 tasarım koduna göre gerçekleştirilmiştir. Yapıya ait x ve y yönündeki ilk modal davranışlar ve periyotlar gösterilmiştir. Krenli endüstri yapısının x yönünde ve y yönünde görelî kat ötelemesi kontrolü yapılarak yer değıştirmelerin yönetmeliğın ön gördüğü sınırlar içerisinde kalması sağlanmıştır.

4.3.1. Yapı Modal Analiz

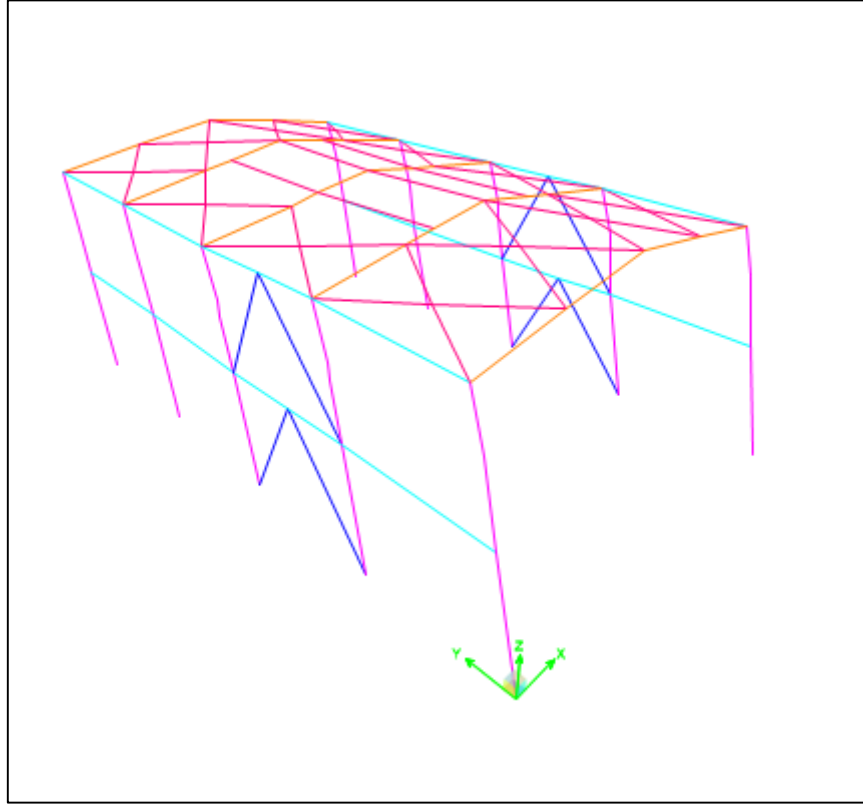
Tablo 4.5: Yapıya ait doğal titreşim periyodu ve modal kütle katılım oranı.

MODE	Period(sn)	X Yönü Kütle Katılım Oranı	Y Yönü Kütle Katılım Oranı
1	1.13	0.96	1.43E-10

Yapının doğal (hakim) periyodu x yönünde 1,13sn olarak bulunmuştur.



Şekil 4.16: Yapıya ait 1.mod Şekli (x yönü).

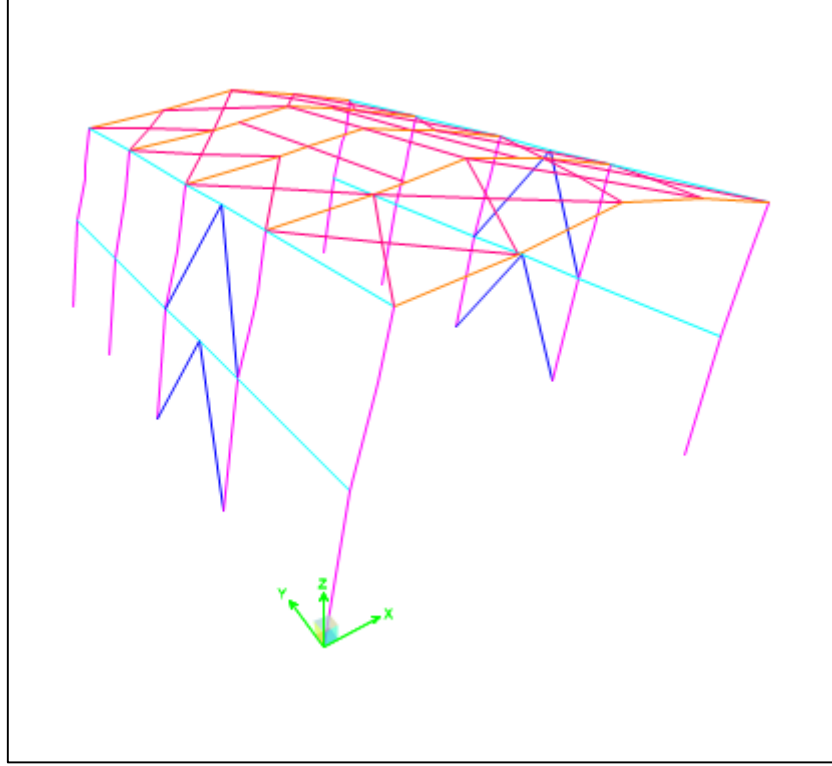


Şekil 4.17: Yapıya ait 2.mod şekli (y yönü).

Tablo 4 6: Yapıya ait doğal titreşim periyodu ve modal kütle katılım oranı.

MODE	Period(sn)	X Yönü Kütle Katılım Oranı	Y Yönü Kütle Katılım Oranı
2	0,588	1,152E-9	0,34

4.3.2. Göreli Kat Ötelemesi Kontrolü



Şekil 4.18: Deprem x yönü yer değiştirmiş yapı görünümü.

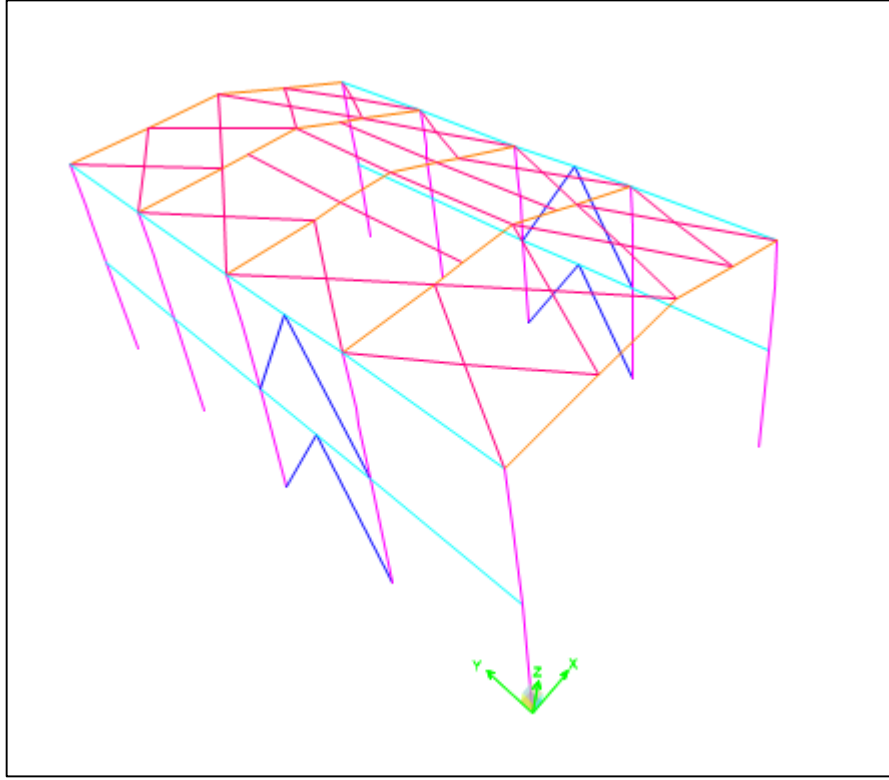
Tablo 4.7: Deprem x yönü yapı 15m. kotu yer değiştirmesi.

Deprem Yönü	U1(cm)
IBC-X	7.54

Tablo 4.8: X yönü deprem E yüklemesi altında göreli kat ötelemesi kontrolü.

Yükseklik (h _i)	d _i	Δ _i	C _d	δ _i =C _d .Δ _i	(δ _i) _{max.} =0.02.h _i
cm	cm	cm		cm	cm
1500	7.54	7.54	5.5	41,47	30

Tablo 4.8 de gösterildiği gibi yapı göreli kat ötelemesi sınır koşullarını %38 aşmıştır. TDY-2007'e göre tek katlı moment çerçevelerinde bu oran maksimum %50' e kadar artırılarak aşabilmektedir.



Şekil 4.19: Deprem Y Yönü Yer Değiştirmiş Yapı Görünümü.

Tablo 4.9: Deprem Y Yönü Yapı 15m. Kotu Yer Değiştirmesi.

Deprem Yönü	U2(cm)
IBC-Y	0,98

Tablo 4.10: Y yönü deprem E yüklemesi altında görel kat ötelemesi kontrolü.

Yükseklik (h _i)	d _i	Δ _i	C _d	δ _i =C _d .Δ _i	(δ _i) _{max.} =0.02.h _i
cm	cm	cm		cm	cm
1500	0,98	0,98	5	5,39	30

Tablo 4.10 da gösterildiği gibi yapı y yönü görel kat ötelemesi sınır koşullarını sağlamıştır. Kren seviyesi yer değiştirme miktarı sismik olmayan yükler altında $h/240$ olarak sınırlandırılmıştır. Buna göre kren seviyesi max. yer değiştirme 0,0482m olarak belirlenmiştir. Kren seviyesi yükseklik 12m olduğundan $12m./240 = 0,05m.$ max. izin verilen sehim miktarıdır. Buna göre $0,0482m. < 0,05m.$ koşulunu sağlamıştır.

4.3.3. Dayanım Kontrolü

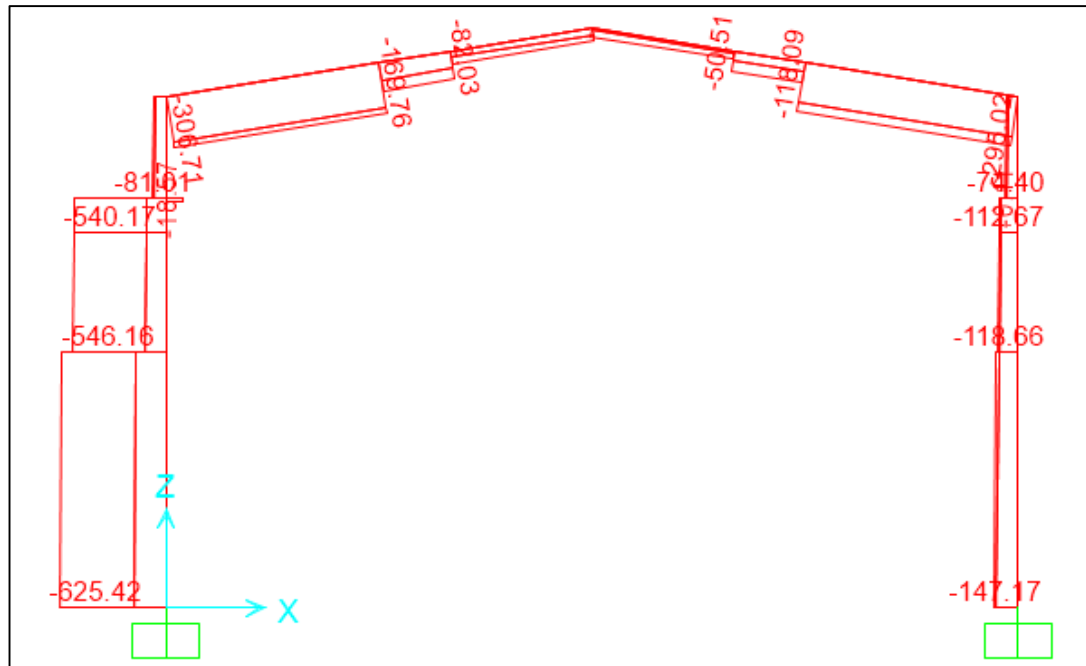
AISC-360-10 tasarım standardı doğrultusunda gerçekleştirilen 3 boyutlu analiz sonucuna göre yapının kolon elemanları, çatı kiriş elemanı, cephe çapraz elemanı ve kren yolu kirişine ait maksimum iç kuvvetlere göre dayanım değerleri el hesabı ile aşağıda hesaplanmıştır. Kren yoluna ait sehim değerleri tavsiye edilen sehim değerleri ile kıyaslanarak emniyetli kesitlere ulaşılmıştır.

Tablo 4.11: X ve Y yönü taban kesme kuvvetleri.

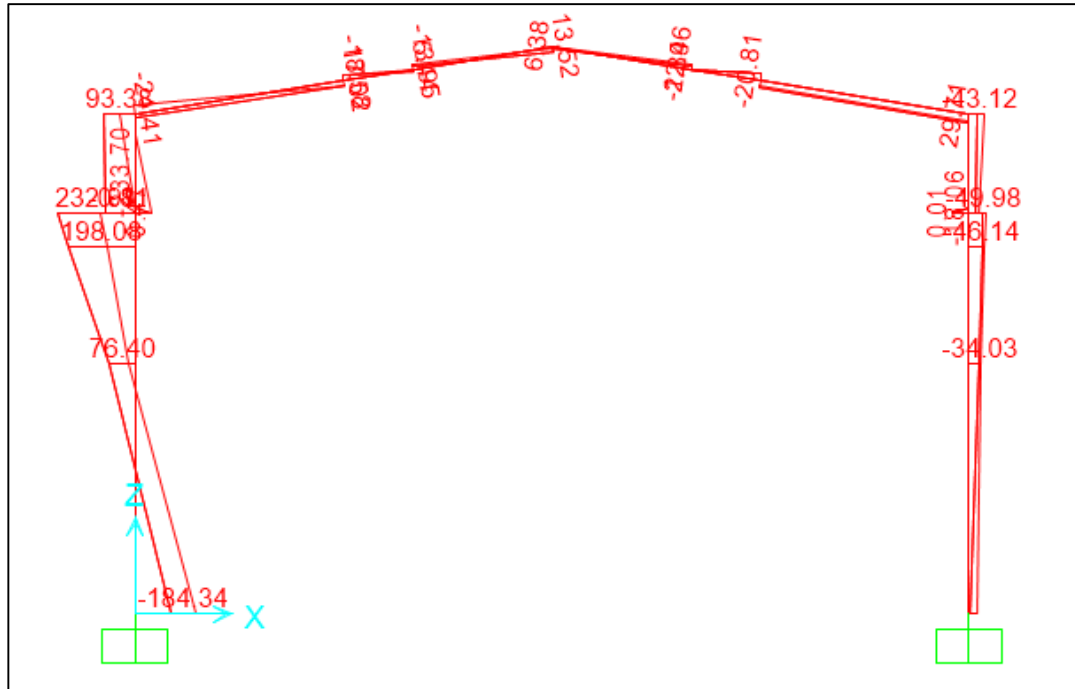
	Taban Kesme Kuvveti (KN)
X Yönü	206.45
Y Yönü	335.49

Yapıya X yönünde etki eden deprem kuvveti 206.45 KN olarak bulunmuştur. Yapıya Y yönünde etki eden deprem kuvveti ise 335.49 KN olarak bulunmuştur.

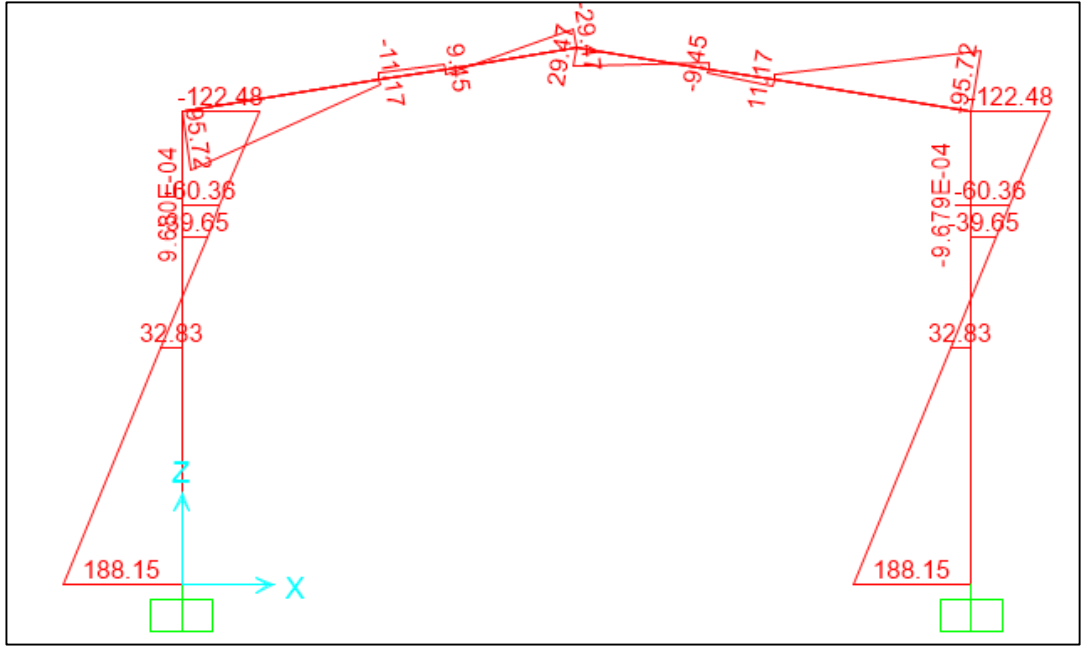
4.3.4. Kolon Elemanlarında Dayanım Kontrolü



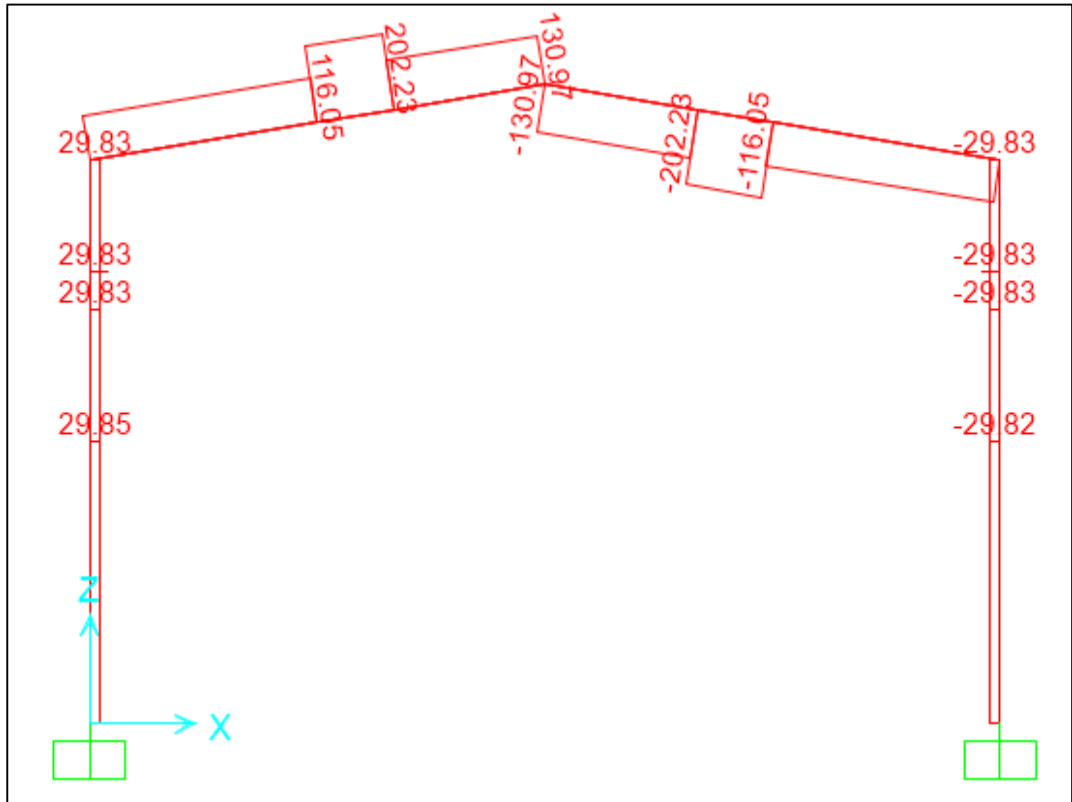
Şekil 4.20: 1.25D+1.5C1+0.5S kombinasyonunda eksenel kuvvet diyagramı(KN).



Şekil 4.21: 1.25D+1.5C1+0.5S kombinasyonunda moment(3-3) diyagramı(KN.m).



Şekil 4.22: Ex kombinasyonunda moment(3-3) diyagramı (KN.m).



Şekil 4.23: Ex kombinasyonunda eksenel kuvvet diyagramı (KN).

Tablo 4.12: HEA450 kolon profiline ait kesit özellikleri.

HEA450		
Kesit Alanı(cm ²)	:	178
Atalet Momenti I _x (cm ⁴)	:	63720
Atalet Momenti I _y (cm ⁴)	:	9465
Mukavemet Momenti(x eksen cm ³)	:	2896.36
Mukavemet Momenti(y eksen cm ³)	:	631
Plastik Mukavemet Momenti(x eksen cm ³)	:	3216
Plastik Mukavemet Momenti(y eksen cm ³)	:	966
Atalet Yarıçapı (x eksen cm)	:	18.92
Atalet Yarıçapı (y eksen cm)	:	7.29
Kesme Alanı X yönü(cm ²)	:	50.6
Kesme Alanı Y yönü(cm ²)	:	105

- M_{nt}=184,3KN.m (1.25D+1.5C1+0.5S kombinasyonunda ki moment)
- P_{nt}=625,4KN(1.25D+1.5C1+0.5S kombinasyonunda ki eksenel kuvvet)
- M_{lt}=188,15 KN.m (Deprem X kombinasyonunda meydana gelen moment)
- P_{lt}=29,82 KN (Deprem X kombinasyonunda meydana gelen eksenel kuvvet)
- $G=(\sum I/L)_{KOLON} / (\sum I/L)_{KIRIŞ}$ G:burkulma boyu hesabında kullanılan katsayı
- GA = 1 (temele rijit bağlı kolon için) [32]

$$GB = \frac{\left(\frac{6,372 \times 10^8}{15000} \right)}{3,374 \times 10^8 / 12650} = 1,59 \quad (4.6)$$

- K_x = 1,35 (TS648 çizelge 5) ; K_y= 1.0 (çaprazlı çerçeve)

$$\left(\frac{K.L}{r} \right) x = (1,35 \times 15000) / 189,2 = 107,02 \quad (4.7)$$

$$\left(\frac{K.L}{r} \right) y = (1.0 \times 7500) / 72,9 = 102,88 \quad (\text{kolon x eksen etrafında burkulacak}) \quad (4.8)$$

$$\bullet \frac{Pr}{Pc} \geq 0.2 \quad \frac{Pr}{Pc} + \frac{8}{9} \left[\frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right] \leq 1.0, \quad (H1-1a)$$

$$\bullet \frac{Pr}{Pc} < 0.2 \quad \frac{Pr}{2Pc} + \left[\frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right] \leq 1.0, \quad (H1-1b) \text{ (ANSI/AISC 360-10)}$$

- Pr: Gereken eksenel basınç kuvveti dayanımı (LRFD)
- Pc: $P_n \times \phi_c$ = Tasarım basınç dayanımı (LRFD)
- Mr: M_n / ϕ_b = Gerekli eğilme momenti dayanımı (LRFD)
- Mc: Tasarım eğilme momenti (LRFD)
- $\phi_c = 0.9$, $\phi_b = 0.9$ (ϕ_c , ϕ_b : Basınç ve eğilme durumu için dayanım azaltma katsayısı)
- $E = 200000 \text{ N/mm}^2$ (MPa) : Çelik malzemesi elastisite modülü
- $P_n = F_{cr} \times A_g$, (E3-1) (ANSI/AISC 360-10)
- P_n : Nominal basınç dayanımı,
- F_{cr} : Burkulmaya esas kritik akma gerilmesi,

$$\bullet \frac{K.L}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{veya} \quad \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25 \quad (E3-2) \quad (\text{ANSI/AISC 360-10})$$

$$\bullet F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] \cdot F_y \quad (E3-2) \quad (\text{ANSI/AISC 360-10})$$

$$\bullet \frac{K.L}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{veya} \quad \frac{F_y}{F_e} > 2.25 \quad (E3-3) \quad (\text{ANSI/AISC 360-10})$$

$$\bullet F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K.L}{r}\right)^2} \quad (E3-4) \quad (\text{ANSI/AISC 360-10})$$

$$\bullet F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{K.L}{r}\right)^2} \quad (E3-4) \quad (\text{ANSI/AISC 360-10})$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(107,02)^2} = 172,34 \text{ Mpa} \quad (4.9)$$

$$\frac{K.L}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 107,02 \leq 4.71 \sqrt{\frac{200000}{235}} = 137,4 \quad (4.10)$$

koşulu sağlanmıştır.

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] \cdot F_y = 132,8 \text{ MPa} \quad (4.11)$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g = 132,8 \text{ (MPa)} \times 17800 \text{ (mm}^2\text{)} \times 10^{-3} = 2363,87 \text{ KN} \quad (4.12)$$

$$P_c = P_n \times \phi_c = 2363,87 \times 0,9 = 2127,48 \text{ KN} \quad (4.13)$$

$$M_n = F_y \times Z_x = 235 \times 3216000 = 755,76 \text{ KN.m} \quad (4.14)$$

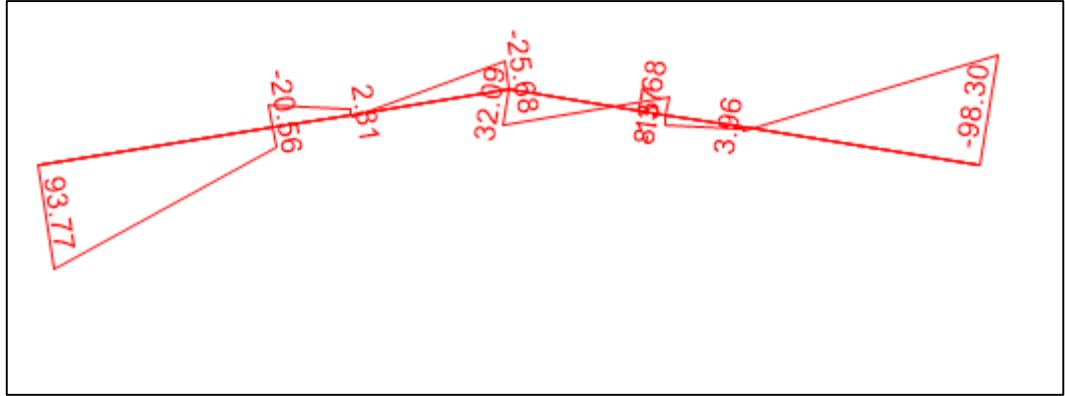
$$M_c = M_n \times \phi_b = 755,76 \times 0,9 = 680,184 \text{ KN.m} \quad (4.15)$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{655,27}{2127,48} = 0,308 > 0,2 \text{ olduğundan,} \quad (4.16)$$

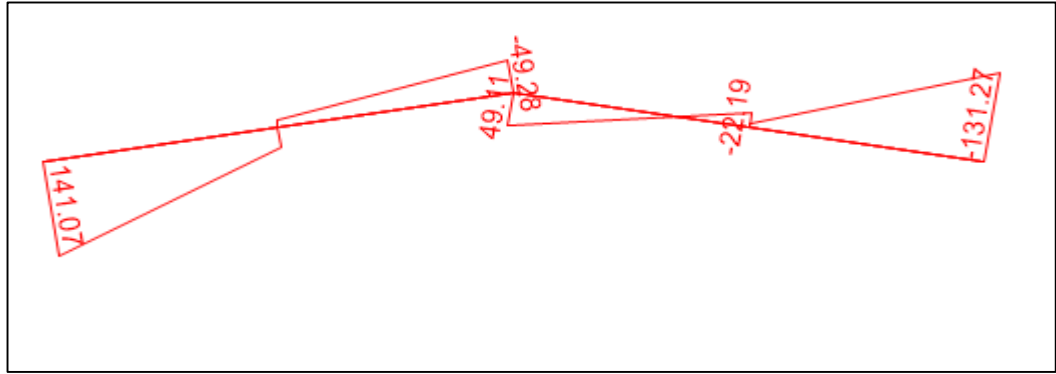
$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right] = 0,794 \leq 1 \quad (4.17)$$

koşulu sağlanmıştır ve kolon elemanı dayanım şartını sağlamıştır

4.3.5. Kiriş Elemanlarında Dayanım Kontrolü



Şekil 4.24: D+CD+E+0.25S Kombinasyonunda Moment(3-3) Diyagramı (KN.m)



Şekil 4.25: 1.25D+1.4Wx Kombinasyonunda Moment(3-3) Diyagramı (KN.m)

Tablo 4.13 : IPE 450 kiriş profiline ait kesit özellikleri

IPE 450		
Kesit Alanı(cm ²)	:	98.8
Atalet Momenti I _x (cm ⁴)	:	33740
Atalet Momenti I _y (cm ⁴)	:	1676
Mukavemet Momenti(x eksenini cm ³)	:	1499.5
Mukavemet Momenti(y eksenini cm ³)	:	176.42
Plastik Mukavemet Momenti(x eksenini cm ³)	:	1702
Plastik Mukavemet Momenti(y eksenini cm ³)	:	276
Atalet Yarıçapı (x eksenini cm)	:	18.47
Atalet Yarıçapı (y eksenini cm)	:	4.11
Kesme Alanı X yönü(cm ²)	:	42.3
Kesme Alanı Y yönü(cm ²)	:	66.7

$$M_n \times \Phi_b \geq M_a \quad \Phi_b = 0.9 \text{ (LRFD)} \quad (4.18)$$

- M_a = Kiriş elemanında oluşan maksimum eğilme momenti (KN.m)
- M_n = Kiriş elemanının nominal eğilme dayanımı
- F_y = 235 MPa kiriş eleman akma dayanımı
- Z_x = Plastik mukavemet modülü

$$M_n = F_y \times Z_x \quad (4.19)$$

Tablo 4.13 : IPE 450 Kiriş elemanında dayanım kontrolü

Kat Seviyesi	M_a	Kesit	Z_x	$M_n = F_y \times Z_x$	$M_n \times \Phi_b$
(m)	(KN.m)		(mm ³)	(KN.m)	(KN.m)
15m.Kotu	141,07	IPE 450	1702000	603,35	359,97

141,07 KN.m < 359,97 KN.m olduğundan dolayı kiriş dayanımı yeterlidir. (4.20)

4.3.6.Çapraz Elemanın Boyutlandırılması

Burada cephe çapraz elemanı olarak seçilen Boru-D240 x 6mm profilinin dayanım kontrolü yapılacaktır.

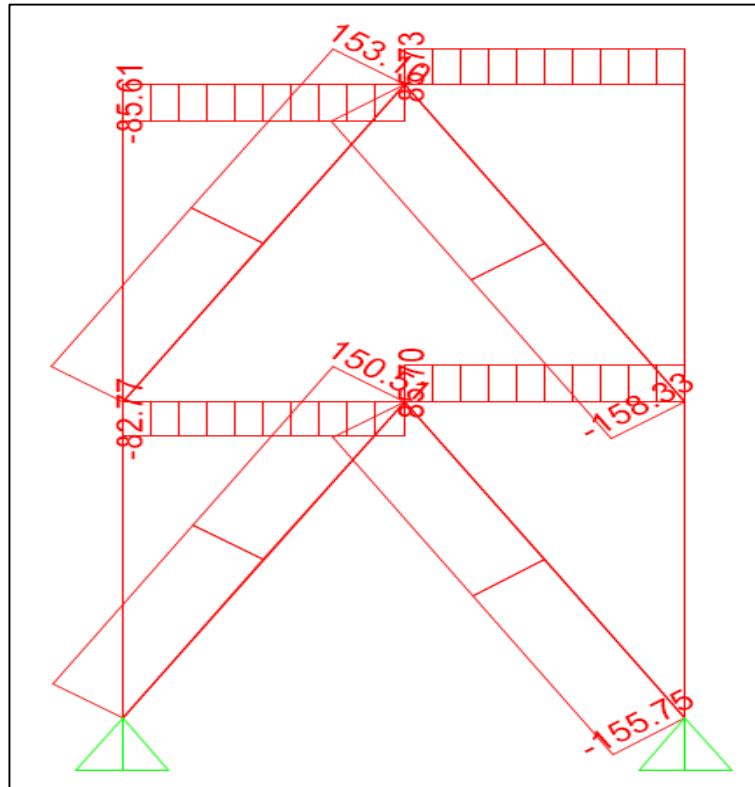
$$\frac{K.L}{r} \leq 4. \sqrt{\frac{E}{F_y}} = \frac{1 \times 9014}{82,7} \leq 4. \sqrt{\frac{200000}{235}} = 109,1 < 116,69 \quad (4.21)$$

Narinlik oranını sağlamıştır.

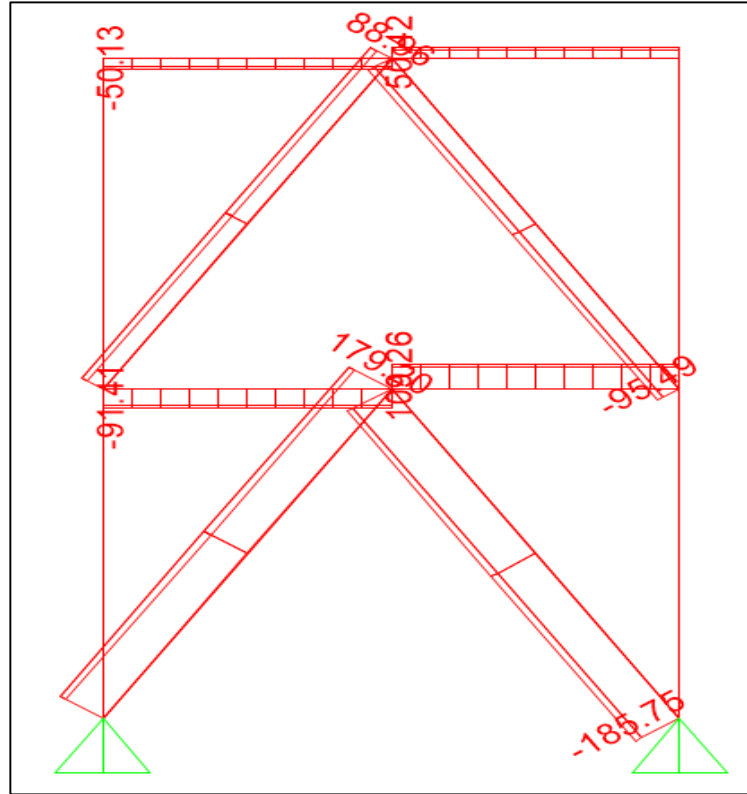
En Kesit Koşulları:

$$D/t < 0,05. \frac{E}{F_y} = \frac{240}{6} < \frac{200000}{235} \times 0,05 = 40 \leq 42,5 \quad (4.22)$$

- Süneklik düzeyi yüksek sistem. (DBYBHY -2007 Tablo 4.3)



Şekil 4.26: D+CD+EY+0.25S kombinasyonu eksenel kuvvet diyagramı (KN)



Şekil 4.27: 1.25D+1.5C1+0.4WY kombinasyonu eksenel kuvvet diyagramı (KN)

Tablo 4.14: Boru-D240*6 profiline ait kesit özellikleri

BORU-D240*6		
Kesit Alanı(cm ²)	:	44.108
Atalet Yarıçapı (x eksen cm)	:	8.27
Atalet Yarıçapı (y eksen cm)	:	8.27

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (4.23)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{\left(\frac{1 \times 9014}{82,7}\right)^2} = 166,15 \text{ MPa} \quad (4.24)$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] \times F_y = \left[0.658^{\frac{235}{166,15}} \right] \times 235 = 130 \text{ MPa} \quad (4.25)$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g = 130 \text{ (MPa)} \times 4410,08 \text{ (mm}^2\text{)} \times 10^{-3} = 573,31 \text{ KN} \quad (4.26)$$

$$P_n \times \phi_c = 573,31 \times 0,9 = 515,97 > 185,76 \text{ KN max. eksenel kuvvet} \quad (4.27)$$

Çapraz eleman burkulmaya esas dayanım şartını sağlamıştır.

4.3.7. Kren Yolu Kirişi Dayanım ve Sehim Kontrolü



Şekil 4.28: Kren yolu kirişinde meydana gelen maksimum moment M_a , (KN.m).

$$M_a = 930,39 \text{ KN.m} \quad (4.28)$$

$$M_n \times \Phi_b \geq M_a \quad \Phi_b = 0.9 \text{ (LRFD)} \quad (4.29)$$

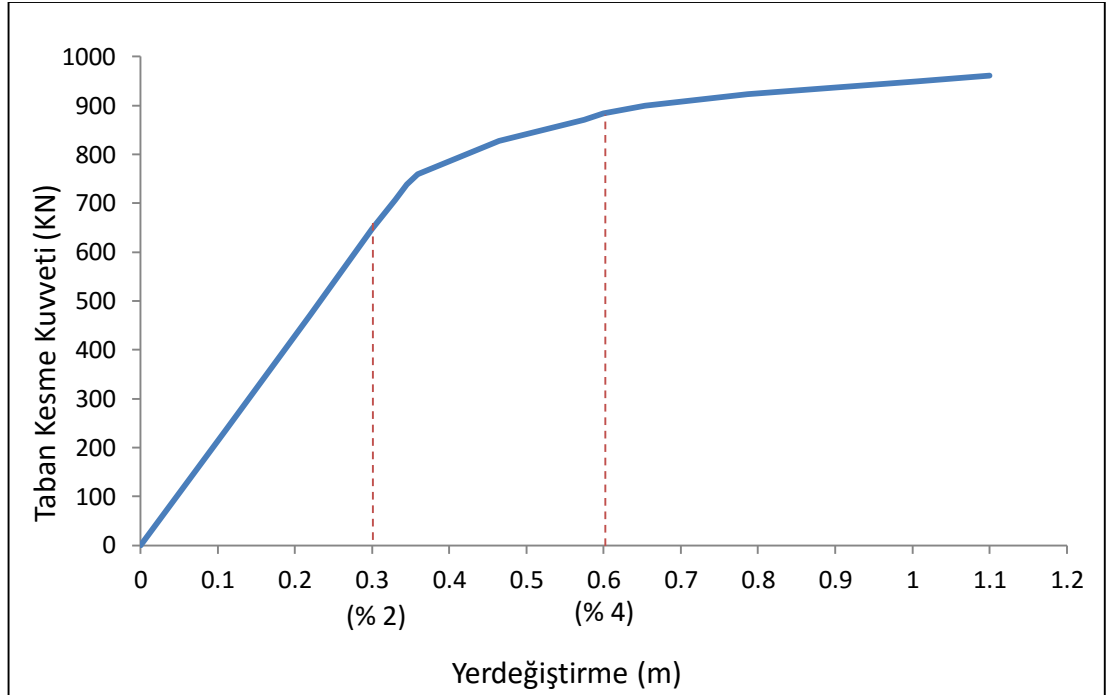
- M_a = Kiriş elemanında oluşan maksimum eğilme momenti (KN.m)
- M_n = Kiriş elemanının nominal eğilme dayanımı
- $F_y = 235 \text{ MPa}$ kiriş elemanının akma dayanımı
- Z_x = Plastik mukavemet modülü
- $Z_x = 12580000 \text{ mm}^3$
- $M_n = 235 \text{ MPa} \times 12580000 \text{ mm}^3 = 2.956,3 \text{ KN.m}$
- $M_n \times \Phi_b = 2.956,3 \times 0,9 = 2.660,67 \text{ KN.m} > 930,39$ şartını sağlamıştır.
- Kren kirişinde meydana gelen maksimum sehim miktarı 14,2 mm olduğu belirlenmiştir.
- $L/600 = 10000/14,2 \text{ mm} = L/704$ olduğundan sehim şartını sağlamıştır.

Tablo 4.15: Yapıda kullanılan nihai kesitler.

Eleman	Kesit
Kolonlar	HEA 450
Çatı Kirişleri	IPE 450
Cephe Çapraz Elemanlar	Boru-D240 x 6mm
Çatı Çapraz Elemanlar	Boru-D168,3 x 4mm
Çatı Stabilite Elemanlar	Boru-D168,3 x 4mm
Cephe Stabilite Elemanlar	Boru-D168,3 x 4mm
Kren Kirişi	HEB 900

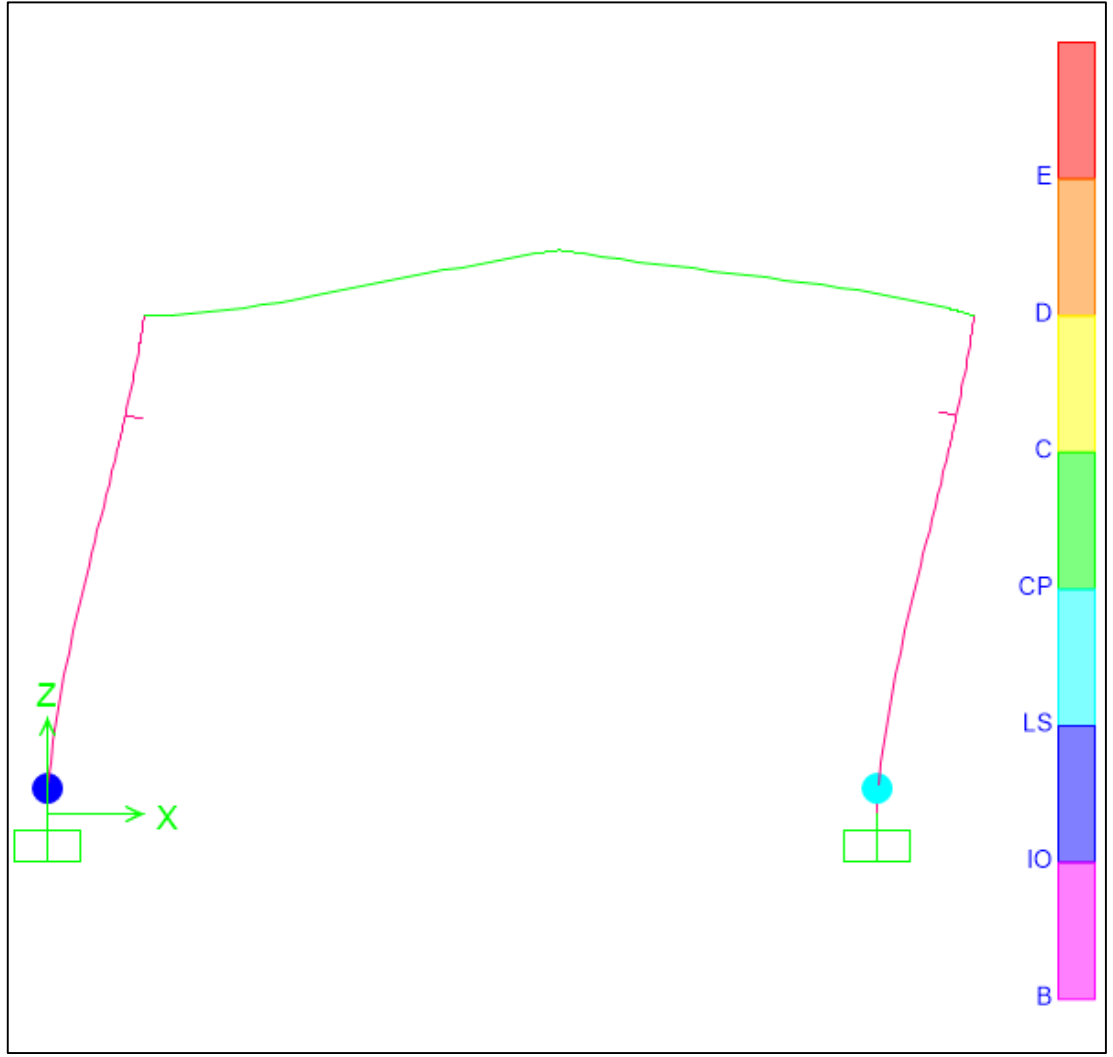
4.3.8. Yapı X Yönü İtme (Push-over) Analizi

Bu bölümde yapının doğrusal olmayan davranışını ve performans noktalarını belirlemek amacıyla x ve y yönlerinde itme analizine tabi tutulmuştur. İlk aşama yapı x yönünde “FEMA 356 Coefficient Method” doğrultusunda başlangıçta 1,1 m yer değiştirmeye maruz bırakılmıştır ve hedef yerdeğiştirme elde edilmiştir. Daha sonra talep edilen yerdeğiştirme kadar yapı tekrar itme analizine tabi tutularak yapının performans noktaları belirlenmiştir [33].



Şekil 4.29: X yönü itme eğrisi- hedef yer değıştirme grafiğı.

Şekil 4.29'dan görüleceğı üzere yapının yer değıştirme talebi 0,365 m olarak belirlenmiştir. Yapının %2 ve %4'lük kat ötelemesine karşılık gelen yer değıştirmeler kapasite eğrisi üzerinde gösterilmiştir. Yapı X yönünde 0,365 m itme analizine maruz bırakılarak yapının performans noktaları ve yapı da plastik mafsalların oluşması muhtemel yerleri belirlenecektir. Bununla birlikte itme eğrisi ile yapının x yönünde deprem hareketinden dolayı oluşan yer değıştirmeler karşılaştırılacaktır.

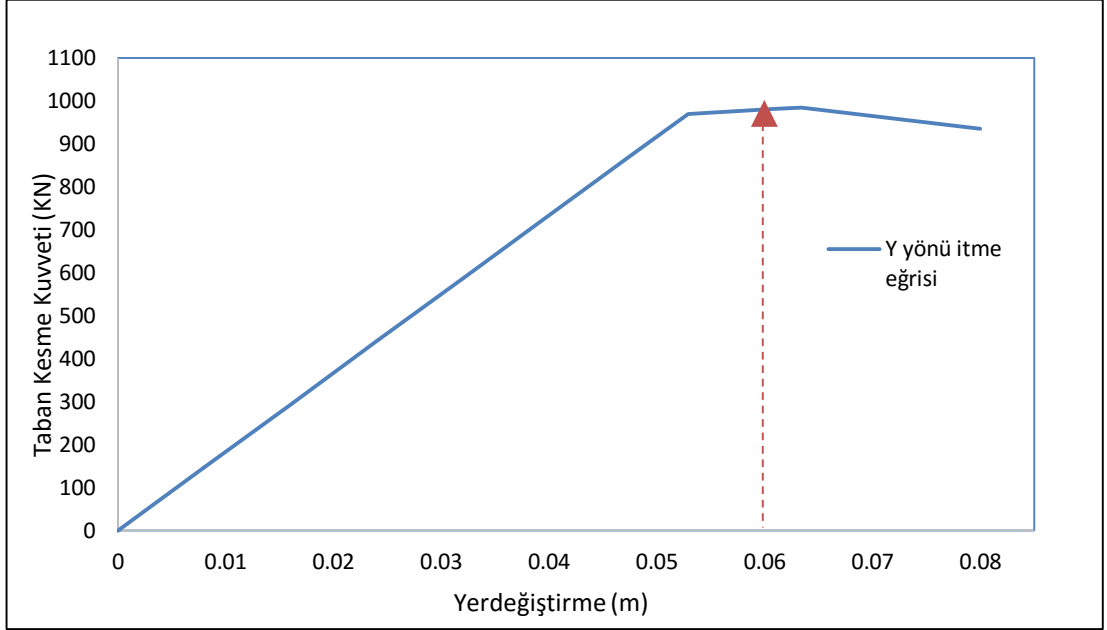


Şekil 4.30: X yönü itme analizi sonucu yapı genel durumu.

Şekil 4.29 ve 4.30 den anlaşılacağı üzere yapı X yönünde talep edilen yer değiştirme miktarı kadar 0,365 m itme analizine maruz bırakıldığında yapının kolon alt uçlarında plastik mafsall oluşumu gözlenmiştir. FEMA 356'a göre yapı x yönünde can güvenliği performans seviyesini sağlamıştır.

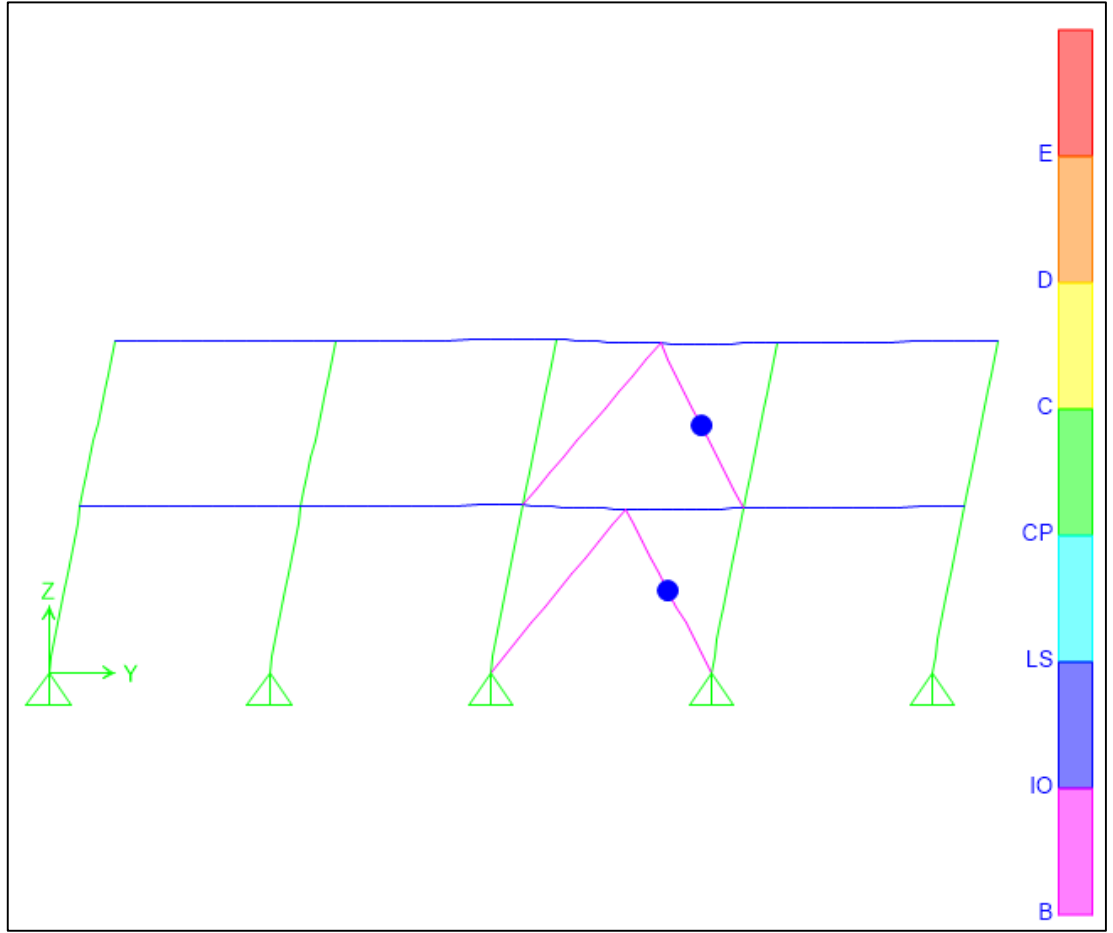
4.3.9. Yapı Y Yönü İtme (Push-over) Analizi

Burada yapı y yönünde 0,08m başlangıç yer değiştirmeye maruz bırakılmıştır ve hedef yer değiştirme elde edilmiştir.



Şekil 4.31: Y yönü itme eğrisi- hedef yer değiştirme grafiği.

Şekil 4.31 den görüleceği üzere yapının y yönü yer değiştirme talebi 0,06m olarak bulunmuştur. Yapı y yönünde 0,06m itme analizine maruz bırakılarak yapının performans noktaları ve yapı da plastik mafsalların oluşması muhtemel yerleri belirlenecektir.



Şekil 4.32: Y yönü itme analizi sonucu yapı genel durumu.

Şekil 4.31 ve 4.32 den anlaşılacağı üzere yapı Y yönünde talep edilen yer değiştirme miktarı kadar 0,06 m itme analizine maruz bırakıldığında çapraz elemanlarda plastik mafsall oluşumu gözlenmiştir. FEMA 356'a göre yapı y yönünde can güvenliği performans seviyesini sağlamıştır.

4.4. Analiz Sonuçları

3 boyutlu model olarak tasarlanan 25 m. eninde ve 40 m. uzunluğunda 10 m. aks aralıkları ile içerisinde 22 ton kapasiteli kren bulunan endüstri yapısının statik ve dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Endüstri yapısının kolon, çatı kirişi ve cephe düşey çapraz elemanlarında dayanım kontrolleri yapılmıştır ve emniyetli kesitlere ulaşılmıştır. Yapının her iki yönünde görelî kat ötelemesi sınır koşulları yerine getirilerek TDY-2007’de belirtilen sınırlar içerisinde kalması sağlanmıştır. Endüstri yapısına X ve Y yönlerinde itme analizleri yapılarak performans noktaları belirlenmiştir. Yapı x yönünde kolon elemanlarının taban kısımlarında belirlenen hedef yer değıştirme noktasında plastik mafsall oluşumu gözlemlenmiştir ve DBYBHY-07’nin 50 yıllık süre içerisinde aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi için tanımladığı minimum performans hedefi olan “Can Güvenliğı” performans hedefini sağlamaktadır. Yapı y yönünde çapraz elemanlarının orta noktalarında belirlenen hedef yer değıştirme noktasında plastik mafsall oluşumu gözlemlenmiştir ve DBYBHY-07’nin 50 yıllık süre içerisinde aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi için tanımladığı minimum performans hedefi olan “Can Güvenliğı” performans hedefini sağlamaktadır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada bina türü ve bina türü olmayan endüstri yapılarının ve özellikle son yıllarda çokça yaygın olarak kullanılmaya başlanılan krenli endüstri yapılarının tasarım esasları ve deprem performansları araştırılmıştır ve örnek bir çalışma ile bazı sonuçlara ulaşılmıştır ve aşağıda belirtilmiştir.

- Yapı moment çerçevesi taşıyıcı kolon elemanlarının taban kısımlarında, çaprazlı çerçeve çapraz elemanlarının orta noktalarında, belirlenen hedef yer değiştirme noktasında plastik mafsalları oluşumu gözlemlenmiştir.
- Yapının taşıyıcı kolon, çatı kirişi ve çapraz elemanları standartlarda belirtilen dayanım kriterlerini sağlamıştır ve emniyetli kesitlere ulaşmıştır.
- Krenli endüstri yapısı DBYBHY-07’de 50 yıllık süre içerisinde aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi için tanımladığı minimum performans hedefi olan “Can Güvenliği” performans hedefini sağlamaktadır.
- Yapı kolon üst kotu olan 15.0m.’de DBYBHY-07’de belirtilen göreceli kat ötelemesi sınır koşullarını sağlamıştır. Kren seviyesi 12.0m. kot’unda ekipmanların emniyetli hareketini sağlamak amacıyla standartlarda tavsiye edilen $h/240$ yer değiştirme sınır koşulları da sağlanmıştır.

Bu çalışmada sadece B grubu zemin sınıfı için eşdeğer statik deprem yükü yöntemi kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir ve dolayısıyla sonuçlar bütünüyle genelleştirilemez. Farklı zemin sınıfları dahil edilerek ve response spektrum yöntemi ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleri kullanılarak çalışmalar genişletilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Öztürk Z., (2009), “Çelik Yapılar Kısa Bilgi ve Çözölmüş Problemler”, 5. Baskı, Birsen Yayınevi.
- [2] Akbas B., (2011), “Endüstriyel Çelik Yapıların Sismik Detaylandırılması”, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 1-18, Ankara, Çankaya, Türkiye, 11-14 Ekim.
- [3] Shen, J., (2011), “Seismic Design of Steel Buildings Using AISC Seismic Provisions”, Class Notes, CAE 525, Illinois Institute of Technology.
- [4] Sezen H., Whittaker Andrew S., (2004), “Performance of Industrial Facilities During The 1999 Kocaeli, Turkey Earthquake”, 13th World Conference on Earthquake Engineering, 1-14, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6.
- [5] An EQE Briefing “Izmit, Turkey Earthquake of August 17, 1999 (M7.4)”, Engineering-Consulting-Information Services.
- [6] Uckan E., Akbas B., Shen J., Wen R., Turandar K., Erdik M., (2011) “Seismic performance of elevated steel silos during Van earthquake”, Nat Hazards DOI 10.1007/s11069-014-1319-9, 1-23.
- [7] Richard J., Koboevic S., Tremblay R. (2011), “Seismic Design and Response of Crane- Supporting and Heavy Industrial Steel Structures”, Engineering Journal/ Third Quarter, 2011(205), 1-20.
- [8] Bendimerad F., Jonhson L., Coburn A., Rahmana M., Morrow G. (1999), “Kocaeli, Turkey Earthquake, Event Report”, Risk Management Solutions, Inc., Menlo Park, CA., USA.
- [9] Rahnama M., Morrow G., (2000), “Performance of Industrial Facilities in the August 17, 1999, Izmit Earthquake”, 12th World Conference on Earthquake Engineering, 1-8, Auckland, New Zealand.
- [10] Sezen H., Elwood K.J., Whittaker A.S., Mosalam K.M., Wallace J.W., Stanton J.F., (2000), “Structural Engineering Reconnaissance of the August 17, 1999, Kocaeli (Izmit), Turkey, Earthquake”, Peer Report No. 2000/09, Peer Center, University of California, Berkeley, CA.
- [11] Jonhson G.S., Ascheim A., Sezen M. (2000), “Industrial Facilities”, Earthquake Spectra, 311-350.
- [12] Tremblay R., Timler P., Bruneau M., Filiatrault A., (1995), “Performance of Steel Structures During the 1994 Northridge Earthquake”, Canadian Journal of Civil Engineering.

- [13] Yanev P., (1989), "Performance of Industrial Facilities", Earthquake Spectra, No. S1.
- [14] Swan S.W., Hamburger R.O., (1991), "Industrial Facilities", Earthquake Spectra.
- [15] Thiel C., (Ed.) (1986), "The Chile Earthquake of March 3, 1985, Industrial Facilities", Earthquake Spectra.
- [16] Swan S.W., Wesselink L., Bachman R.E., Malik L., Eli M., Porush A. (1990), "Industrial Facilities", Earthquake Spectra.
- [17] Erdik M., Report on 1999 Kocaeli Düzce (Turkey) Earthquakes. Bogazici University, Dept. Of Earthquake Engineering, Turkey.
- [18] Rolfes J.A., MacCrimmon R.A., (2007), "Industrial Building Design Seismic Issues", Iron and Steel Technology.
- [19] Daali M., (2004), "Industrial Facilities and Earthquake Engineering", 13th World Conference on Earthquake Engineering, 1-6, Vancouver, B.C., Canada.
- [20] MacCrimmon R.A., (2012), "Guide For The Design Of Crane-Supporting Steel Structures", CISC- Canadian Institute of Steel Construction.
- [21] ASCE/SEI (2010), Minimum Design Load for Building and Other Structures, ASCE/SEI 7-10, American Society of Civil Engineers.
- [22] AISE (2003), "Guide for the Design and Construction of Mill Buildings", AISE Technical Report No. 13, Association for Iron and Steel Technology, Pittsburgh, USA.
- [23] Fisher, J.M., (2004), "Design Guide 7 Industrial Buildings, Roofs to Anchors Rods", 2nd edition, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
- [24] KLYDHMİİDİTY, (2008) Kıyı Ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliği, KLYDHMİİDİTY 2008, Ulaştırma Bakanlığı.
- [25] SAP, (2010), Static and Dynamic Calculation Software, Structural Analysis Program.
- [26] TS, (1997), Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TS 498, Türk Standartları Enstitüsü.
- [27] IBC, (2012), International Building Code, IBC 2012, International Code Council.
- [28] ANSI/AISC, (2010), Specification for Structural Steel Buildings, ANSI/AISC 360-10, American Institute of Steel Construction.

- [29] DBYBHY, (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, DBYBHY 07, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2. Baskı, İstanbul.
- [30] AISC/LRFD, (1999), Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings, AISC/LRFD-99, American Institute of Steel Construction.
- [31] ANSI/AISC, (2010), Seismic provisions for Structural Steel Buildings, ANSI/AISC 341-10, American Institute of Steel Construction.
- [32] TS, (1980), Çelik Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları, TS 648, Türk Standartları Enstitüsü.
- [33] FEMA, (2000), Prestandard and Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings, FEMA 356, Federal Emergency Management Agency,.

ÖZGEÇMİŞ

Osman Ali KORKMAZ, 1988 yılında İstanbul'un Üsküdar ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Pendik de tamamladı. 2007 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümüne başladı ve 2011 yılında lisans eğitimini tamamladı. 2011 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deprem ve Yapı Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Şu anda İstanbul/Tuzla da özel bir şirkette tasarım mühendisi olarak çalışmaktadır.