



**FARKLI YÖNTEMLERLE ÜRETİLMİŞ ÇELİK YAYA ÜST
GEÇİTLERİNİN 2018-ÇYTHYE'YE GÖRE UYGUNLUĞUNUN
ARAŞTIRILMASI; ANKARA İLİ ÖRNEĞİ**

Akın ÜNAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Akın ÜNAL

03/02/2021

FARKLI YÖNTEMLERLE ÜRETİLMİŞ ÇELİK YAYA ÜST GEÇİTLERİNİN 2018-
ÇYTHYE'YE GÖRE UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI; ANKARA İLİ ÖRNEĞİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Akın ÜNAL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Şubat 2021

ÖZET

Çelik yapı tasarımında ÇYTHYE-2018 yönetmeliği ile TS-648 standardında belirtilen hesaplamalar dikkate alınarak 2018 yılından önce yapılmış ve çelikten imal edilmiş üst geçitler araştırılmıştır. Çalışmada tasarım prensipleri, yük kombinasyonları, görelî kat ötelemeleri, TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 deprem yönetmelikleri kapsamında incelenmiş ve standart ve yönetmeliklerin zayıf ve güçlü yönleri üzerinde durulmuştur. Bu tez kapsamında, Ankara Büyükşehir Belediyesi (ABB) tarafından eski standart/yönetmeliklere göre statik projesi onaylanan ve imal edilen orta ayaklı, kemerli ve pylonlu olmak üzere üç ayrı tipteki çelik yaya üst geçit projesi incelenmiştir. Çelik üst geçitlerin hem yapıldığı yıldaki durumu hem de yeni yönetmelikteki (ÇYTHYE-2018) durumları araştırılmıştır. Analizde, inşaat mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan yapısal analiz programlarından SAP2000 programı kullanılmıştır. Tez çalışmasında üst geçitlerdeki iç kuvvetler, kapasite oranları ve düşey deplasman değerleri imal edildiği yıldaki yönetmelik/standartlarla karşılaştırılmış ve güncel yönetmeliklere göre çözüm önerileri hazırlanmıştır. Ayrıca, sistemlerin enkesit koşulları ve kapasite oranı sınırlarına göre kesitler düzenlenmiş ve tonaj hesaplaması yapılmıştır. Sonuçta, güncel standart/yönetmeliklerle yapılan analize göre üç sistemin de iç kuvvetlerinde artış ve kapasite oranlarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Sistemlerde en yüksek iç kuvvetlerin olduğu ilk 6 eleman grubuna göre yapılan hesapta, kapasite kullanım oranı ortalama olarak %28 oranında azalmıştır. Yeni kesitlerin atandığı sistemlerin tonajlarında ortalama %20 oranında bir azalma olmuştur. Güncel standartlar/yönetmelikler büyük çoğunlukla kamu yararına yapılan çelik üst geçitlerin daha ekonomik olarak tasarlanabilmesine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda, yeni çelik yapılar yönetmeliğinin bu avantajlarıyla birlikte çelik yapıların eskiye göre daha çok tercih edilmesinde rol oynayacağı görülmektedir.

Bilim Kodu : 91103
Anahtar Kelimeler : Çelik yapı tasarımı, doğrusal analiz, SAP2000, üst geçit, çelik yapı
Sayfa Adedi : 146
Danışman : Doç. Dr. Gökhan DURMUŞ

INVESTIGATION OF THE SUITABILITY OF STEEL PEDESTRIAN OVERPASSES
PRODUCED WITH DIFFERENT METHODS TO ÇYTHYE-2018; THE SAMPLE OF
ANKARA CITY

(M. Sc. Thesis)

Akın ÜNAL

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2021

ABSTRACT

In the steel structure design, taking into account the calculations specified in the ÇYTHYE-2018 regulation and the TS-648 standard, overpasses made of steel and made before 2018 were investigated. In the study, design principles, load combinations, vertical displacements were examined within the scope of TBDY-2018 and DBYBHY-2007 earthquake regulations and the weaknesses and strengths of standards and regulations were emphasized. Within the scope of this thesis, three different types of steel pedestrian overpass projects, namely middle pedestal, arched and pylon, whose static project was approved and manufactured according to the old standards / regulations by Ankara Metropolitan Municipality were examined. Both the condition of the steel overpasses in the year they were built and their status in the new regulation (ÇYTHYE-2018) were investigated. In the analysis, SAP2000 program, one of the structural analysis programs widely used in civil engineering, was used. In the thesis study, the internal forces, capacity ratios and vertical displacement values of the overpasses were compared with the regulations / standards of the year they were manufactured and solution proposals were prepared according to the current regulations. In addition, sections were arranged according to the cross-section conditions and capacity ratio limits of the systems and tonnage calculation was made. As a result, according to the analysis made with the current standards / regulations, it was determined that the internal forces of all three systems increased and their capacity rates decreased. In the calculation made according to the first 6 element groups where the highest internal forces occur in the systems, the capacity utilization rate has decreased by 28% on average. There has been an average decrease of 20% in the tonnages of the systems where new sections are assigned. Current standards/regulations enable for more economical design of steel overpasses, which are mostly made for the public benefit. At the same time, with these advantages of the new steel structures regulation, it is seen that the steel structures will play a role in the preference of more than before.

Science Code : 91103

Key Words : Steel structure design, linear analysis, SAP2000, overpass, steel construction

Page Number : 146

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Gökhan DURMUŞ

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması boyunca bilgi ve tecrübelerini paylaşan, çalışmamın tamamlanması için katkıda bulunan ve yardımlarını esirgemeyen, araştırma ve yazım süresince bana yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gökhan DURMUŞ'a teşekkür eder ve saygılarımı sunarım. Ayrıca yüksek lisans tez jürime katılmış olan Doç. Dr. Alper BÜYÜKKARAGÖZ ve Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK'e teşekkür ederim. Aynı zamanda bu çalışma kapsamında incelenen projelerin temin edilmesi için gerekli izinleri veren Ankara Büyükşehir Belediyesi Fen İşleri Dairesi Başkanı Erol GÜNDÜZ ve Etüd ve Proje Şube Müdürü Ahmet Nazım AKKAYA'ya teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
3. ÇYTHYE-2018 YÖNETMELİĞİ ve TS-648 STANDARDINA GÖRE ÇELİK YAPILARIN İNCELENMESİ	13
3.1. Tasarımda Temel İlkeler	13
3.2. TS-648 Standardının Kapsamı.....	14
3.3. ÇYTHYE-2018'e Göre Tasarım Yöntemleri.....	14
3.3.1. Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım yöntemi (YDKT)	15
3.3.2. Güvenlik katsayıları ile tasarım yöntemi (GKT).....	15
3.4. TS-648'e Göre Tasarım Yöntemleri	15
3.4.1. Emniyet gerilmeleri yöntemi	16
3.5. Yük Kombinasyonları.....	16
3.5.1. ÇYTHYE-2018'e göre yük kombinasyonları	17
3.5.2. TS-648 standardına göre yük kombinasyonları.....	18
3.6. Çekme Kuvveti Etkisindeki Elemanların Tasarımı	18
3.6.1. ÇYTHYE-2018'e göre çekme elemanlarının tasarımı	19
3.6.2. TS-648'e göre çekme elemanlarının tasarımı.....	20
3.7. Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanların Tasarımı.....	20

	Sayfa
3.7.1. ÇYTHYE-2018'e göre basınç elemanlarının tasarımı	21
3.7.2. TS-648'e göre basınç elemanlarının tasarımı	23
3.8. Eğilme Etkisindeki Elemanların Tasarımı	26
3.8.1. ÇYTHYE-2018'e göre eğilme etkisindeki elemanların tasarım	26
3.8.2. TS-648'e göre eğilme etkisindeki elemanların tasarımı	28
3.9. Basınç ve Eğilme Kuvveti Etkisindeki Elemanların Tasarımı	30
3.9.1. ÇYTHYE-2018'e göre basınç ve eğilme etkisindeki elemanların tasarımı	30
3.9.2. TS-648'e göre basınç ve eğilme etkisindeki elemanların tasarımı	31
3.10. Kesme Kuvveti Etkisindeki Elemanların Tasarımı	34
3.11. Görelî Kat Ötelemeleri	34
3.11.1. ÇYTHYE-2018'e göre görelî kat ötelemeleri	35
3.11.2. TS-648'e göre görelî kat ötelemeleri	36
4. TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELEMESİ	37
4.1. Türk Deprem Yönetmeliklerinin Tarihçesi	37
4.2. TBDY-2018 ile DBYBHY-2007'nin Kapsam Bakımından Genel Değerlendirilmesi	38
4.3. Yerel Zemin Sınıfı	38
4.3.1. TBDY-2018'e göre zemin sınıfı belirlenmesi	38
4.3.2. DBYBHY-2007'ye göre zemin sınıfı	39
4.4. Deprem Tehlike Haritası ve Deprem Yer Hareketi Düzeyleri	40
4.4.1. TBDY-2018'e göre deprem tehlike haritası ve deprem yer hareketi düzeyleri	41
4.4.2. DBYBHY-2007'ye göre deprem tehlike haritası ve deprem yer hareketi düzeyleri	42
4.5. TBDY-2018'e Göre Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları	43
4.5.1. Harita spektral ivme katsayıları ve tasarım spektral ivme katsayıları	43
4.5.2. Yerel zemin etki katsayıları	43

	Sayfa
4.5.3. Yatay elastik tasarım spektrumu	44
4.6. DBYBHY-2007'ye Göre Spektral İvme Katsayısı	46
4.6.1. Etkin yer ivmesi katsayısı	46
4.6.2. Spektrum katsayısı	46
4.7. Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısı	47
4.7.1. TBDY-2018'e göre bina önem katsayılarının belirlenmesi	47
4.7.2. DBYBHY-2007'ye göre bina önem katsayılarının belirlenmesi	48
4.8. Deprem Tasarım Sınıfı	49
4.9. Bina Yükseklik Sınıfları	49
4.10. Tasarım Yaklaşımları	49
4.10.1. Dayanıma göre tasarım yöntemi	50
4.11. Doğrusal Hesap Yöntemleri	51
4.11.1. TBDY-2018'e göre hesap yönteminin seçimi	51
4.11.2. DBYBHY-2007'ye göre hesap yönteminin seçilmesi	52
4.12. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı ve Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları	52
4.12.1. Deprem yüğü azaltma katsayısı	52
4.12.2. TBDY-2018'e göre taşıyıcı sistem davranış katsayıları	53
4.12.3. DBYBHY-2007'ye göre taşıyıcı sistem davranış katsayıları	54
4.13. Bina Performans Düzeyleri	55
4.13.1. TBDY-2018'e göre bina performans düzeyleri	55
4.13.2. DBYBHY-2007'ye göre bina performans düzeyleri	57
5. ÇELİK ÜST GEÇİT PROJELERİ	59
5.1. Yük Hesapları	59
5.1.1. Ölü yüklerin belirlenmesi (DEAD)	60
5.1.2. Hareketli yükün belirlenmesi (LIVE)	60
5.1.3. Kar yükünün belirlenmesi (SNOW)	61

	Sayfa
5.1.4. Rüzgâr yükünün belirlenmesi (W_x , W_y).....	61
5.2. Orta Ayaklı Üst Geçit	62
5.2.1. Malzeme özellikleri	63
5.2.2. Profil kesitleri	63
5.2.3. Yüklerin analiz programına girilmesi.....	63
5.2.4. TS 648'e göre analiz sonucu	75
5.2.5. ÇYTHYE-2018'e göre analiz sonuçları	79
5.2.6. Eleman gruplarına göre normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin karşılaştırılması.....	82
5.2.7. Kapasite oranlarının karşılaştırılması	85
5.2.8. Düzenleme ve tonaj farkı.....	88
5.3. Kemer Tipi Üst Geçit.....	90
5.3.1. Malzeme özellikleri	90
5.3.2. Profil kesitleri	91
5.3.3. Yükleme görüntüleri.....	91
5.3.4. TS 648'e göre analiz sonucu	98
5.3.5. ÇYTHYE-2018'e göre analiz sonuçları	101
5.3.6. Eleman gruplarına göre normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin karşılaştırılması.....	103
5.3.7. Kapasite oranlarının karşılaştırılması	106
5.3.8. Düzenleme ve tonaj Farkı.....	108
5.4. Pilonlu Üst Geçit.....	110
5.4.1. Malzeme özellikleri	110
5.4.2. Profil kesitleri	111
5.4.3. Yükleme görüntüleri.....	111
5.4.4. TS-648'e göre analiz sonucu	118
5.4.5. ÇYTHYE-2018'e göre analiz sonuçları	121

Sayfa

5.4.6. Eleman gruplarına göre normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin karşılaştırılması.....	124
5.4.7. Kapasite oranlarının karşılaştırılması.....	127
5.4.8. Düzenleme ve tonaj farkı.....	130
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	133
KAYNAKLAR	135
EKLER.....	139
EK-1 ÇYTHYE-2018 TABLO 5.1B – Eğilme Momentinin Basınç Bileşeni Etkisindeki Enkesit Parçaları için Genişlik/Kalınlık Oranları.....	140
EK-2 TBDY-2018 Tablo 9.3’e göre Enkesit Koşulları	142
EK-3 Ankara Büyükşehir Belediyesine verilen proje talep dilekçesi ve temin edilen projeler için verilen izin.....	144
ÖZGEÇMİŞ	146

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. TS-648'e göre Fe-37 ve Fe-52 yapı çeliklerinin emniyetli gerilme değerleri	16
Çizelge 3.2. Ψ değerinin belirlenmesi	33
Çizelge 4.1. TBDY-2018'e göre yerel zemin sınıfları.....	39
Çizelge 4.2. DBYBHY-2007'ye göre Zemin Grupları.....	40
Çizelge 4.3. DBYBHY-2007'ye göre Yerel Zemin Sınıfları ve Zemin Grupları.....	40
Çizelge 4.4. TBDY-2018'e göre deprem yer hareketi düzeyi belirlenmesi	41
Çizelge 4.5. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları (Fs)	44
Çizelge 4.6. 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları (F1)	44
Çizelge 4.7. Etkin yer ivmesi katsayısı (A0) değerinin belirlenmesi	46
Çizelge 4.8. Spektrum karakteristik periyotları (TA, TB)	47
Çizelge 4.9. TBDY-2018'e göre bina önem katsayısının belirlenmesi	48
Çizelge 4.10. DBYBHY-2007'ye göre bina önem katsayısının belirlenmesi	48
Çizelge 4.11. TBDY-2018'e göre deprem tasarım sınıfları (DTS)	49
Çizelge 4.12. TBDY-2018'e göre bina yükseklik sınıfları ve yükseklik aralıkları	49
Çizelge 4.13. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabildiği binalar	52
Çizelge 4.14. Deprem bölgesi, bina türü ve toplam yükseklik sınırı	52
Çizelge 4.15. Çelik bina için R, D ve BYS değerleri	53
Çizelge 4.16. DBYBHY-2007'ye göre taşıyıcı sistem davranış katsayıları.....	55
Çizelge 4.17. TBDY-2018'e göre bina performans düzeyleri	55
Çizelge 4.18. Yeni yapılacak çelik yapıların performans hedef ve yaklaşımları.....	56
Çizelge 4.19. Yüksek binaların performans hedefleri ve tasarım yaklaşımlar	56
Çizelge 4.20. Çelik, Betonarme ve Prefabrik binaların performans hedef ve yaklaşımları	56
Çizelge 4.21. DBYBHY-2007'ye göre bina performans düzeyleri	57
Çizelge 5.1. TS-498'e göre hareketli yük hesap değerleri	60

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.2. TS 498'e göre zati kar yükü hesap değerleri (kN/m ²)	61
Çizelge 5.3. TS-498'e göre rüzgâr yükünün belirlenmesi	61
Çizelge 5.4. Malzeme özellikleri	63
Çizelge 5.5. TS-498'e göre rüzgâr yükünün belirlenmesi	67
Çizelge 5.6. TS EN 1991-1-4'e göre arazi kategorileri ve arazi parametreleri	71
Çizelge 5.7. Ankara ilinin ilçelerine göre deprem bölge sınıfları tablosu	73
Çizelge 5.8. Seçili koordinatlara ait deprem parametreleri.....	74
Çizelge 5.9. AISC-ASD89'a göre maksimum iç kuvvetler	77
Çizelge 5.10. AISC-ASD89'a göre maksimum kapasite oranları	78
Çizelge 5.11. TS-648'e göre düşey deplasman kontrolü	78
Çizelge 5.12. AISC 360-10'a göre maksimum iç kuvvetler.....	80
Çizelge 5.13. AISC 360-10'a göre maksimum kapasite oranları	81
Çizelge 5.14. ÇYTHYE-2018'e göre düşey deplasman kontrolü.....	82
Çizelge 5.15. Kesitlerin ekonomiklik bakımından düzenlenmesi	89
Çizelge 5.16. Malzeme özellikleri	90
Çizelge 5.17. Seçili koordinatlara ait deprem parametreleri.....	97
Çizelge 5.18. AISC-ASD89'a göre maksimum iç kuvvetler	99
Çizelge 5.19. AISC-ASD89'a göre maksimum kapasite oranları	100
Çizelge 5.20. TS-648'e göre düşey deplasman kontrolü	100
Çizelge 5.21. AISC 360-10'a göre maksimum iç kuvvetler.....	101
Çizelge 5.22. AISC 360-10'a göre maksimum kapasite oranları	102
Çizelge 5.23. TBDY-2018'e göre düşey deplasman kontrolü.....	103
Çizelge 5.24. Kesitlerin ekonomiklik bakımından düzenlenmesi	109
Çizelge 5.25. Malzeme özellikleri	110
Çizelge 5.26. Seçili koordinatlara ait deprem parametreleri.....	117
Çizelge 5.27. AISC-ASD89'a göre maksimum iç kuvvetler	119

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.28. AISC-ASD89'a göre maksimum kapasite oranları	120
Çizelge 5.29. TS-648'e göre düşey deplasman kontrolü	121
Çizelge 5.30. AISC 360-10'a göre maksimum iç kuvvetler	122
Çizelge 5.31. AISC 360-10'a göre maksimum kapasite oranları	123
Çizelge 5.32. TBDY-2018'e göre düşey deplasman kontrolü	124
Çizelge 5.33. Kesitlerin ekonomiklik bakımından düzenlenmesi	131

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. YDKT ve GKT yöntemleri için tasarım dayanımları	14
Şekil 3.2. Basınç elemanlarında burkulma boyları	23
Şekil 3.3. Burkulma boyu hesabındaki K burkulma katsayısı nomogramları	24
Şekil 4.1. AFAD'ın hazırlamış olduğu interaktif web uygulaması görüntüsü	41
Şekil 4.2. DBYBHY-2007'ye göre deprem tehlike haritası	42
Şekil 4.3. TBDY-2018'e göre yatay elastik tasarım ivme spektrumu grafiği	45
Şekil 4.4. TBDY-2018'e göre düşey elastik tasarım spektrumu grafiği.....	46
Şekil 4.5. Dayanıma göre tasarımda üç temel bileşen	50
Şekil 5.1. TS 498'e göre rüzgâr yükünün dağıtımı	62
Şekil 5.2. Orta ayaklı çelik köprünün SAP 2000 görünüşü	62
Şekil 5.3. Ölü yük çubuk elemanlarda (kN/m)	64
Şekil 5.4. Hareketli yük çubuk/kabuk elemanlarda görünüşü	65
Şekil 5.5. Kar yükünün çubuk ve kabuk elemanlarda görünüşü.....	66
Şekil 5.6. Rüzgâr yükü (W_x , kN/m)	68
Şekil 5.7. Rüzgâr yükü (W_y , kN/m)	69
Şekil 5.8. TS EN 1991-1-4 standardına göre rüzgâr basıncı profilinin şekli.....	69
Şekil 5.9. Sıcaklık farkları (a) Çubuk elemanlarda T^+ (b) Kabuk elemanlarda T^+ (c) Çubuk elemanlarda T^- (d) Kabuk elemanlarda T^-	72
Şekil 5.10. Ankara deprem tehlike haritası	73
Şekil 5.11. DBYBHY-2007'ye ait deprem parametreleri.....	74
Şekil 5.12. TBDY-2018'e ait deprem parametreleri.....	75
Şekil 5.13. Orta ayaklı üst geçitte mesnetler.....	75
Şekil 5.14. SAP2000 programında AISC-ASD89 için ön ayarlar	76
Şekil 5.15. AISC-ASD89'a göre 3 boyutlu analiz modeli.....	76
Şekil 5.16. SAP2000 programında AISC 360-10 için ön ayarlar	79

Şekil	Sayfa
Şekil 5.17. AISC 360-10'a göre 3 boyutlu analiz modeli.....	79
Şekil 5.18. Ana kolon elemanları için iç kuvvetler.....	82
Şekil 5.19. Platform elemanları için iç kuvvetler	83
Şekil 5.20. Asansör kulesi elemanları için iç kuvvetler.....	83
Şekil 5.21. Merdiven elemanları için iç kuvvetler	84
Şekil 5.22. Bağlantı elemanları için iç kuvvetler	84
Şekil 5.23. Kaplama için iç kuvvetler.....	85
Şekil 5.24. Ana kolon elemanları için kapasite oranları	86
Şekil 5.25. Platform elemanları için kapasite oranları	86
Şekil 5.26. Asansör kulesi elemanları için kapasite oranları	87
Şekil 5.27. Merdiven elemanları için kapasite oranları	87
Şekil 5.28. Bağlantı elemanları için kapasite oranları	88
Şekil 5.29. Orta ayaklı üst geçit için tonaj değerleri.....	89
Şekil 5.30. Sistemin 3D görüntüsü	90
Şekil 5.31. Sisteme tanımlanan ölü yüklerin görüntüsü	92
Şekil 5.32. Sisteme tanımlanan hareketli yüklerin görüntüsü.....	92
Şekil 5.33. Sisteme tanımlanan kar yükünün görüntüsü.....	93
Şekil 5.34. Sisteme tanımlanan sıcaklık yükünün görüntüsü (T+)	93
Şekil 5.35. Sisteme tanımlanan sıcaklık yükünün görüntüsü (T-)	94
Şekil 5.36. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (W _x)	94
Şekil 5.37. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (W _y)	95
Şekil 5.38. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (-W _x).....	95
Şekil 5.39. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (-W _y).....	96
Şekil 5.40. DBYBHY-2007'ye ait deprem parametreleri.....	96
Şekil 5.41. TBDY-2018'e ait deprem parametreleri.....	97
Şekil 5.42. Kemer tipi üst geçit için mesnet koşulları	98

Şekil	Sayfa
Şekil 5.43. AISC-ASD89'a göre 3 boyutlu analiz görüntüsü.....	98
Şekil 5.44. AISC 360-10'a göre 3 boyutlu analiz modeli.....	101
Şekil 5.45. Kemer elemanları için iç kuvvetler.....	103
Şekil 5.46. Platform elemanları için iç kuvvetler	104
Şekil 5.47. Asansör kulesi elemanları için iç kuvvetler	104
Şekil 5.48. Merdiven elemanları için iç kuvvetler	105
Şekil 5.49. Kemer elemanları için kapasite oranları	106
Şekil 5.50. Platform elemanları için kapasite oranları	107
Şekil 5.51. Asansör kulesi elemanları için kapasite oranları	107
Şekil 5.52. Merdiven elemanları için kapasite oranları	108
Şekil 5.53. Kemer tipi üst geçit için tonaj değerleri	109
Şekil 5.54. Sistemin 3D görüntüsü	110
Şekil 5.55. Sisteme tanımlanan ölü yüklerin görüntüsü	112
Şekil 5.56. Sisteme tanımlanan hareketli yüklerin görüntüsü.....	112
Şekil 5.57. Sisteme tanımlanan kar yükünün görüntüsü.....	113
Şekil 5.58. Sisteme tanımlanan sıcaklık yükünün görüntüsü (T+)	113
Şekil 5.59. Sisteme tanımlanan sıcaklık yükünün görüntüsü (T-)	114
Şekil 5.60. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (W _x)	114
Şekil 5.61. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (W _y)	115
Şekil 5.62. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (-W _x).....	115
Şekil 5.63. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (-W _y).....	116
Şekil 5.64. DBYBHY-2007'ye ait deprem parametreleri.....	116
Şekil 5.65. TBDY-2018'e ait deprem parametreleri.....	117
Şekil 5.66. Pilonlu sistem için mesnet koşulları	118
Şekil 5.67. AISC-ASD89'a göre 3 boyutlu analiz görüntüsü.....	119
Şekil 5.68. AISC 360-10'a göre 3 boyutlu analiz modeli.....	122

Şekil	Sayfa
Şekil 5.69. Kule elemanları iç kuvvetler.....	124
Şekil 5.70. Platform elemanları için iç kuvvetler	125
Şekil 5.71. Kolon elemanları için iç kuvvetler	125
Şekil 5.72. Asansör kulesi elemanları için iç kuvvetler.....	126
Şekil 5.73. Merdiven elemanları için iç kuvvetler	127
Şekil 5.74. Kule elemanları için kapasite oranları	128
Şekil 5.75. Platform elemanları için kapasite oranları	128
Şekil 5.76. Kolon elemanları için kapasite oranları	129
Şekil 5.77. Asansör kulesi elemanları için kapasite oranları	129
Şekil 5.78. Merdiven elemanları için kapasite oranları	130
Şekil 5.79. Pilonlu üst geçit için tonaj değerleri	131

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
A_e	Etkin net enkesit alanı, cm^2
A_g	Kayıpsız enkesit alanı, cm^2
$A(T)$	Spektral ivme katsayısı
A_0	Etkin yer ivmesi katsayısı
C_b	Moment düzeltme katsayısı
D	Dayanım fazlalığı katsayısı
E	Elastisite modülü, MPa
F	Elemanın kesit alanı, cm^2
F_b	Basınç başlığının enkesit alanı, cm^2
F_{cr}	Kritik burkulma gerilmesi
F_s	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin katsayısı
F_u	Yapısal çeliğin karakteristik çekme dayanımı
F_y	Yapısal çeliğin karakteristik akma gerilmesi
F_{yk}	Malzemenin akma dayanımı, N/mm^2
F_1	1,0 saniye periyot için yerel zemin katsayısı
g	Yerçekimi ivmesi, $=9,81m/s^2$
G	Burkulma boyu hesabında kullanılan katsayı
H_N	Bodrum kat üstündeki toplam yükseklik sınırı, m
I	Bina önem katsayısı
I_b	Eğilme etkisi olan düzleme göre dik atalet yarıçapı, cm
I_c	Düzlemdeki kolonlara ait atalet momenti, cm^4
I_g	Düzlemdeki kirişlere ait atalet momenti, cm^4
K	Burkulma boyu katsayısı
L	Eleman boyu, cm
L_c	Elemanın burkulma boyu, KL
M_A	$\frac{1}{4}$ noktasındaki eğilme momentinin mutlak değeri
M_B	$\frac{1}{2}$ noktasındaki eğilme momentinin mutlak değeri

Simgeler	Açıklamalar
M_C	$\frac{3}{4}$ noktasındaki eğilme momentinin mutlak değeri
M_c	Mevcut eğilme momenti dayanımı
M_n	Karakteristik eğilme momenti dayanımı
M_{maks}	En büyük eğilme momentinin mutlak değeri
M_r	TDKT ve GKT için gerekli eğilme momenti dayanımı
M_0	Maksimum moment
M_1	Yanal destek olan noktalardaki en küçük uç moment
M_2	Yanal destek olan noktalardaki en büyük uç moment
P	Basınç kuvveti, t veya kN
P_c	Mevcut eksenel basınç kuvveti dayanımı
P_n	Karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı
P_r	YDKT ve GKT için gerekli eksenel kuvvet dayanımı
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a	GKT için tasarım dayanımı
$R_a(T)$	Deprem yükü azaltma katsayısı
R_u	YDKT yük birleşimleri için gerekli dayanım
R_u	Karakteristik dayanım
$S_{ae}(T)$	Yatay elastik tasarım spektral ivme değeri, g
$S_{aeD}(T)$	Düşey elastik tasarım spektral ivme değeri, g
S_b	Mesnetler arasındaki desteksiz mesafe, cmu
S_c	Rijit bağlanmış kolonların boyu, cm
S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S_g	Rijit bağlanmış kirişlerin boyu, cm
S_k	Çubuğun burkulma boyu
S_{kx}	X eksenine göre dik düzlemdeki burkulma boyu, cm
S_{ky}	Y eksenine göre dik düzlemdeki burkulma boyu, cm
S_s	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
$S(T)$	Spektrum katsayısı
S_1	1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
T	Binanın doğal titreşim periyodu, s
T_A	Yatay elastik tasarım ivme spektrum köşe periyodu, s

Simgeler	Açıklamalar
T_{AD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrum köşe periyodu, s
T_B	Yatay elastik tasarım ivme spektrum köşe periyodu, s
T_{BD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrum köşe periyodu, s
T_L	Yatay elastik tasarımda sabit bölge geçiş periyodu, s
T_{LD}	Düşey elastik tasarımda sabit bölge geçiş periyodu, s
T_n	Karakteristik çekme kuvveti dayanımı
W_{el}	Enkesitin elastisite modülü
i	Atalet yarıçapı, cm
i_y	Gövde eksenine göre atalet yarıçapı, cm
s	Basınç çubuğunun boyu
x	Kuvvetli eksenin alt indisi
y	Zayıf eksenin alt indisi
δ_0	Eğilme yüküyle oluşabilecek maksimum deplasman
η_{bi}	i'nci katta burulma düzensizliği katsayısı
λ	Narinlik modülü
λ_x	X eksenindeki narinlik oranı
λ_y	Y eksenindeki narinlik oranı
σ	Yapı elemanında oluşan gerilme, kg/cm ²
σ_a	Malzemenin akma sınırı, kg/cm ²
σ_B	Yanal burkulmalı basınç emniyet gerilmesi, kg/cm ²
σ_b	Basınç gerilmesi, kg/cm ²
σ_{bem}	Basınç emniyet gerilmesi değeri, kg/cm ²
$\sigma_{\text{çekme}}$	Çekme emniyet gerilmesi, kg/cm ²
σ_d	Çekme dayanım gerilmesi, kg/cm ²
σ_{eb}	Yalnız basınç kuvvetinde hesaplanan gerilme, kg/cm ²
σ_{eem}	Eğilme emniyet gerilmesi, kg/cm ²
σ_{em}	Seçili malzemenin emniyet gerilmesi, kg/cm ²
σ_{maks}	Maksimum gerilme değeri, kg/cm ²
τ_{em}	Kayma emniyet gerilmesi, kg/cm ²
τ_{kem}	Kesme emniyet gerilmesi, kg/cm ²
Φ	Dayanım katsayısı

Simgeler	Açıklamalar
Φ_b	Eğilme etkisi için dayanım katsayısı
Φ_c	Basınç kuvveti etkisi için dayanım katsayısı
Φ_t	Çekme kuvveti etkisi için dayanım katsayısı
Φ_v	Kesme kuvveti etkisi için dayanım katsayısı
Ω	Güvenlik katsayısı
Ω_b	Eğilme momenti için güvenlik katsayısı
Ω_c	Basınç kuvveti etkisi için güvenlik katsayısı
Ω_t	Çekme kuvveti etkisi için güvenlik katsayısı
Ω_v	Kesme kuvveti etkisi için güvenlik katsayısı
ω	Burkulma katsayısı değeri

Kısaltmalar	Açıklamalar
ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Y.
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AISC	American Institute of Steel Construction
ANSI	American National Standards Institute
ASD	Allowable Strength Design
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
ÇYTHYE	Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Y.
DGT	Dayanıma Göre Tasarım
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
GKT	Güvenlik Katsayıları ile Tasarım
IBC	International Building Codes
LRFD	Load Resistance Factor Design
ŞGDT	Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
YDKT	Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım

1. GİRİŞ

Dünyamız oluşumundan beri sürekli olarak depremler üretmektedir ve bu depremlerin meydana geldiği yerlerde hasarlar oluşmaktadır. Ülkemiz de aktif bir deprem bölgesinde yer almakta ve hızlı bir yapılaşma süreci içerisinde. Betonarme uygulamaların yanında çelik yapıların uygulamaları da son zamanlarda giderek arttığı ve standartların geliştiği çeşitli çalışmalardan anlaşılmaktadır.

Ülkemizdeki çelik yapılar yönetmeliklerine baktığımızda, 1980 yılından 2016 yılına kadar Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (TS-648) yönetmeliği kullanılıyordu. Bu yönetmelik yerine 2016 yılında yayınlanan ve 2018 yılında güncellenen *Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar* (ÇYTHYE-2018) yönetmeliği yürürlüğe girmiştir.

Son deprem yönetmeliklerimize bakacak olursak, 2007 yılında yürürlüğe giren *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik – 2007* (DBYBHY-2007) 2018 yılına kadar kullanılmaktaydı. 2018 yılında ise; *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği* (TBDY-2018) yürürlüğe girerek kullanılmaya başlamıştır.

Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri* (TS-498) kullanılıyordu. Kar ve rüzgâr yüklerinin hesabı için 2007 yılında *Yapılar Üzerindeki Etkiler - Bölüm 1-3: Genel Etkiler - Kar Yükleri - Eurocode 1* (TS-EN 1991-1-3) ve *Yapılar Üzerindeki Etkiler - Bölüm 1-4: Genel Etkiler - Rüzgâr Yükleri - Eurocode 1* (TS-EN 1991-1-4) adıyla standartlar yayınlanmıştır.

Tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde genel bilgiler verilirken, ikinci bölümde geçmişten günümüze çelik yapı tasarımıyla ilgili olan çalışmalar hakkında bilgiler, üçüncü bölümde ÇYTHYE-2018 ve TS-648 yönetmelikleri tasarım yöntemleri, yük kombinasyonları, kuvvet etkisindeki elemanların tasarım prensipleri ve görelî kat ötelemeleri açısından incelenmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 deprem yönetmeliklerinin ortak yönleri gösterilmiştir ve TBDY-2018 ile gelen yeni kavramlar anlatılmıştır.

Beşinci bölümde tez çalışması kapsamında yapılan çalışmaya yer verilmiştir. Ankara Büyükşehir Belediyesinden temin edilen ve eski yönetmelikle tasarlanmış olan orta ayaklı

üst geçit, kemer tipi üst geçit ve pylonlu üst geçit olmak üzere 3 tip örnek elik yaya üst geçit projeleri incelenmiştir. Projeler TS-648 ve DBYBHY-2007 ile ÇYTHYE-2018 (Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım - YDKT) ve TBDY-2018 yönetmelikleriyle ayrı ayrı analiz edilmiştir. Analiz yapılırken SAP2000 programı kullanılmıştır. Yük hesapları ve yükleme görüntüleri SAP2000 programından alınan görüntüler ile gösterilmiştir. Eski ve yeni yönetmeliklerle yapılan analiz sonucu elemanlardaki iç kuvvetler, kapasite oranları ve düşey deplasman değerleri tablolar halinde verilmiştir. Daha sonra tablolardaki değerler grafikler oluşturularak karşılaştırılmış ve aradaki değişimler gösterilmiştir. Ardından sistemler enkesit koşulları ve kapasite oranı sınırlarına göre ekonomik kesitler atanarak yeniden oluşturulmuştur. Düzenleme öncesi ve düzenleme sonrasındaki tonajlar tablolar ile gösterilmiştir.

Altıncı bölümde, elde edilen sonuçlara göre projeler yeni yönetmelikle tasarlandığında iç kuvvetler artmış, kapasite oranları ise azalmıştır. Aynı zamanda kesitler düzenlendikten sonra üç sistemin de tonajında düşüş olmuştur. Bu tonaj düşüşü yapının imalat süresini ve işçilik maliyetlerini de etkilemektedir. Bu durum yeni elik yapılar yönetmeliğiyle tasarlanacak olan bir yapının daha ekonomik olacağını gösterir ve kamu yararına yapılacak bir yapının maliyetinin azalması yine kamunun yararına olacaktır. ÇYTHYE-2018, hesap yöntemiyle getirdiği avantajlar sayesinde, elik yapıların eskiye göre daha çok tercih edilmesinde rol oynayacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Geçmişten günümüze çelik yapılarla ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda, yönetmelikler hakkında bilgiler verildiğini, statik analiz programları ile çeşitli uygulamaların yapıldığını ve bazı çalışmalarda uygulamaların farklı yönetmeliklerle karşılaştırıldığı çalışmaları görmekteyiz. Tez çalışmasının bu bölümünde konuyla ilgili yapılmış çalışmalardan bahsedilmiştir.

Çeşitli yönetmeliklerden bahsedilen ve bu yönetmeliklerle tasarlanan başlıca çelik yapı çalışmaları aşağıda kronolojik sırayla verilmiştir.

Kocabaş (2005) SAP2000 programı ile tek açıklıklı kafes kiriş, dolu gövdeli endüstri yapısı ve iki katlı bir binanın analizini, tasarımını ve projelendirmesini araştırmıştır (Kocabaş, 2005).

Ateş (2006) afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik 1997 (ABYYHY-97) ve deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmeliğin (DBYBHY-2007) hesap kuralları ile depreme dayanıklı çelik bina tasarım prensipleri ile ilgili kısımlar kıyaslanmıştır. Çalışmada 8 kattan oluşan çelik bir yapıyı söz konusu iki yönetmeliğe göre analiz etmiştir. DBYBHY'ye göre süneklik düzeyi normal sistem, süneklik düzeyi yüksek sistem ve süneklik düzeyi yüksek sistem güçlü kolon-zayıf kiriş olmak üzere üç ayrı duruma göre analiz yapılmıştır. Sonuç olarak R katsayısının artışıyla deprem yüklerinin olduğu kombinasyonlarda eğilme momentlerinin azaldığı görülmüştür. Aynı zamanda çalışma sonucundaki analizlere göre, hangi kolon kesitlerinin çıktığı da tablolar ile verilmiştir (Ateş, 2006).

Özarslan (2006) ABYYHY-1998 ve DBYBHY-2006'nın depreme dayanıklı yapı tasarım prensipleri ve depreme dayanıklı çelik yapı tasarım prensipleri hakkında karşılaştırmalı bilgiler vermiştir. Ardından iki yönetmeliğe göre; moment aktaran çerçeve, merkezi çelik çaprazlı ve dışmerkez çelik çaprazlı olarak üç ayrı sistemi tasarlayarak karşılaştırmıştır. Her sistemin metraji çıkarılmış ve analizlerde ETABS programı kullanılmıştır. Sonuç olarak moment aktaran çerçeve sistemlerin toplam çelik ağırlığında fazla bir fark olmadığı saptanmıştır. Dışmerkez çelik çaprazlı sistemlere bakıldığında, DBYBHY-2006'ya göre boyutlandırılan sistemde, ABYYHY'ye göre %6 oranında bir çelik ağırlığı artışı görülmüştür (Özarslan, 2006).

Balkan (2007) çalışmasında TS-648, AISC-LRFD ve Eurocode 3 çelik yönetmeliklerinin farklılıkları ortaya koymuş, güvenilirlik ve ekonomiklik açısından kıyaslamıştır. Yönetmeliklerin yük ve yük kombinasyonları bölümlerini ve basınç ve eğilmeye çalışan elemanların tasarım esaslarını kıyaslamıştır. Çalışmanın sonucunda diğer yönetmeliklerin TS-648'e göre bazen daha güvenli ve daha ekonomik olduğu sonucuna varmıştır (Balkan, 2007).

Ceylan (2007) Eurocode 3'e göre 10 katlı bir çelik büro binasını boyutlandırmış ve bu sistemi DBYBHY-2007'ye göre kontrolünü yapmıştır. Yapı süneklik düzeyi yüksek çerçeve, süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çaprazlı, süneklik düzeyi yüksek merkezi çelik çaprazlı olarak üç ayrı biçime göre tasarlanmıştır. Merkezi çaprazlı sistemin hem daha rijit hem de daha ekonomik sonuçlar verdiği görülmüştür. Analizlerde ETABS programı kullanılmıştır. Aynı zamanda döşeme kirişlerini 4 çeşitte tasarlayıp ekonomik yönden kıyaslamıştır, en ekonomik döşeme tipinin petek kiriş olduğu sonucuna varılmıştır (Ceylan, 2007).

Arslangiray (2008) çok katlı bir çelik yapıyı Eurocode 3, ANSI AISC 360-05 ve TS 4561 yönetmelikleri ile yapısal analiz programı kullanarak çözümlemiştir. Analiz yapılırken sisteme duvar yükü, zati yük, hareketli yük, rüzgâr yükü ve deprem yükü eklenmiştir. Ardından üç yönetmeliğe göre metraj çıkarılmış, kolon-kiriş malzeme ağırlığı ve elemanların çalışma oranlarına göre mukayese edilmiştir. Sonuç olarak; Türk yönetmeliğinde çıkan malzeme metrajı, Amerikan yönetmeliğine göre %7,9 fazla, Avrupa yönetmeliğine göre ise %3,3 fazla çıkmıştır (Arslangiray, 2008).

Bozkurt (2009) ölçü ve fonksiyonları belirli olan uçak hangarının taşıyıcı sistemini DBYBHY-2007 ile ekonomik ve emniyetli şekilde yeniden boyutlandırmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarını uygun ölçekle çizmek için Tekla X-Steel V.13 ve AutoCAD 2009 programlarını kullanmıştır. Sistemi ekonomik olarak tasarladıktan sonra yeni tonaj değerini vermiş ve farklı çelik yapılarla kıyaslamasını göstermiştir (Bozkurt, 2009).

Ar (2009) çelik yapı tasarımında boyutlandırmanın temel prensiplerinden bahsetmiştir. TS-648 ve Eurocode 3 yönetmeliklerinin boyutlandırma kurallarından detaylı bir şekilde söz etmiştir. Aynı zamanda her iki yönetmelikle 3 ayrı tipteki yapıyı boyutlandırmış ve

kıyaslama yapmıştır. Sonuçların metrajını çıkararak ekonomiklik açısından da mukayese etmiştir (Ar, 2009).

Başaran (2009) Eurocode 3 ve TS-648 yönetmeliklerinin benzeyen ve farklı yönleri gösterilmiştir. Çelik yapıların tasarımında kullanılan zemin durumu, deprem hareketi, depreme dayanıklı tasarım prensipleri, deprem analizi gibi kavramlardan söz edilmiştir. Aynı zamanda çelik bir yapının Eurocode 3 ve TS-648 ile karşılaştırmalı olarak boyutlandırmasını yapmıştır. Çalışmanın sonuç kısmında TS-648'in Eurocode-3'e göre daha büyük kesitler (kolon, kiriş, tali kiriş ve çapraz elemanlar olarak) tablo halinde verilmiştir. Eurocode 3'ün TS-648'e göre daha kapsamlı ve daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır ve TS-648'in güncellenmesi gerektiği vurgulanmıştır (Başaran, 2009).

Zervent (2009) yaptığı çalışmada başka ülkelerde yapılmış ama geometrileri, malzemeleri ve zemin koşulları aynı olan çelik yapıları harcanan malzeme miktarı açısından kıyaslamıştır. Bu yapıları çeşitli kat sayılarına göre TS-648, AISC-LRFD ve Eurocode-3 yönetmeliklerine göre tasarlamıştır. TS-648 için, DBYBHY-2007 ve TS-498 yönetmeliklerine uyulmuştur. AISC-LRFD'de Amerikan İnşaat Mühendisleri Topluluğu Binalar ve Diğer Yapılar için Minimum Dizayn Yükleri Şartnamesi (AISC Standard 7-05) ve Çelik Yapılar için Sismik Önlemler Şartnamesinden (AISC Standard 341-05) yararlanılmıştır. Eurocode-3'de ise; Eurocode-8, Avrupa Yük Şartnamesi (Eurocode-1) ve Yapı Dizaynının Temeli Şartnamesini (Eurocode-EN 1990) kullanmıştır. Çalışmanın sonucu olarak, LRFD ve Eurocode-3'e göre yapılan tasarımlarda 1m²'lik alana karşılık gelen çelik ağırlıkları birbirine yakın çıkmıştır. Bununla birlikte söz konusu iki yönetmelikle yapılan tasarımın TS-648 ile karşılaştırıldığında %20 daha az malzeme miktarı verdiğini göstermiştir (Zervent, 2009).

Tansel (2010) DBYBHY-2007'den bahsetmiştir ve SAP2000 programı ile çok katlı bir çelik yapının tasarım ve analizini yapmıştır. Çalışma konusu olan yapıyı moment aktaran çerçeveli sistem, merkezi çelik çaprazlı sistem ve dışmerkezi çelik çaprazlı sistem olarak üç ayrı şekilde tasarlanmıştır. Sonuçlar periyot, deprem yükleri, etkin kat ötelemeleri, enkesit koşulları, çelik ağırlıkları ve iç kuvvetler açısından tablolar halinde gösterilerek irdelenmiştir (Tansel, 2010).

Tuğrul (2011) Eurocode 3 ve AISC (ASD ve LRFD) yönetmeliklerini kullanarak 15 kattan oluşan süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveli bir yapıyı analiz etmiştir. Çalışma sonunda ekonomiklik açısından kıyaslama yapmıştır ve AISC-LRFD ile yapılan analizin en ekonomik sonuç verdiğini göstermiştir (Tuğrul, 2011).

Mavi (2011) çalışmasında engelli rampası, merdiven ve yürüme platformundan oluşan bir çelik yaya üst geçidinin tasarımını, mimari çizimini, statik hesaplamaları ve maliyet hesaplarını yapmıştır. Proje SAP2000 ile tasarlanmış, Autocad ile mimari çizimler yapılmış ve Probing Orion ile statik çözümler yapılmıştır. Sonuç olarak çizim ve hesaplar tamamlanmış ve maliyet analizi gösterilmiştir (Mavi, 2011).

Tolan (2011) çalışmasında tasarladığı süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeve sistemi tasarlamış, AISC ve DBYBHY hakkında bilgiler vermiştir. Altı katlı bir yapıyı süneklik düzeyi yüksek biçimde tasarlamıştır. Yapının TS-648 ve ASCE 7-05 yönetmeliklerine göre analizini yapmıştır. Analizlerde SAP2000 programı kullanılmıştır. TS-648 hesaplamalarında sabit yük değeri azaltılmaktadır. Sabit yük değeri rüzgâr etkileri olan durumlarda 0,87D, deprem etkileri olduğunda 0,75D olarak alınmaktadır. Bu durum sabit yük değerlerinin 0,15-0,25 kadar indirgenmesi demektir. ASCE/SEI 7-05 ile mukayese edildiğinde öngörülen yük kombinasyonları daha yüksek bir değer vermektedir. Bu da TS-648'in daha düşük bir güvenlik seviyesinde olduğunu göstermiştir. Çalışmanın sonunda TS-648 yerine, yük kombinasyonlarının gerçeğe daha yakın olduğu, daha kapsamlı bir standart getirilmesinin gerektiğinin önemi vurgulanmıştır (Tolan, 2011).

Ülker (2014) AISC 360-10 ve DBYBHY-2007 hakkında detaylı bilgiler vermiştir. Ardından altı katlı bir çelik yapıyı bir doğrultusunda süneklik düzeyi yüksek çerçeve diğer doğrultusunda süneklik düzeyi yüksek dışmerkez çapraz perdeli sistem olarak tasarlamıştır. Analiz SAP2000 programı ile yapılmıştır ve AISC 360-10 yönetmeliğinin yük kombinasyonları kullanılmıştır. Sonuç olarak AISC 360-10 yönetmeliğinin TS-648'e göre daha güvenli olduğunu göstererek, TS-648'in güncellenmesi gerektiğini vurgulamıştır (Ülker, 2014).

Bingöl (2014) kısa doğrultusunda çerçeve sistem, uzun doğrultusunda merkezi çaprazlı çelik sistem şeklinde tanımlanmış süneklik düzeyi normal bir ağır sanayi yapısının AISC 360-10 ve TS-648 yönetmeliklerine göre SAP2000 programında analizini yapmıştır. Deprem

yüklerinin belirlenmesinde ASCE 7-10 ve DBYBHY-2007 yönetmelikleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada sonuçlar kıyaslanarak yönetmeliklerin optimum sonuca yakınlığı gösterilmiştir. Çalışma sonucunda TS-648'in eksiklikleri maddeler halinde verilmiştir (Bingöl, 2014).

Ünal (2015) sanayi tipi ve çok katlı çelik yapı olmak üzere iki tipteki yapıyı Eurocode 3, TS-648 ve AISC 360-10 LRFD'nin yük kombinasyonlarına göre boyutlandırmıştır. Yapıya gelen yüklerin hesabı için TS-498 ve DBYBHY-2007 yönetmeliklerinden faydalanılmıştır. Çalışmanın sonucunda toplam çelik ağırlığı bakımından kıyaslama yapılmıştır. Eurocode 3 ve LRFD'ye göre yapılan hesap yöntemlerinde birbirine yakın tonajlar çıkmıştır, TS-648'in ise bu iki hesap sistemine göre daha fazla çelik tonajı verdiği gösterilmiştir. Yapı tasarımında hesap yönteminin maliyete etkisi vurgulanmıştır (Ünal, 2015).

Akkök (2015) TS-498 ve TS-648 yönetmelikleri kullanılarak boyutlandırılmış bir hangar tipi yapıyı, AutoCAD ve Tekla Structures programları kullanarak 3 boyutlu modellemesini yapmıştır. Çalışmanın sonucunda Tekla'nın çelik yapı tasarımında daha efektif olduğu sonucuna varılmıştır (Akkök, 2015).

Tunç ve Tanfener (2016) DBYBHY-2007 ve TBDY-2016 (taslak) yönetmeliklerinin benzer ve farklı yönleri üzerine bir makale yazmışlardır. Çalışmada 10 katlı betonarme bir binayı iki yönetmeliğe göre ETABS programıyla tasarlamışlar ve aradaki farklılıkları incelemişler ve bina salınım periyodunun ve ötelenmelerin arttığı sonucuna varmışlardır. Ulaştıkları verilere göre taban kesme kuvvetlerinin azaldığını ve perde duvar gibi yapı elemanlarında tasarım iç kuvvetinin %20-25 oranında artış olacağını beklemektedirler (Tunç ve Tanfener, 2016).

Türk (2016) TBDY-2016 (taslak) ve ÇYTHYE yönetmeliklerinin merkezi çaprazlı çelik çerçeveler bölümleri için tasarım esaslarından bahsetmiş, doğrusal olmayan statik itme analizi ve dinamik zaman tanım alanı analizi yapmış ve yapının performansını araştırmıştır. SAP2000 programını kullanarak yaptığı çalışmada, tasarım hesaplarını detaylı biçimde göstermiştir. Tasarımı mekanizma ve artırılmış deprem yükü metoduna göre yapmış ve efektif yöntemi belirtmiştir. Daha sonra basınca maruz kalan çaprazların burkulması halinde kiriş davranışlarını incelemiştir. Tasarımı Open System for Earthquake Engineering Simulation (OpenSEES) programında doğrusal olmayan iki boyutlu modelini oluşturmuş ve

3 ayrı deprem kaydına göre analiz ederek sistemin eleman davranışlarını irdelemiştir (Türk, 2016).

Aydın ve Günaydın (2017) tarafından 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansında yayınlanan bildirilerinin “Çelik Yapılar Açısından Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Taslağına Bir Bakış” adlı makalesinde, yeni yönetmelikleri kullanacak olan mühendislerin yönetmeliklere daha hakim olabilmesi için, Amerikan yönetmeliklerindeki gibi konuyu açıklayan örnek uygulamalar ve el kitaplarının hazırlanması gerektiğini vurgulamışlardır (Aydın ve Günaydın, 2017).

Zorlu ve Akbaş (2017) 7. Uluslararası Çelik Yapılar Sempozyumunda yayınladıkları “Yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne Göre Çelik Yapı Tasarımı” adlı bildirilerinde, çelik yapı tasarımındaki değişiklikleri irdelemek açısından biri 4 katlı diğeri 9 katlı olmak üzere 2 adet çelik binayı ETABS programı ile 3 boyutlu modelleyerek analiz etmişlerdir. ASCE 7 (2005) yönetmeliğine göre önceden analizi yapılmış 4 ve 9 katlı ofis binasını TBDY-2016 (taslak) kriterlerine göre tekrar tasarlamışlardır. İki ofis binası da bir doğrultusunda Yüksek Süneklikli Moment Çerçevesi ve dik buna dik doğrultusunda Yüksek Süneklikli Çaprazlı Çerçeve taşıyıcı sistem olarak yapısal analiz programı ile analiz yapılmıştır. Çalışmada taban kesme kuvvetlerinin yeni yönetmelikte 2-2,5 kat arttığı sonucuna varılmıştır (Zorlu ve Akbaş, 2017).

Ergün (2017) çelik yapı malzemeleri ve çelik yapı uygulamalarında kullanılmakta olan yönetmelikler üzerine bilgiler vermiştir (Ergün, 2017).

Ülker ve Savaş (2017) çelik yapı tasarım kurallarını AISC 360-10 ile DBYBHY-2007 açısından incelemişlerdir. İki yönetmeliğe göre altı katlı bir çelik yapı tasarımı yapılmıştır. Sisteme yükleme yapılırken AISC 306-10 yönetmeliğinde verilen yük kombinasyonları kullanılmıştır. Sonuç olarak deprem yönetmeliğimizin tasarım açısından tüm koşulları sağladığını ifade etmiştir (Ülker ve Savaş, 2017).

Öz (2018) yılında yürürlüğe giren ÇYTHYE ve TBDY hakkında bilgiler vermiştir. Bu yönetmelikler doğrultusunda moment aktaran çelik çerçevelerden oluşan süneklik düzeyi sınırlı bir yapı ve merkezi çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan süneklik düzeyi yüksek bir yapının YDKT ve GKT metotlarına göre tasarımlarını yapmıştır. Sistemlerin analizinde

SAP2000 yazılımı kullanılmış ve eşdeğer deprem yükü metoduna ile elastik hesap yapılmıştır (Öz, 2018).

El Haj Ahmad (2018) DBYBHY-2007, TBDY-2018, Eurocode-8 ve ASCE 7/16 deprem yönetmeliklerine göre bir karşılaştırma amaçlanmıştır. Çalışmada tasarım esasları kıyaslanmıştır. Literatürden örnek olarak alınan bir çelik çerçeveli ofis binası SAP2000v20 programı ile doğrusal hesap yöntemleri (Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve Mod birleştirme yöntemi) ile analiz edilmiştir. Yapının doğal titreşim periyodu, taban kesme kuvveti, maksimum yatay yer değiştirme, görel kat ötelenme değerleri ve seçilmiş kolonlarda normal kuvvetler, eğilme momentleri ve kesme kuvveti değerleri kıyaslanmıştır. Sonuçlara bakıldığında EuroCode 8'in diğerlerine göre daha uygunsuz değerler verdiği ve daha emniyetli olup daha maliyetli olduğu sonucuna varılmıştır. TBDY-2018 ile TDY-2007 kıyaslandığında, güncel deprem yönetmeliği gerçeğe daha yakın ve hassas değerler verdiği sonucuna ulaşılmıştır (El Haj Ahmad, 2018).

Asfuroğlu (2018) ÇYTHYE-2018, TBDY-2018 ve Eurocode-8 yönetmelikleri hakkında bilgiler vermiştir. Ardından çelik çerçeveli 4 katlı bir yapıyı ÇYTHYE-2018'e göre tasarlamış ve ön boyutlandırmıştır. Daha sonra iki deprem yönetmeliğine göre doğrusal analiz yapmıştır. Analiz yapılırken SAP2000 programı kullanılmıştır. Son olarak TBDY-2018'e göre doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda Eurocode-8'in TBDY-2018'e göre %10 daha güvenli bölgede kaldığı belirlenmiştir. Doğrusal olmayan analiz yapıldığında istenilen performans düzeyine göre daha tutarlı değerler bulunduğu görülmüştür (Asfuroğlu, 2018).

Kacka Sangola (2019) yaptığı çalışmada, Gaziantep şehrinde bulunan bir kentsel dönüşüm projesini DBYBHY-2007 ve TBDY-2018'e göre analizini yapmıştır. Analizde SAP2000 v20.2 programı kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda TBDY-2018'in DBYBHY-2007'ye göre daha büyük taban kesme kuvvetleri, dönme momentleri ve üst yanal deplasman değerleri verdiğini göstermiştir (Kacka Sangola, 2019).

Sancioğlu, ve diğerleri (2019) 8. Uluslararası Çelik Yapılar Sempozyumunda yayınlanan çalışmalarının "Çelik bir binada kullanılan çapraz tiplerinin deprem etkisi altında analizi" adlı makalesinde, İstanbul'da rastgele bir konumda seçilmiş beş katlı olan simetrik bir çelik binanın ÇYTHYE ve TBDY-2018 ile çaprazlı ve çaprazsız sistemleri tasarlayıp

boyutlandırarak, deprem etkisinde binanın performansı irdelenmiştir. Çaprazsız çerçeveli, merkezi çaprazlı çerçeveli ve farklı dış merkez çaprazlı çerçeveli olarak tasarlanan sistemlerin statik itme analizi yapılmıştır. Analizde SAP2000 yazılımı kullanılmıştır. Sonuçlar, binanın ağırlığı ve kat ötelenmeleri açısından karşılaştırılmıştır ve çapraz kullanmanın önemi belirtilmiştir (Sancioğlu ve diğerleri, 2019).

Nemutlu (2019) çalışmasında, DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmelikleri arasındaki değişiklikleri incelemiş ve Türk deprem yönetmelikleri ile Amerikan deprem yönetmeliğini (International Building Codes-2018) teorik olarak karşılaştırmıştır. Aynı zamanda betonarme bir binayı üç yönetmelik ile tasarlamıştır ve taban kesme kuvvetlerine göre mukayese etmiştir. Sonuç olarak IBC-2018'in daha düşük taban kesme kuvveti değerleri verdiği sonucuna varılmıştır. Bu durumun sebebi ise; analiz yapılırken hesaba katılan spektral ivme katsayılarının belirli katsayılar ile indirgenmesidir (Nemutlu, 2019).

Hava (2019) çalışmasında, deprem etkisinin yapılardaki sonuçlarını incelemiştir. Ayrıca farklı modellerdeki ve farklı zemin tiplerindeki betonarme binaların DBYBHY-2007 ve TBDY 2018 yönetmeliklerine göre analizlerini yapmıştır. İki yönetmeliğe göre kat kesme kuvvetleri ve kat deplasmanları grafiklerle verilerek karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda TBDY-2018'de kat deplasmanlarının arttığı, kat kesme kuvvetlerinde ise genelde bir azalma görülmüştür (Hava, 2019).

Irgaç (2019) çelik çerçevelerden oluşan her iki doğrultuda süneklik düzeyi yüksek 7 katlı bir işyeri binasının DBYBHY-2007 ve TS-648 eski deprem ve çelik yapılar yönetmelikleri ile TBDY-2018 ve ÇYTHYE-2016 yeni deprem ve çelik yapılar yönetmeliklerine göre boyutlandırma yapmıştır. Statik ve dinamik analizlerde SAP2000 programı kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda eski ve yeni yönetmeliğe göre ulaşılan sonuçlar kıyaslanmıştır (Irgaç, 2019).

Tütüncü (2019) yaptığı çalışmada, 10 katlı bir çelik binanın tasarımı yapılmıştır. Tasarım TBDY-2018 ve ÇYTHYE-2018 yönetmelikleri esas alınarak yapılmıştır. Aynı zamanda yönetmeliğin belirttiği biçimde, sistemin taşıyıcı elemanlarının ve birleşimlerin, yapı işletme süresince gerekli dayanım, stabilite ve rijitlik değerlerine sahip ve gerekli güvenlik koşullarını sağlayacak biçimde boyutlandırması hedeflenmiştir. Yapının statik ve dinamik analizlerinde SAP2000 programı kullanılmıştır. Kat planları, kesitler, aplikasyon planları ve

birleşimlerin detaylarında Tekla Structures ve Autocad programları kullanılmıştır (Tütüncü, 2019).

Çakmaklı (2019) çalışmasında, TBDY-2018 ve ÇYTHYE yönetmelikleri kullanılarak 42 katlı bir çelik binayı tasarlamıştır. Aynı zamanda Eurocode 1-4 ve İstanbul Yüksek Binalar Rüzgâr Yönetmeliği'ne (İYBRY) göre yapının maruz kaldığı rüzgâr yükleri hesaplanarak, binanın konforu için gerekli tahkikler yapılmıştır. Ardından TBDY'de gösterilen şekilde yüksek bina tasarımı üç aşamada yapılmıştır. Son olarak sonuçlar incelenmiş ve tavsiyeler verilmiştir (Çakmaklı, 2019).

Çelik (2019) Erzurum ilinde yapılacak bir sanayi yapısını DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 yönetmelikleri ile emniyet gerilmeleri yöntemi ve güvenlik katsayılarına göre tasarım metotlarına göre analiz etmiştir. 4 ayrı durumun çelik metrajları gösterilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, 4. durum olarak adlandırdığı ve DBYBHY-2007 yönetmeliği ile Emniyet Gerilmeleri Yöntemi esas alındığı durum, diğer durumlara göre yaklaşık %10 daha fazla bir tonaj çıkmıştır (Çelik, 2019).

Deliktaş (2020) yaptığı çalışmada 2007 ve 2018 Deprem yönetmeliklerini çeşitli yönlerden mukayese etmiştir, elde ettiği sonuçları ve gelişmeleri ortaya koymuştur. Aynı zamanda 2 ayrı yönetmeliğe göre örnek bir yapıyı analiz ederek, sonuçları davranış ve performans açısından ölçmüştür (Deliktaş, 2020).

Üst geçitler ile ilgili yapılan mimari çalışmalar ise şunlardır:

Erdal (2005) farklı tipteki köprüler için temel halini kaybetme tiplerini detaylı biçimde ifade etmiş ve yapısal bozulmaların düzeyi için bir değerlendirme yöntemi yapılmıştır. Aynı zamanda bir genel puan hesaplama sistemi oluşturulmuştur. Köprülerin genel puanlarının bulunduğu bir program yapılmıştır. Bu programa göre köprülere bakım ve onarım yapılacağına hangi köprüye öncelik gösterileceğinin tespit edilmesi hedeflenmiştir (Erdal, 2005).

Sütiçen (2008) çalışmasında üst geçitler hakkında bilgiler ve bolca fotoğrafa yer vermiştir. Ardından farklı illerdeki yaya köprülerinin karşılaştığı problemleri planlama, tasarımları, uygulamaları ve estetik açısından sınıflara ayırarak bunlara çözüm tavsiyelerini sunmuştur.

Çalışma sonunda üst geçitlerin malzeme kullanımlarını ve detaylandırma hatalarını değerlendirerek tavsiyelerde bulunmuştur (Sütiçen, 2008).

Aksu (2014) Trabzon ilindeki yedi adet yaya üst geçidini mimari yönden tasarım kriterlerini incelemiştir. Belirlediği tasarım problemlerinin çözülmesi için tavsiyeler vermiştir (Aksu, 2014).

Mum (2015) çalışmasında yaya üst geçitlerinin güvenliğiyle ilgili kavramlar hakkında bilgiler vermiştir. Çalışmanın devamında, trafik kaza istatistiklerine, üst geçit kazaları ve üst geçitlerdeki tehlikeli durumlar üzerine örnekler vermiştir. Ardından meydana gelebilecek kaza biçimlerinin tespit edilip, Matris Risk Değerlendirme Metodu ile kaza risk analizini yapmıştır. Sonuç kısmında üst geçitlerin kullanım esnasında oluşabilecek kazalarla karşılaşmamak için alınması gereken önlemlere değinilmiştir (Mum, 2015).

Bayazıt (2016) İstanbul'da yapılacak bir üst geçidi betonarme ve çelik olacak şekilde irdelemiştir. Üst geçitleri malzemelerin özelliği ve standardı, yükü, yük kombinasyonu, yapı ağırlığı, dayanımı, yapımının süresi, bakımı ve onarımı, maliyeti, mimari tasarımı ve çevresel etkileri gibi faktörleri incelemiştir. Bu faktörlere göre avantajlar ve dezavantajlar belirlenmiştir. Sonuç olarak betonarme üst geçitler maliyeti ve bakım-onarım açısından avantajlı olduğundan tercih edilmiştir (Bayazıt, 2016).

3. ÇYTHYE-2018 YÖNETMELİĞİ ve TS-648 STANDARDINA GÖRE ÇELİK YAPILARIN İNCELENMESİ

Tez çalışmasının bu bölümünde Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları-2018 (ÇYTHYE-2018) ile Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (TS-648) standartlarından bahsedilmiştir. Her iki yönetmelikteki tasarım aşamaları karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

3.1. Tasarımda Temel İlkeler

Ülkemizde çelik yapılar için 1980 yılında yayınlanmış olan TS-648 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları Yönetmeliği kullanılmaktaydı. Çelik yapıların yaygınlaşması, TS-648'in hesap yöntemlerinde yetersiz kalması, sadece hangar tipi çelik yapıları kapsamaması vb. faktörlerden dolayı 2016 yılında ÇYTHYE – Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Yeni yönetmelik bize iki ayrı hesap yöntemi sunmakla beraber, gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir. 2018 yılında güncellenerek ÇYTHYE-2018 adıyla yayınlanmıştır.

Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında, yapı elemanlarının etkisi altında oldukları yükleri güvenli ve ekonomik bir şekilde taşıyabileceği kesitleri belirlemek ve diğer kesitlere aktarmasıdır. Yani, seçilen kesitin kapasite kullanımının güvenli tarafta kalması amaçlanır. Ayrıca, çelik yapıların elemanları ve birleşimleri tasarlanırken, yapı kullanma süresince stabil olması beklenir. Yapı bütün işlevlerini güvenle yerine getirirken, aynı zamanda dayanım, stabilite ve rijitlik kriterlerini de sağlamalıdır.

Dolayısıyla çelik yapıların boyutlandırılmasında göz önüne alınacak iki kriter vardır. Bunlardan birisi dayanım sınır durumu diğeri ise kullanılabilirlik sınır durumudur. Yapının tasarımının ilk aşamasında dayanım sınır durumuna göre boyutlandırmalar yapılmaktadır. Sonrasında, yapıya etki eden diğer etkilerle beraber kullanılabilirlik sınır durumunun kontrolü yapılır. Bunun yapılmasının nedeni, elemanlara etki eden yüklerin altında oluşan kuvvetler sebebiyle stabilite ve ani şekil değiştirmelerin önlenmesi amaçlanmaktadır. Yapılan kontroller ile sehim ve titreşim durumları incelenmektedir.

TS-648 yönetmeliğinde bulunan emniyet gerilmeleri yöntemi artık güncelliğini yitirmiş olup yerine ÇYTHYE yönetmeliğindeki iki tasarım yöntemi almıştır. Bunlar; Yük ve Dayanım

Katsayıları ile Tasarım (YDKT) ve Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT) yöntemleridir (Çelik, 2019).

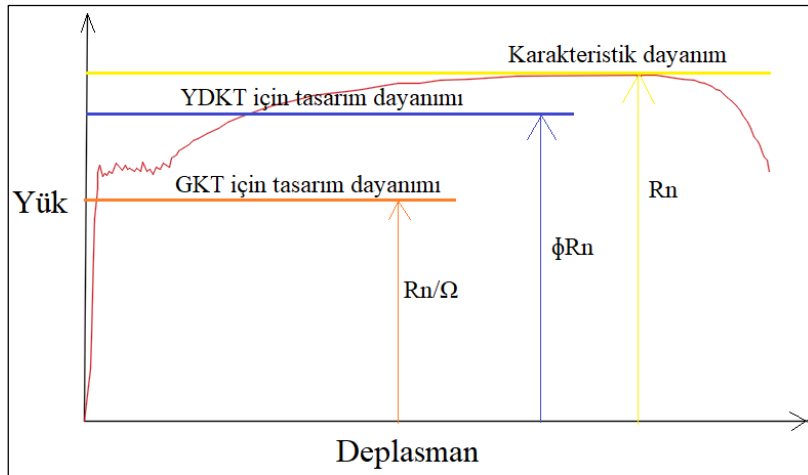
3.2. TS-648 Standardının Kapsamı

TS-648 standardının adı her ne kadar “Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları” olsa da, genelde bina türü çelik yapılar için uygun bir yönetmektir. 2016 yılında yürürlüğe giren çelik yapılar yönetmeliği ile bu sorun ortadan kalkmıştır ve silo, kule vb. farklı yapı tipleri tasarlanabilmektedir (Topkaya, 2016).

Genel olarak tasarım yöntemlerinin prensibine bakacak olursak, tasarım taşıma gücü değeri gerekli dayanım değerinden (iç kuvvetler) büyük olmalıdır.

3.3. ÇYTHYE-2018’e Göre Tasarım Yöntemleri

Yeni çelik yapılar yönetmeliğine göre Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım ve Güvenlik Katsayıları ile Tasarım olarak iki ayrı yöntem vardır. Şekil 3.1’de her iki hesap yöntemine ait karşılaştırmalı bir grafik verilmiştir.



Şekil 3.1. YDKT ve GKT yöntemleri için tasarım dayanımları

Şekil 3.1’de görüldüğü üzere YDKT ve GKT tasarım dayanımları birbirinden farklıdır. Ancak güvenlik katsayılarının hesaba katılmasıyla iki yöntem için de eş sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca Şekil 3.1’de R_n karakteristik dayanımı göstermektedir ve iki yöntemde de aynı şekilde hesaplanmaktadır. Tasarım dayanımları hesaplanırken R_n değeri, YDKT için

$\Phi \leq 1,0$ belirli katsayısıyla çarpılır ve GKT için $\Omega > 1,0$ belirli katsayısıyla bölünerek elde edilmektedir (Aydın ve Günaydın, 2017).

3.3.1. Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım yöntemi (YDKT)

YDKT, tasarım dayanımı değeri olan ΦR_n 'in, bu tasarım yönteminde kullanılacak yük birleşimleri ile hesaplanan gerekli dayanım değeri R_u 'ya eşitliği veya daha büyük olması ilkesine dayanır. Bu tasarım yönteminin denklemi Eş. 3.1'de gösterilmiştir.

$$R_u \leq \Phi \times R_n \quad (3.1)$$

R_u : YDKT yük kombinasyonları ile hesaplanan gerekli dayanım değeri

R_n : Karakteristik dayanım değeri

Φ : Dayanım katsayısı değeri

ΦR_n : Tasarım dayanımı değeri

3.3.2. Güvenlik katsayıları ile tasarım yöntemi (GKT)

GKT, güvenli dayanım değeri olan R_n/Ω 'in, bu tasarım yönteminde kullanılacak yük birleşimleri ile hesaplanan gerekli dayanım değeri R_a 'ya eşitliği veya daha büyük olması ilkesine dayanır. GKT tasarım yönteminin denklemi Eş. 3.2'de verilmiştir.

$$R_a \leq \frac{R_n}{\Omega} \quad (3.2)$$

R_a : GKT yük kombinasyonları ile hesaplanan gerekli dayanım değeri

R_n : Karakteristik dayanım değeri

Ω : Güvenlik katsayısı değeri

R_n/Ω : Güvenli dayanım değeri

3.4. TS-648'e Göre Tasarım Yöntemleri

Çalışmanın bu bölümünde TS-648 yönetmeliğinin izin vermiş olduğu hesap yöntemi olan emniyet gerilmesi yöntemi hakkında bilgi verilmiştir.

3.4.1. Emniyet gerilmeleri yöntemi

Emniyet gerilmeleri hesap yöntemi, deprem etkisi altında olan yapıların tasarımında kullanılan eski yöntemlerdendir. Bu yöntemde temel ilke, yük etkisinde olan elemandaki gerilme değeri, emniyetli gerilme değeri değerini aşmamalıdır. Emniyet gerilmesi seçilecek olan yapı elemanının malzemesine göre değişmektedir. Aynı zamanda daima elastik sınırlar içerisinde tutulmalı ve hiçbir şekilde akma gerilmesini geçmemelidir. Bu hesap yönteminde kullanılacak yükler işletme (servis yükleri) yükleri olmalıdır. Buna göre, yapı elemanının maruz kaldığı işletme yükü etkisi altında sadece normal gerilmenin meydana geldiği yapı elemanında oluşan gerilme değeri olan σ , emniyet gerilmesi değeri σ_{em} ’den küçük veya eşit olması gerekir. Bu bağıntı Eş. 3.3’de verilmiştir (Çelik, 2019).

$$\sigma \leq \sigma_{em} \quad (3.3)$$

σ : Yapı elemanında oluşan gerilme

σ_{em} : Seçili malzemenin emniyet gerilmesi

Emniyet gerilmeleri hesap yönteminde herhangi bir katsayı kullanarak dış yüklerde artış yapılmaz. Yüklemede kullanılacak emniyet gerilmesi değerleri esas yük (EY) ve esas + ilave yük (EIY) durumlarına göre ayrı katsayı değerleri kullanarak belirlenir. İki yapısal çelik sınıfı yaygın olarak kullanılmaktadır ve bunların emniyet gerilmeleri değerleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir (Ar, 2009).

Çizelge 3.1. TS-648’e göre Fe-37 ve Fe-52 yapı çeliklerinin emniyetli gerilme değerleri

Yapı Çeliği Sınıfı	Çekme Emniyet Gerilmesi (σ_{cem} , N/mm ²)		Kayma Emniyet Gerilmesi (τ_{em} , N/mm ²)	
	EY	EIY	EY	EIY
Fe-37	141	164	82	105
Fe-52	212	240	122	155

3.5. Yük Kombinasyonları

Yapı sistemleri tasarlanırken karakteristik yük değerleri TS-498’e uyacak biçimde belirlenmektedir. Kar yüklerinin hesabında TS EN 1991-1-3 ve rüzgâr yüklerinin hesabında ise TS EN 1991-1-4 yönetmelikleri esas alınacaktır. Deprem etkisi olan E değerinin tanımlanması için deprem yönetmeliklerindeki esaslar göz önüne alınacaktır.

Yük kombinasyonlarında yer alan yük tanımları aşağıda verilmiştir.

- G : Sabit yük
 Q : Hareketli yük
 Q_r : Çatı hareketli yükü
 S : Kar yükü
 R : Yağmur yükü
 W : Rüzgâr yükü
 E : Deprem etkisi
 F : Akışkan madde kaynaklı basınç yükü
 T : Sıcaklık değişimi veya mesnet çökme etkileri
 H : Yatay zemin basıncı, zemin suyu basıncı veya yığılı madde basıncı etkileri

3.5.1. ÇYTHYE-2018'e göre yük kombinasyonları

ÇYTHYE-2018 yönetmeliğine göre iki hesap yöntemi bulunmaktadır ve dolayısıyla bu yöntemler için ayrı ayrı yük kombinasyonları bulunmaktadır. YDKT ve GKT'ye göre kullanılan yük kombinasyonları burada verilmiştir.

Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım yönteminde kullanılan yük kombinasyonları aşağıda verilmiştir.

- 1,4G
- 1,2G + 1,6(Q_r veya S veya R)
- 1,2G + 1,6Q + 0,5(Q_r veya S veya R)
- 1,2G + 1,6(Q_r veya S veya R) + (Q veya 0,8W)
- 1,2G + 1,0Q + 0,5(Q_r veya S veya R) + 1,6W
- 1,2G + 1,0Q + 0,2S + 1,0E
- 0,9G + 1,6W
- 0,9G + 1,0E

Güvenlik Katsayıları ile Tasarım yönteminde kullanılmakta olan yük kombinasyonları aşağıda verilmiştir.

- G
- $G + Q$
- $G + (Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- $G + 0,75Q + 0,75(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R)$
- $G + 1,0W$
- $G + 0,7E$
- $G + 0,75Q + 0,75(Q_r \text{ veya } S \text{ veya } R) + 0,75W$
- $G + 0,75Q + 0,75S + 0,75(0,7E)$
- $0,6G + W$
- $0,6G + 0,7E$

3.5.2. TS-648 standardına göre yük kombinasyonları

TS-648'e göre sadece emniyet gerilmeleri ile tasarım yönteminde kullanılan yük kombinasyonları hesap yöntemini benimsemiştir. Emniyet gerilmeleri tasarım yönteminde yük kombinasyonlarında yüklerde bir katsayı ile artış yapılmamaktadır. Söz konusu yöntemde kullanılmakta olan yük kombinasyonları aşağıda verilmiştir.

- G
- $G + Q$
- $G + W$
- $G + L + W$
- $G + E$
- $G + Q + E$

3.6. Çekme Kuvveti Etkisindeki Elemanların Tasarımı

Burada hem TS 648 hem de ÇYTHYE-2018'e göre çekme kuvveti etkisi altında olan elemanların tasarımı hakkında bilgi verilmiştir.

3.6.1. ÇYTHYE-2018'e göre çekme elemanlarının tasarımı

Çekme kuvveti statik bir kuvvettir ve kesitin ağırlık merkezine etkidiği kabul edilmektedir. Çekme kuvvetine maruz elemanlarında narinlik oranı $L/i \leq 300$ olması tavsiye edilir. Bu sınır koşulu, milleri ve çelik kablolar kapsamamaktadır.

Çekme kuvveti dayanımı

Tasarım çekme kuvveti dayanımı değeri $\Phi_t T_n$ (YDKT) veya güvenli çekme kuvveti dayanımı değeri olan T_n/Ω_g (GKT), eksenel çekme kuvveti etkisi altında olan elemanın, akma sınır durumu, kırılma sınır durumu ve blok kırılma sınır durumlarına göre hesaplanacak dayanım değerlerinin en küçüğü alınmaktadır.

Akma sınır durumu

Çekme etkisindeki elemanlarda akma sınır durumu için, karakteristik çekme kuvveti dayanımı değeri olan T_n , kayıpsız enkesit alanı (A_g) kullanılarak hesaplanmaktadır. Eş. 3.4'de verilmiştir.

$$T_n = F_y \times A_g \quad (3.4)$$

Tasarım çekme kuvveti dayanım değeri $\Phi_t T_n$ (YDKT) veya güvenli çekme kuvveti dayanım değeri T_n/Ω_g (GKT), Eş. 3.5'deki gibidir;

$$\Phi_t = 0,90 \text{ (YDKT)} \quad \text{veya} \quad \Omega_t = 1,67 \text{ (GKT)} \quad (3.5)$$

kabul edilerek belirlenmektedir.

Kırılma sınır durumu

Çekme etkisindeki elemanlarda kırılma sınır durumu için, karakteristik çekme kuvveti dayanımı değeri olan T_n , etkin net enkesit alanı (A_e) kullanılarak hesaplanmaktadır. Eş. 3.6'da verilmiştir.

$$T_n = F_u \times A_e \quad (3.6)$$

Tasarım çekme kuvveti dayanım değeri $\Phi_t T_n$ (YDKT) veya güvenli çekme kuvveti dayanım değeri T_n / Ω_g (GKT), Eş. 3.7'deki gibidir;

$$\Phi_t = 0,75 \text{ (YDKT)} \quad \text{veya} \quad \Omega_t = 2,00 \text{ (GKT)} \quad (3.7)$$

kabul edilerek belirlenmektedir.

Burada;

F_y : Yapısal çeliğin karakteristik akma gerilmesi değeri

F_u : Yapısal çeliğin karakteristik çekme dayanımı değeri

3.6.2. TS-648'e göre çekme elemanlarının tasarımı

Çekme emniyet gerilmesi değeri olan σ_{cem} , faydalı kesitte Eş. 3.8'deki gibi sınırlandırılmıştır.

$$\sigma_{cem} \leq 0,6 \sigma_a \quad (3.8)$$

Aynı zamanda çekme emniyet gerilmesi değeri Eş. 3.9'daki gibi çekme dayanımının yarısını geçmemelidir.

$$\sigma_{cem} \leq 0,5 \sigma_d \quad (3.9)$$

Yük durumuna bağlı olarak bazı durumlarda çekmeye, bazen de basınca çalışmakta olan bu çubukların basınç durumuna göre de boyutlandırılması gereklidir. Çekme çubuklarının narinlik değeri $\lambda \leq 250$ olması gerekmektedir.

3.7. Basınç Kuvveti Etkisindeki Elemanların Tasarımı

Bu bölümde hem TS 648 hem de ÇYTHYE-2018 göre basınç kuvveti etkisindeki elemanların tasarımı hakkında bilgi verilmiştir. Basınç kuvvetine maruz elemanlarda narinlik oranı önemli bir etki olmakla beraber, her iki yönetmelikte de bununla ilgili sınırlamalar vardır.

3.7.1. ÇYTHYE-2018'e göre basınç elemanlarının tasarımı

Eksenel basınç kuvveti etkisindeki çubuklar, enkesit koşullarına bağlı olarak, narin ve narin olmayan enkesitler olarak ikiye ayrılmaktadır. Eksenel basınç kuvveti etkisindeki elemanların tasarımında, belirlenen burkulma boyu ($L_c = KL$) kullanılarak hesaplanacak olan narinlik oranı $L_c/i \leq 300$ olması gerekir.

L_c : Eleman burkulma boyu (KL)

i : Atalet yarıçapı

K : Burkulma boyu katsayısı

L : Eleman uzunluğu

Karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı değeri olan P_n , eksenel basınç kuvveti etkisi altında olan elemanın enkesitinin asal eksenlerinden birisinin etrafında eğilmeli burkulma, burulmalı burkulma ve/veya eğilmeli burulmalı burkulma sınır durumlarına göre hesaplanacak olan dayanım değerlerinin en küçüğü olarak alınmaktadır. Tasarım basınç kuvveti dayanımı değeri $\Phi_c P_n$ (YDKT) veya güvenli basınç kuvveti dayanımı değeri P_n/Ω_c (GKT) bütün basınç elemanlarında Eş. 3.10'daki gibidir,

$$\Phi_c = 0,90 \text{ (YDKT)} \quad \text{veya} \quad \Omega_c = 1,67 \text{ (GKT)} \quad (3.10)$$

olacak şekilde, bu bölümde tanımlanmakta olan kurallara uygun biçimde hesaplanacaktır.

Basınç kuvveti dayanımı

Eksenel basınç kuvveti etkisi altındaki elemanlarda, karakteristik eksenel basınç kuvveti dayanımı değeri olan P_n , Eş. 3.11 ile hesaplanmaktadır.

$$P_n = F_{cr} \times A_g \quad (3.11)$$

Kritik burkulma gerilme değeri olan F_{cr} Eş. 3.12 ve Eş. 3.13'de tarif edilen formüllere göre hesaplanmaktadır.

$$\frac{L_c}{i} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \left(\text{veya} \quad \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25 \right) \text{ için; } F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (3.12)$$

$$\frac{L_c}{i} \geq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \left(\text{veya } \frac{F_y}{F_e} > 2,25 \right) \text{ için; } F_{cr} = 0,877 \times F_e \quad (3.13)$$

A_g : Kayıpsız enkesit alanı değeri

F_e : Elastik burkulma gerilmesi

F_y : Yapısal çeliğin karakteristik akma gerilmesi

F_{cr} : Kritik burkulma gerilmesi

Eğilmeli burkulma sınır durumu

Eğilmeli burkulma sınır durumunda enkesit özelliklerine bağlı olmaksızın, tüm basınç elemanlarında dikkate alınmaktadır. Bu sınır durumunda karakteristik basınç dayanımı değeri Eş. 3.11 ile hesaplanmaktadır.

Buna göre, Eş. 3.12 ve Eş. 3.13 denklemlerindeki elastik burkulma gerilmesi değeri olan F_e , Eş. 3.14 ile hesaplanmaktadır.

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{i}\right)^2} \quad (3.14)$$

Basınç etkisindeki elemanlarda enkesit koşulları aşağıdakiler gibi de olabilir:

- Tek simetri ekseni olan basınç elemanlarında (sırtlarından yerleştirilmiş çift korniyer, T profiller, vb.) çift simetri eksenli enkesitleri olan bazı yapma basınç elemanlarında (+ şekilli yapma enkesitler) ve simetri ekseni olmayan basınç elemanları
- Tek korniyerli basınç elemanları
- Yapma enkesitten oluşan basınç elemanları
- Narin enkesiti olan basınç elemanları

Eğer enkesitler yukarıda verilenlerden biri ise, ÇYTHYE-2018 yönetmeliğinin 8. bölümünde verilen formüller kullanılarak hesaplamalar yapılabilmektedir.

3.7.2. TS-648'e göre basınç elemanlarının tasarımı

Merkezi basınca çalışmakta olan iki ucu mafsallı çubukların burkulmaları incelenmiştir ve çubukların narinlik değerleri Eş. 3.15'deki gibi sınırlandırılmaktadır.

$$\lambda \leq 250 \quad (3.15)$$

Basınç kuvveti etkisi altında olan kafes kiriş düzlemindeki tavsiye edilen burkulma boyları S_k , çubukların (s) sistem uzunluğuna eşit alınmalıdır. Kafes kiriş düzeleminin dışında burkulma boyunun çubuk uzunluğuna eşit olması için, basınç başlığı düğüm noktalarının kiriş düzleminde dışı doğru hareketleri engellenmiş olmalıdır.

Basınca çalışan elemanların mesnet koşullarına göre değişen burkulma boyları genel durumlar için Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Şekil 3.2'de mesnetlerde istenilen durum tamamen gerçekleşmeyeceği için, tavsiye edilen değerler eşdeğer teorik değerlerden daha yüksek tutulmuştur.

Kesikli çizgilerle basınç çubuğunun burkulma şekli gösterilmiştir.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Teorik burkulma boyu katsayısı	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Tavsiye edilen burkulma boyu katsayısı	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Mesnetlenme koşulları	 Dönme ve ötelenme önlenmiş  Dönme serbest, ötelenme önlenmiş  Dönme önlenmiş, ötelenme serbest  Dönme ve ötelenme serbest					

Şekil 3.2. Basınç elemanlarında burkulma boyları

Çerçevelerde basınç çubuklarının burkulma boyu katsayısı değeri olan K, çerçevenin yanal hareketinin önlenip önlenmemesine göre Şekil 3.3 ile elde edilir. Çerçeve basınç çubuğunun A ve B uçlarında Şekil 3.3'te kullanılacak G katsayısı Eş. 3.16 ile hesaplanmaktadır.

$$G = \frac{\sum \frac{I_c}{S_c}}{\sum \frac{I_g}{S_g}} \quad (3.16)$$

G : Burkulma boyu hesabında kullanılmakta olan katsayı

I_c : Hesaba katılacak olan noktaya rijit bağlanmış ve burkulma boyunun hesaplanacağı düzlemdeki kolonlara ait atalet momenti (cm^4)

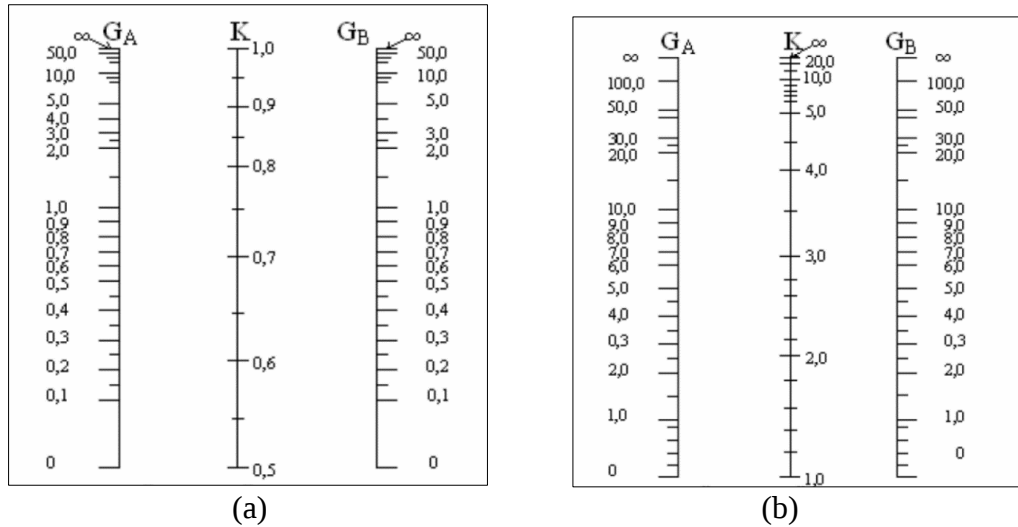
I_g : Hesaba katılacak olan noktaya rijit bağlanmış ve burkulma boyunun hesaplanacağı düzlemdeki kirişlere ait atalet momenti (cm^4)

S_c : Hesaba katılacak olan noktaya rijit bağlanmış kolonların boyu (cm)

S_g : Hesaba katılacak olan noktaya rijit bağlanmış kirişlerin boyu (cm)

Eğer kolon temele rijit olarak bağlıysa, o noktada hesaplama yapmadan $G = 1,0$ olarak alınmalıdır. Kolon temele sürtünmesiz, tamamen dönebilir bir mafsalla bağlıysa, $G = 10,0$ alınması gerekir. Kolonun iki ucundaki G_A ve G_B değerleri elde edildikten sonra, yatay ötelenme koşuluna bağlı olarak K burkulma katsayısına ulaşılır. Buna göre burkulma boyu Eş. 3.17 ile hesaplanabilmektedir.

$$S_k = K \times s \quad (3.17)$$



Şekil 3.3. a) Öteleme önlenmiş burkulma boyu hesabındaki K burkulma katsayısı nomogramları b) Öteleme önlenmemiş burkulma boyu hesabındaki K burkulma katsayısı nomogramları

Burkulma sayıları yöntemi ile basınç gerilmesinin tahkik edilmesi

Burkulma boyu katsayısı yöntemi ile tek parçalı basınç elemanlarında gerilme takiki yapılırken Eş. 3.18'deki koşullar sağlanmalıdır.

$$\sigma_b = \omega \times \frac{P}{F} \leq \sigma_{cem} \quad (3.18)$$

P : Elemana etki eden en yüksek basınç kuvveti değeri (t veya kN)

F : Elemanın kesit alanı değeri (cm²)

σ_{cem} : İncelenen yükleme ve malzemeye göre çekme emniyet gerilmesi değeri (kg/cm²)

ω : Çubuğun narinliği olan λ ile bağlantılı olarak TS-648'deki tablolardan alınacak burkulma katsayısı değeri, (Eş.3.19'deki gibi hesaplanmaktadır.)

$$\left(\omega = \frac{\sigma_{cem}}{\sigma_{bem}} \right) \quad (3.19)$$

σ_{bem} : İncelenen yükleme ve malzemeye göre basınç emniyet gerilmesi değeri (kg/cm²)

λ : λ_x ve λ_y narinlik değerlerinden büyük olanı

λ_x, λ_y : Elemanların sırasıyla x ve y eksenlerine göre narinlikleri (narinlik oranı), (Eş. 3.20'deki gibi hesaplanmaktadır.)

$$\lambda_x = \frac{S_{kx}}{i_x} \text{ ve } \lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} \quad (3.20)$$

S_{kx}, S_{ky} : Elemanların x,y asal eksenlerine göre dik düzlemdeki burkulma boyu değerleri(cm)

i_x, i_y : Elemanların sırasıyla x,y eksenlerine ait olan atalet yarıçapları (cm)

$\lambda < 20$ olan çubuklarda burkulma hesabı yapılmamaktadır.

Narinlik etkisi göz önüne alınarak burkulma gerilmesinin tahkiki yönetmelikte verilen formüllerle ayrıca hesaplanabilmektedir.

Eş. 3.16-3.20 arasında anlatılan kısım tek parçalı çubuklar için kullanılabilir. Basınca çalışan diğer elemanlar aynı zamanda aşağıdakiler gibi de olabilir:

- Enkesitleri sabit çok parçalı çubuklar

- Atalet momentleri değişken çubuklar

Eğer seçili eleman yukarıdakilerden biri ise, TS-648 standardının 3. bölümünde verilen formüller kullanılarak hesaplanabilmektedir.

3.8. Eğilme Etkisindeki Elemanların Tasarımı

Bu kısımda eğilme etkisi altında olan elemanların her iki yönetmeliğe göre tasarımı hakkında bilgi verilmiştir.

3.8.1. ÇYTHYE-2018'e göre eğilme etkisindeki elemanların tasarım

Eğilme etkisinde olan elemanların karakteristik eğilme momenti dayanımı değeri M_n , muhtemel bir göçme sınır durumu için belirlenecek dayanım değerlerinin en küçüğü olarak alınmaktadır. Bütün eğilme elemanları için Eş. 3.21'deki gibidir,

$$\Phi_b = 0,90 \text{ (YDKT)} \quad \text{veya} \quad \Omega_b = 1,67 \text{ (GKT)} \quad (3.21)$$

değerleri alınarak, eğilme elemanında tasarım eğilme momenti dayanım değeri $\Phi_b M_n$ (YDKT), güvenli eğilme momenti dayanım değeri olan M_n/Ω_b (GKT) yönetmelikte belirtilen koşullar göz önüne alınarak belirlenmektedir.

- Yapı elemanının asal eksenlerine paralel olan düzlemlerin birinde yük etkisi altında olması ve boyuna eksenlerinin etrafında burulmasının mesnetlerde ve yük etkime noktalarında önlendiği varsayımına dayanır.
- Elemanların enkesit parçaları eğilme etkisinde ÇYTHYE-2018 Tablo 5.1'de verilmiş enkesit koşullarına göre kompakt, kompakt olmayan veya narin olarak sınıflandırılır. Bu tablo çalışmanın Ek-1 bölümünde verilmiştir.
- Yanal burulmalı burkulma sınır durumunda ise; yanal stabilite ile desteklenen yerler arasındaki uzunluk boyunca, eğilme momentinin yayılışı olumlu katkısı Eş. 3.22 ile tanımlanmakta olan moment düzeltme katsayısı değeri olan C_b ile hesaba katılabilmektedir.

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \quad (3.22)$$

Yukarıdaki denkleme göre, çift simetri eksenli elemanlar ve tek simetri eksenli tek eğrilikli eğilme etkisi altında olan elemanlar için kullanılabilir. Çift eğrilikli eğilme etkisi altında olan tek simetri eksenli elemanlarda ise, C_b değeri analizle belirlenmelidir. Fakat tüm yükleme durumlarında güvenli bölgede kalan bir yaklaşım ile $C_b = 1,0$ olarak alınabilmektedir.

- Çift eğrilikli eğilme etkisi altında olan tek simetri ekseni olan elemanlarda ise; yanal burulmalı burkulma sınır durumu eleman enkesitinin her iki başlık kısmında da göz önüne alınmaktadır.
- Mesnet enkesitinde çarpılmanın engellendiği ve serbest ucu yanal olarak desteklenmeyen konsol kirişlerde, $C_b = 1,0$ olarak alınır.

M_{maks} : Yanal stabilite bağlantısıyla desteklenen noktalar arasındaki kiriş uzunluğu boyunca en büyük eğilme momentinin mutlak değeri

M_A : Yanal stabilite bağlantısıyla desteklenen noktalar arasındaki kiriş uzunluğunun 1/4 noktasındaki eğilme momentinin mutlak değeri

M_B : Yanal stabilite bağlantısıyla desteklenen noktalar arasındaki kiriş uzunluğunun 1/2 noktasındaki eğilme momentinin mutlak değeri

M_C : Yanal stabilite bağlantısıyla desteklenen noktalar arasındaki kiriş uzunluğunun 3/4 noktasındaki eğilme momentinin mutlak değeri

Hesaplamalar enkesit özelliklerine göre değişmektedir ve aşağıda verilen enkesit özelliklerine göre farklı hesaplamalar yapılmaktadır.

- Kuvvetli eksenleri etrafında eğilme etkisinde olan kompakt U kesitli ve çift simetri ekseni olan kompakt I kesitli elemanlar
- Kuvvetli eksenleri etrafında eğilme etkisinde olan kompakt gövdeli ve kompakt olmayan veya narin başlıklı çift simetri ekseni olan I kesitli elemanlar
- Kuvvetli eksenleri etrafında eğilme etkisinde olan kompakt veya kompakt olmayan gövdeli diğer I enkesitli elemanlar
- Kuvvetli eksen etrafında eğilme etkisinde olan tek ve çift simetri ekseni olan narin gövdesi olan I kesitli elemanlar
- Zayıf eksen etrafında eğilme etkisinde olan I kesitli ve U kesitli elemanlar
- Kutu kesitli elemanlar

- Boru kesitli elemanlar
- Simetri düzleminde yük etkisinde olan çift korniyer ve T enkesitli elemanlar
- Tek korniyerli elemanlar
- Dolu kesitli elemanlar
- Simetri ekseni olmayan elemanlar

Yukarıda maddeler halinde verilen yukarıdaki bilgilerin hesaplamaları ile bilgiler yönetmelikte detaylıca verilmektedir.

3.8.2. TS-648'e göre eğilme etkisindeki elemanların tasarımı

Eski yönetmeliğe göre bir kiriş tasarlanırken, gerilme kontrolü, kesme kontrolü ve yanal burkulma kontrolü yapılmalıdır. Aynı zamanda kiriş iki eksenli bükülmeye maruz kalıyorsa, ayrıca kontrol yapılmalıdır (Zervent, 2009).

Gerilme kontrolü

Kirişteki eğilme gerilmesi değeri, eğilmede izin verilen basınç gerilmesi değerinden daha düşük olmalıdır. Eğilme gerilmesi Eş. 3.23'de gösterildiği gibi hesaplanabilmektedir.

$$\sigma_{maks} = \frac{M_{maks}}{W_{el}} \leq \sigma_{eem} = 0,6 \times \sigma_{\text{çem}} \quad (3.23)$$

- σ_{maks} : Kirişteki maksimum gerilme değeri
 M_{maks} : Eğilme eksenindeki maksimum moment değeri
 W_{el} : Enkesitin elastisite modülü
 σ_{eem} : Eğilme emniyet gerilmesi
 $\sigma_{\text{çem}}$: Çekme emniyet gerilmesi

Kesme kontrolü

Kirişteki kesme gerilmesi değeri, izin verilen kesme gerilmesinden daha düşük olmalıdır. Açık kesite (simetrik kesit) sahip olan kirişlerde, kesme gerilmesi Eş. 3.24 ile elde edilmektedir.

$$\tau = \frac{V_y * Q_x}{I_x * t} \mp \frac{V_x * Q_y}{I_y * t} \leq \tau_{kem} = \frac{\sigma_{cem}}{\sqrt{3}} \quad (3.24)$$

V : Dış kesme kuvveti

Q : Alanın statik momenti

I : Atalet momenti

t : Kesitin enine genişliği

σ_{cem} : Çekme emniyet gerilmesi

τ_{kem} : Kesme emniyet gerilmesi

Yanal burkulma kontrolü

Eksenel simetrik ve gövde yönünde yük etkisinde olan kirişlerde ve büyük asal eksenine göre yüklenmiş U-enkesitli kirişlerde basınç emniyet gerilmesi değeri daha kesin hesap metotlarıyla belirlenmediği müddetçe Eş. 3.25 ve Eş. 3.26'daki formüllerden ulaşılan gerilme değerlerinden en büyük olanı emniyet gerilmesi değeri olarak alınmaktadır. Ayrıca bu değer $0,6\sigma_a$ değerini geçemez.

$$\frac{s}{i_y} \leq \sqrt{\frac{30000000C_b}{\sigma_a}} \quad \text{ise; } \sigma_B = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times (s/i_y)^2}{90000000C_b} \right] \sigma_a < 0,6\sigma_a \quad (3.25)$$

$$\frac{s}{i_y} \geq \sqrt{\frac{30000000C_b}{\sigma_a}} \quad \text{ise; } \sigma_B = \frac{10000000C_b}{(s/i_y)^2} \quad (3.26)$$

Basınç başlığı dolu ve yaklaşık olarak dikdörtgen bir enkesite sahip ve enkesitin çekme başlığı enkesitinden daha küçük değil ise, Eş. 3.27'deki gibi hesaplanır;

$$\sigma_B = \frac{840000C_b}{s \times d / F_b} \quad (3.27)$$

s : Kirişin basınç başlığı kısmında dönme ve yanal deplasmana karşı mesnetler arası mesafe (cm)

i_y : Basınç başlığı kısmı ve gövdenin basınç bölgesinin 1/3'ünün gövde eksenine göre atalet yarıçapı (cm)

F_b : Basınç başlığının enkesit alanı değeri (cm²)

d : Başlıklar arası dıştan mesafe (cm)

σ_B : Yanal burkulma göz önüne alındığında basınç emniyet gerilmesi değeri (kg/cm²)

σ_a : Basınç başlığının akma gerilmesi değeri (kg/cm²)

C_b : Katsayı (Eş. 3.28'deki gibi hesaplanmaktadır.)

$$C_b = 1,75 + 1,05 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + 0,3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \mp 2,3 \quad (3.28)$$

M_1 : Kirişte yanal destek olan noktalardaki en küçük uç moment

M_2 : Kirişte yanal destek olan noktalardaki en büyük uç moment

Momentler oranı M_1/M_2 , eğer aynı işaretliyse (iki yönlü eğilme) pozitif, ayrı işaretlere sahipse (tek yönlü eğilme) negatif olur. Yanal mesnetler arasındaki herhangi bir noktadaki moment değeri uç moment değerlerinden fazla ise; $C_b = 1,0$ alınması gerekir.

3.9. Basınç ve Eğilme Kuvveti Etkisindeki Elemanların Tasarımı

Çalışmanın bu bölümünde hem basınç hem de eğilme kuvveti etkisindeki elemanların tasarım metodundan bahsedilmiştir.

3.9.1. ÇYTHYE-2018'e göre basınç ve eğilme etkisindeki elemanların tasarımı

Eğilme ve basınç kuvveti etkisi altında olan, çift ve tek simetri ekseni olan elemanlarda eğilme momenti ve eksenel basınç kuvveti etkileşimi Eş. 3.29 ve Eş. 3.30 denklemlerindeki gibi sınırlandırılmaktadır.

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2 \text{ için; } \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.29)$$

$$\frac{P_r}{P_c} < 0,2 \text{ için; } \frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.30)$$

Burada;

P_r : YDKT ve GKT yük kombinasyonları için ulaşılan gerekli eksenel kuvvet dayanımı

P_c : Mevcut eksenel basınç kuvveti dayanım değeri ($= \Phi_c P_n$ veya P_n/Ω_c)

M_r : YDKT ve GKT yük kombinasyonları için elde edilen gerekli eğilme momenti dayanımı

M_c : Mevcut eğilme momenti dayanım değeri ($= \Phi_b M_n$ veya M_n/Ω_b)

x : Kuvvetli eksenin alt indisi
y : Zayıf eksenin alt indisi

YDKT'ye göre;

Φ_c : Basınç kuvveti etkisine göre dayanım katsayısı değeri (0,90)
 Φ_b : Eğilme momenti etkisine göre dayanım katsayısı değeri (0,90)

GKT'ye göre;

Ω_c : Basınç kuvveti etkisine göre güvenlik katsayısı değeri (1,67)
 Ω_b : Eğilme momenti etkisine göre güvenlik katsayısı değeri (1,67)

3.9.2. TS-648'e göre basınç ve eğilme etkisindeki elemanların tasarımı

Dış merkezli bir basınç kuvveti veya merkezi bir basınç kuvvetiyle birlikte M_x ve/veya M_y eğilme momentleri etkisi altında olan elemanlarda burkulma tahkiki ve burkulmasız gerilme tahkiki Eş. 3.31 ve Eş. 3.32'deki denklemler ile yapılmaktadır.

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx}\sigma_{bx}}{\left(1,0 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex'}}\right)\sigma_{Bx}} + \frac{C_{my}\sigma_{by}}{\left(1,0 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ey'}}\right)} \leq 1,0 \quad (3.31)$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{0,6\sigma_{ba}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \leq 1,0 \quad (3.32)$$

Eğer;

$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} \leq 0,15$ ise; Eş. 3.33'deki formül kullanılabilir.

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ba}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \leq 1,0 \quad (3.33)$$

Burada;

σ_{bem} : Sadece basınç kuvvetinin etkisinde izin verilecek gerilme değeri
 σ_B : Sadece eğilme momentinin etkisinde izin verilecek basınç eğilme gerilmesi değeri

$$\sigma_{e'} : = \frac{\pi^2 e}{(K \cdot S_b / I_b)^2} * \frac{1}{2,5} = \frac{8\,290\,000}{(K \cdot S_b / I_b)^2}$$

S_b : Mesnetlerin arasındaki desteksiz mesafe

I_b : Eğilme etkisi olan düzleme dik eksene göre atalet yarıçapı değeri

K : Eğilme etkisi olan eksene göre burkulma boyunu hesaplamak için kullanılmakta olan katsayı

σ_{eb} : Sadece basınç kuvvetinin etkisinde hesaplanan gerilme

σ_b : Sadece eğilme momentinin etkisinde hesaplanan basınç gerilmesi

C_m : Uç momentleri, y açıklık momentleri ve yanal desteklemeyi göz önünde bulunduran bir katsayı

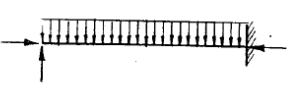
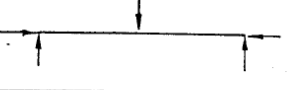
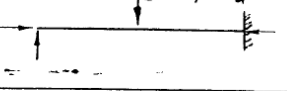
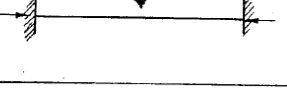
- Yanal deplasman mümkün olduğu durumlarda; $C_m = 0,85$
- Düğüm noktalarının ötelenmesine izin verilmeyen çerçeve sistemlerde ve eğilmenin olacağı düzlemde yük olmayan elemanlarda Eş. 3.34 ile hesaplanır,

$$C_m = 0,6 - 0,4 \times \frac{M_1}{M_2} \geq 0,4 \quad (3.34)$$

M_1/M_2 elemanın iki ucundaki eğilme momentlerinin küçük olanının büyük olana oranıdır ve iki yönlü eğilme durumunda pozitif, tek yönlü eğilme durumunda da negatif olur.

- Düğüm noktalarının ötelenmesine izin verilmeyen çerçeve sistemlerde ve eğilmenin olacağı düzlemde yük etkisinde olan elemanlarda C_m kesin hesap yöntemleriyle hesaplanmalıdır. TS-648'in Çizelge 10'unda verilmiş olan durumlar için; Eş. 3.35 ile hesaplanabilmektedir ve Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Ψ değerinin belirlenmesi

Durum	Ψ	C_m
	0	1,0
	- 0,3	$1 - 0,3 \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{e'}}$
	- 0,4	$1 - 0,4 \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{e'}}$
	- 0,2	$1 - 0,2 \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{e'}}$
	- 0,4	$1 - 0,4 \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{e'}}$
	- 0,6	$1 - 0,6 \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{e'}}$

$$C_m = 1 + \Psi \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{e'}} \quad (3.35)$$

Formülümüzdeki " Ψ " Eş. 3.36 ile belirlenmektedir;

$$\Psi = \frac{\pi^2 \delta_0 EI}{M_0 S^2} \quad (3.36)$$

δ_0 : Eğilme yükü nedeniyle meydana gelecek maksimum deplasman

M_0 : Maksimum moment

Merkezi basınç etkisi haricinde, yatay veya eğik durumları nedeniyle kendi öz yüklerinin etkisiyle eğilmeye çalışan elemanların da yukarıdaki gibi hesaplanmaları gerekmektedir.

3.10. Kesme Kuvveti Etkisindeki Elemanların Tasarımı

Eski çelik yapılar yönetmeliğinde kesme kuvveti etkisindeki elemanların tasarımıyla ilgili bir bölüm bulunmamaktadır ve ÇYTHYE-2018 ile birlikte bu tip elemanlar için de tasarım bölümü eklenmiştir.

Kesme kuvveti etkisi altındaki elemanın tasarım kesme kuvveti dayanım değeri $\Phi_v V_n$ (YDKT) veya güvenli kesme kuvveti dayanım değeri V_n/Ω_v (GKT), ÇYTHYE-2018 bölüm 10.2.1(a)'da verilen durum haricinde diğer tüm kesme kuvveti etkisi altında olan elemanlar için Eş. 3.37'deki gibidir;

$$\Phi_v = 0,90 \text{ (YDKT)} \quad \text{veya} \quad \Omega_v = 1,67 \text{ (GKT)} \quad (3.37)$$

değerleri alınarak, yönetmeliğin kesme kuvveti etkisindeki elemanların tasarımı bölümünde verilen kurallar çerçevesinde belirlenmektedir.

Aşağıdaki enkesit koşulları için yönetmelikte belirtilen tasarım kurallarına göre hesaplamalar yapılabilmektedir.

- I-Enkesitli ve U-Enkesitli elemanlar
- Kutu kesitli elemanlar
- Boru kesitli elemanlar
- Tek korniyerli ve T kesitli elemanlar
- Başlıklara paralel düzlemde kesme kuvvetine maruz olan tek ve çift simetri eksenli elemanlar
- Gövdesi boşluklu olan kirişler

3.11. Göreli Kat Ötelemeleri

Göreli kat ötelemesi, düşey yapı elemanının (kolon veya perde) üst veya alt katındaki düşey elemana göre yerdeğiştirmesi anlamına gelmektedir. Bu bölümde her iki yönetmeliğe göre izin verilen göreli kat ötelemelerinden bahsedilecektir.

3.11.1. ÇYTHYE-2018'e göre görelî kat ötelemeleri

Genel esaslar ve yük birleşimleri

Kullanılabilirlik, göz önüne alınan kullanım şartları ve yükler altında, yapıdan beklenen işlevleri sağlaması, kullanıcı konforunun sağlanması, dış görünümün ve çevresel faktörlere karşı dayanıklılığın yerine getirilmesi, yapısal elemanlar dışındaki elemanların olumsuz etkilenmemesi gibi durumların tamamı olarak ifade edilir. Yapı, dış etkiler altında yeterli bir dayanım rijitlik ve stabiliteye sahip olacak biçimde tasarlanmakla beraber, kullanılabilirlik sınır durumları için de kontrol edilmelidir.

Kullanılabilirlik sınır durumları, belirli yük birleşimlerinde, yapı sisteminde yer değiştirme ve ivme gibi davranış büyüklüklerine ait olan sınırlarla tanımlanmaktadır.

G Kullanılabilirlik sınır durumu kontrolünde aşağıdaki yük kombinasyonları kullanılmaktadır.

1. $G + Q$
2. $G + 0,5S$
3. $G + 0,5Q$
4. $G + 0,5Q + W$

Not:

- Sabit ve kısa süreli hareketli yükler veya kar yükleri altında düşey yer değiştirme tahkiklerinde 1 ve 2 numaralı yük kombinasyonları kullanılacaktır.
- Sabit ve uzun süreli hareketli yüklerin etkisi altındaki, çelik-betonarme kompozit elemanlarda rötre ve sünme etkilerini de kapsamakta olan düşey yer değiştirme tahkiklerinde 3 numaralı yük kombinasyonu göz önüne alınacaktır.
- Yapısal elemanların dışındaki elemanları etkileyen düşey yer değiştirme tahkiklerinde, sabit yüklerin söz konusu yapısal elemanın inşasından sonra etki eden bölümü göz önünde bulundurulacaktır.
- Yatay yer değiştirmenin kontrolünde ise, 4 numaralı yük kombinasyonu esas alınmaktadır.

Düşey yerdeğiştirmenin kontrolleri

Yapısal olmayan elemanların hasar görmemesi, işlevlerinin olumsuz etkilenmemesi, göz güvenliğinin bozulmaması ve ikinci mertebe etkilerinin aşırı değerler almaması için, düşey yer değıştirmelerin sınırlandırılması gereklidir.

Hareketli yükler nedeniyle meydana gelen düşey yerdeğıştirme değerlerinin (sehimlerin) açıklığa oranı, kat döşemelerinde $l/360$, çatı döşemelerinde ise $l/240$ sınır değerini aşmamalıdır.

Sabit ve hareketli yüklerin (kar yükleri) etkisi altında, bir önceki bölümde verilmiş olan ilgili yük kombinasyonları ve kurallar göz önüne alınarak hesaplanan toplam düşey yerdeğıştirmelerin açıklığa oranı $l/300$ sınır değerini aşmamalıdır. Konsol elemanlarda ise düşey yerdeğıştirmenin konsol uzunluğuna oranı $l/150$ sınır değerini aşmaması gerekir.

3.11.2. TS-648'e göre görelî kat ötelemeleri

Açıklığı 5 metreden fazla olan kirişlerin sehimleri açıklığın $l/300$ 'ünden, konsol kirişlerin uç kısmındaki sehim konsol uzunluğunun $l/250$ 'sinden fazla olmaması gerekir. Temel ve mesnetlerde ise; ızgara ve dağıtma kirişlerindeki sehim, konsol uzunluğunun en fazla $1/1000$ 'i kadar olmalıdır.

4. TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELEMESİ

Bu bölümde tez çalışması kapsamında, TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 Deprem yönetmelikleri arasındaki değişiklikler incelenecektir.

4.1. Türk Deprem Yönetmeliklerinin Tarihçesi

Ülkemiz aktif bir fay hattı üzerinde bulunmakta ve bu nedenle sık bir şekilde depremlerle karşılaşmaktayız. Dolayısıyla deprem yönetmelikleri büyük bir önem arz etmektedir. Depremler oldukça ve tasarlanmış yapıların deprem performansı bakımından yetersiz görülmeleri sebebiyle, deprem yönetmelikleri güncellenmektedir. Ülkemizde geçmişten günümüze kadar yayınlanmış olan birçok deprem yönetmeliği vardır. İlk deprem yönetmeliğimiz 1940 yılında yayınlanan “Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi” adıyla yayınlanmıştır (Çelik, 2019). Ardından 1947, 1953, 1961, 1968, 1975, 1998, 2007 ve 2018 deprem yönetmelikleri yayınlanmıştır.

Söz konusu yönetmelikler hazırlanırken, tüm dünyada olduğu gibi bizim yönetmeliğimiz de diğer ülkelerin yönetmeliklerinden etkilenmiştir. İlk deprem yönetmeliğimizin temelini İtalyan yönetmeliği oluşturmaktaydı ve bu yönetmelikte deprem bölge ayrımları yoktu. İlk kez 1947 deprem yönetmeliğiyle beraber deprem bölge ayrımlarıyla oluşturulmuştur. 1968 yönetmeliğiyle sınır şartları, 1975 yönetmeliğiyle sünek yapıların tasarımı eklenmiştir. 1997 deprem yönetmeliğinden sonra sünek yapı tasarımıyla ilgili şartlar zorunlu hale getirilmiştir. 2007 deprem yönetmeliğinde ise hesap ve yapı şartları gündeme getirilmiştir. En son yürürlüğe giren 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği de, 2019 yılından itibaren yapılacak bütün yapılar için uygulanması zorunlu kılınmıştır.

2018 deprem yönetmeliğinde 2007 yönetmeliğine kıyasla birçok değişiklikler yapılmıştır.

Yapılan önemli değişiklikler;

- Zemin sınıfı,
- Bina önem katsayıları,
- Deprem yer hareketi,
- Elastik deprem yüklerinin azaltılması,
- Doğrusal hesap yöntemi,

- Bina performans hedefleri olarak sıralanabilir (Çelik, 2019).

4.2. TBDY-2018 ile DBYBHY-2007'nin Kapsam Bakımından Genel Değerlendirilmesi

2018 Deprem Yönetmeliği, 2007 Deprem Yönetmeliğine kıyasla çok daha kapsamlıdır. Yönetmeliklerin sadece sayfa sayılarına bakacak olursak; TBDY-2018 400 sayfa, DBYBHY-2007 ise 150 sayfa civarındadır.

Yeni yönetmelikle beraber gelen başlıca değişiklikler *zemin sınıfı, bina önem katsayıları, deprem yer hareketi, elastik deprem yüklerinin azaltılması, doğrusal hesap yöntemi ve bina performans hedefleri* gibi kavramlar üzerinde düzenleme ve değişiklikler olarak sıralanabilmektedir. En önemli değişikliklerden biri de, AFAD tarafından hazırlanan ve çok daha kapsamlı olan yeni Türkiye Sismik Tehlike Haritasıdır.

Yeni deprem yönetmeliğiyle beraber yüksek yapılar, yalıtımlı yapılar ve çürük ve zayıf zemin koşulları gibi özel durumlar kategorik olarak ayrılmıştır. Ayrıca bunlar için yeni hesap yaklaşımları da mecburi kılınmıştır. Bununla birlikte bu özel hesapların yapımında da, alanında uzman kişilerin ve kuruluşların kontrolüne tabi tutulmuştur. TBDY-2018 ile prefabrik betonarme, hafif çelik ve ahşap bina taşıyıcı sistemler için tasarım prensipleri konuları farklı kısımlara ayrılmıştır (Deliktaş, 2020).

4.3. Yerel Zemin Sınıfı

Zemin sınıfı deprem yönetmeliklerine göre belirlenirken belirli parametreler dikkate alınmaktadır. TBDY-2018'de zemin cinsi, kayma dalgası hızı, standart penetrasyon darbe sayısı ortalaması ve drenajsız kayma dayanımı ortalaması iken; DBYBHY-2007'de zemin grubu tanımı, standart penetrasyon darbe sayısı, relatif sıkılık, serbest basınç direnci ve kayma dalgası hızını göre belirlenmekteydi.

4.3.1. TBDY-2018'e göre zemin sınıfı belirlenmesi

2018 deprem yönetmeliğinde zemin sınıfları 6 gruba ayrılmaktadır. Bu sınıflardan en iyisi ZA olmakla birlikte; ZB, ZC, ZD, ZE ve ZF şeklinde en kötü zemin sınıfına doğru sıralanır. ZF sınıfı zeminler sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektirmektedir. Yeni deprem yönetmeliğine göre zemin sınıfını belirlemedeki parametreler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. TBDY-2018'e göre yerel zemin sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe / 30cm]	$(C_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrıışmış, orta sağlam kayalar	760 - 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 - 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı, sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 - 360	15 - 50	70 - 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak, katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \%40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler; 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.) 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba veya organik içeriği yüksek killer 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer 4) Çok kalın (< 35m) yumuşak veya orta katı killer			
$(V_s)_{30}$	: Kayma dalgası hızı (Üst 30 metredeki),			
$(N_{60})_{30}$	: Standart penetrasyon darbe sayısı ortalaması,			
$(C_u)_{30}$	: Drenajsız kayma dayanımı ortalaması,			
PI	: Plastisite İndisi,			
w	: Doğal su içeriğidir.			

4.3.2. DBYBHY-2007'ye göre zemin sınıfı

2007 deprem yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfı belirlenirken iki ayrı tablo kullanılıyorken, bu çizelgelerden biri zemin grubu belirlemede kullanılmaktadır ve diğerinden de (Çizelge 4.2.) A, B, C ve D olmak üzere 4 ayrı zemin grupları ve Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfları bulunmaktadır. Zemin grupları ve söz konusu parametreler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. DBYBHY-2007'ye göre Zemin Grupları

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Standart Penetr. (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar	-	-	> 1000	>1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl	> 50	85-100	-	>700
	3. Sert kil ve siltli kil	> 32	-	> 400	>700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek ve volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar	-	-	500-1000	700-1000
	2. Sıkı kum, çakıl	30-50	65-85	-	400-700
	3. Çok katı kil ve siltli kil	16-32	-	200-400	300-700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar	-	-	<500	400-700
	2. Orta sıkı kum, çakıl	10-30	35-65	-	200-400
	3. Katı kil ve siltli kil	8-16	-	100-200	200-300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları	-	-	-	< 200
	2. Gevşek kum	< 10	< 35	-	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil	< 8	-	< 100	< 200

İlk çizelgeden elde edilen zemin grubu ve en üst zemin tabakası kalınlığı değerleri ile yerel zemin sınıfı belirlenir. DBYBHY-2007'ye göre 4 ayrı zemin sınıfı bulunmaktadır. Zemin sınıflarının en iyisi Z1 olmakla beraber; Z2, Z3 ve Z4 şeklinde kötü zemin sınıfına doğru sıralanmaktadır. Yerel zemin sınıfları Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. DBYBHY-2007'ye göre Yerel Zemin Sınıfları ve Zemin Grupları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Grupları ve En Üst Zemin Tabaka Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu; (B) grubu olan ($h_1 \leq 15m$)
Z2	(B) grubu olan ($h_1 > 15m$); (C) grubu olan ($h_1 \leq 15m$)
Z3	(C) grubu olan ($15m < h_1 \leq 50m$); (D) grubu olan ($h_1 \leq 10m$)
Z4	(C) grubu olan ($h_1 > 50m$); (D) grubu olan ($h_1 > 15m$)

4.4. Deprem Tehlike Haritası ve Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

Bu bölümde eski ve yeni deprem tehlike haritaları incelenecek ve bununla beraber deprem yer hareketi düzeyleri hakkında bilgi verilecektir.

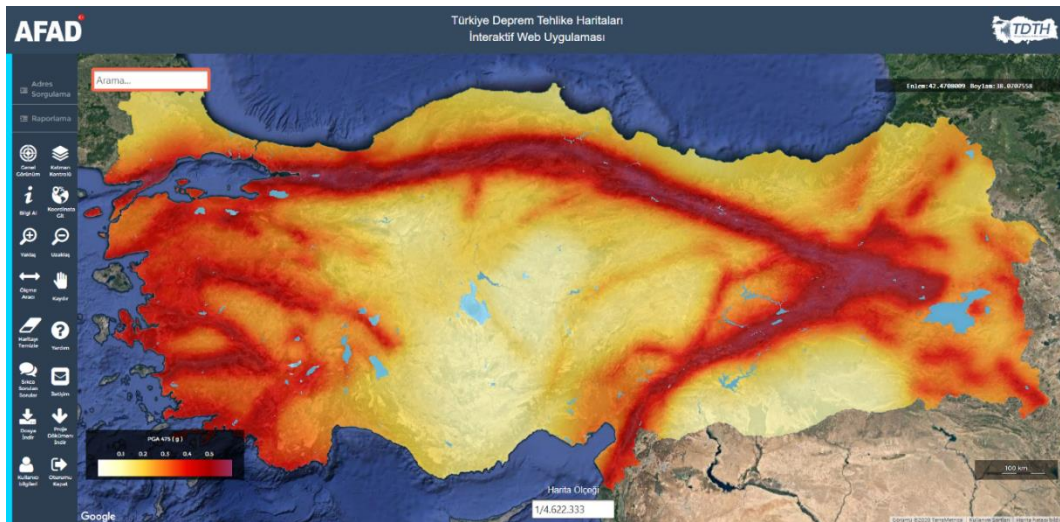
4.4.1. TBDY-2018'e göre deprem tehlike haritası ve deprem yer hareketi düzeyleri

2018 deprem yönetmeliğine göre DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4 olmak üzere dört ayrı deprem yer hareketi düzeyi bulunmaktadır. Deprem düzeyi, “Tekrarlanma Periyodu” ve “50 Yılda aşılma olasılığı” olarak iki parametre ile belirlenmektedir. Standart tasarımlarda tekrarlanma 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve periyodu 475 yıl olan “DD-2” deprem yer hareketi düzeyi kullanılmaktadır. TBDY-2018’de tanımlanan deprem yer hareketi düzeyleri Çizelge 4.4’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.4. TBDY-2018’e göre deprem yer hareketi düzeyi belirlenmesi

Deprem Düzeyi	Tekrarlanma Periyodu	50 Yılda Aşılma Olasılığı	Deprem Sıklığı ve Niteliği
DD-1	2475 yıl	% 2	Çok Seyrek – En Büyük Deprem
DD-2	475 yıl	% 10	Seyrek – Standart Tasarım Depremi
DD-3	72 yıl	% 50	Sık
DD-4	43 yıl	% 68	Çok Sık – Servis Depremi

2018 Deprem Yönetmeliğinde Şekil 4.1’deki deprem tehlike haritası kullanılmaktadır. Bu harita üzerinden seçilecek her koordinata göre farklı tasarım spektrum değerleri tanımlanmaktadır. Buradaki farklılık bizim daha gerçekçi sonuçlar elde etmemizi sağlamaktadır.



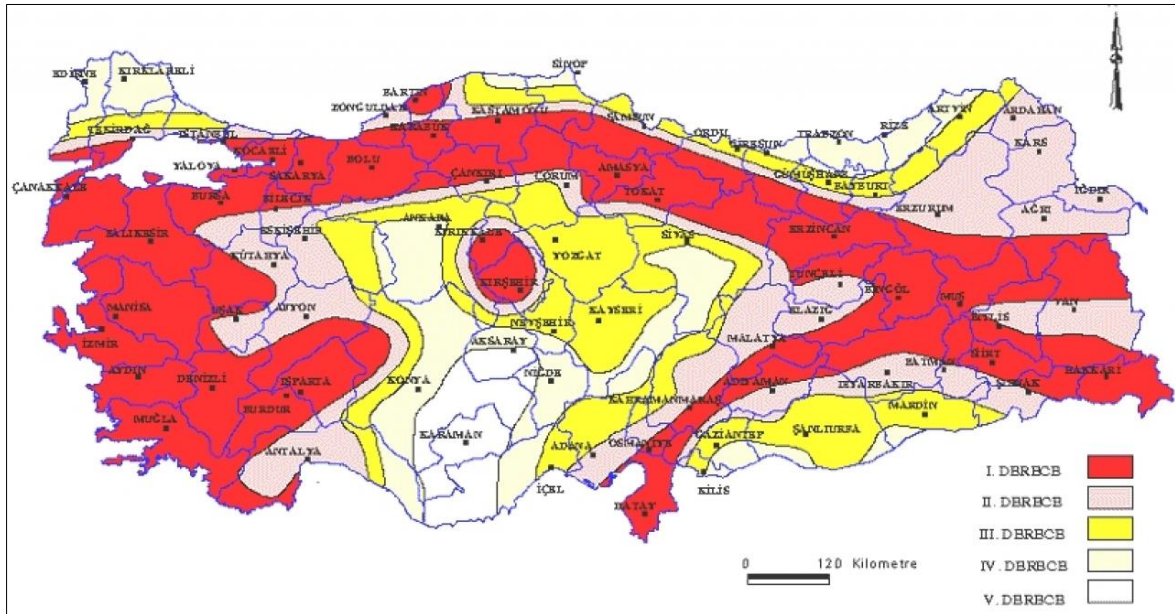
Şekil 4.1. AFAD’ın hazırlamış olduğu interaktif web uygulaması görüntüsü

Yerel zemin sınıfı ve deprem yer hareketi düzeyi belirlendikten sonra yapının inşa edileceği koordinat girilir. Veriler girilip, koordinat seçildikten sonra sistem tarafından oluşturulan raporda başlıca şu parametreler verilmektedir:

- Kısa periyot için harita spektral ivme katsayısı değeri; S_s
- 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı değeri; S_1
- Kısa periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değeri; S_{Ds}
- 1,0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değeri; S_{D1}
- Yerel zemin etki katsayıları olarak listelenebilir.

4.4.2. DBYBHY-2007'ye göre deprem tehlike haritası ve deprem yer hareketi düzeyleri

Eski deprem yönetmeliğinde dört ayrı deprem bölgesi bulunmaktadır. 2007 deprem yönetmeliğinde kullanılan harita Şekil 4.2'de verilmiştir. Bu harita yeni yönetmelikle kıyaslandığında, deprem bölgelerinde daha keskin geçişler olduğu görülmektedir. Tasarım yapılırken yapının bulunduğu il ve/veya ilçe bilgileri dikkate alınarak deprem bölgesi seçimi yapılır. Bir ilçenin tamamı aynı deprem bölgesinde kabul edildiği için TBDY-2018'e göre gerçek değerlere daha uzak sonuçlar verir.



Şekil 4.2. DBYBHY-2007'ye göre deprem tehlike haritası

4.5. TBDY-2018'e Göre Standart Deprem Yer Hareketi Spektrumları

Bu bölümde 2018 deprem yönetmeliğinde yeni getirilen kavramlar yer almaktadır.

4.5.1. Harita spektral ivme katsayıları ve tasarım spektral ivme katsayıları

Harita spektral ivme katsayısı değeri olan S_s , iki dik yatay doğrultudaki deprem etkisinin geometrik ortalamasıdır. Deprem yer hareketi düzeyine ve yapının inşa edileceği zeminin koşulları da göz önüne alınarak, %5 sönüm oranıyla elde edilen harita spektral ivme değerinin yerçekimi ivmesi değerine bölünmesiyle elde edilir. Bu değer boyutsuz bir katsayıdır. İvme katsayıları deprem hareket düzeylerine göre dört farklı şekilde tanımlanmaktadır.

İki ayrı harita spektral ivme katsayısı vardır:

- S_s : Kısa periyot için harita spektral ivme katsayısı değeri
- S_1 : 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı değeri

Söz konusu S_s ve S_1 katsayıları yerel zemin etki katsayıları olan “ F_s ” ve “ F_1 ” değerleriyle çarpılarak “ S_{DS} ” ve “ S_{D1} ” tasarım spektral ivme katsayılarına dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm formülleri Eş. 4.1 ve Eş. 4.2 ile gösterilmiştir.

$$S_{DS} = S_s \times F_s \quad (4.1)$$

$$S_{D1} = S_1 \times F_1 \quad (4.2)$$

4.5.2. Yerel zemin etki katsayıları

Yerel zemin etki katsayısı değerleri olan “ F_s ” ve “ F_1 ”, yerel zemin sınıflarına göre belirlenmektedir. Söz konusu katsayılar, tasarım spektral ivme katsayısı “ S_{DS} ” ve “ S_{D1} ” değerlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. “ F_s ” ve “ F_1 ” belirlenmesi Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları (F_s)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Katsayısı (F_s)					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,50$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,00$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,50$
ZA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ZB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
ZC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
ZD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
ZE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılmalıdır					

Çizelge 4.6. 1,0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları (F_1)

Yerel Zemin Sınıfı	1,0 saniye periyot için Yerel Zemin Katsayısı (F_1)					
	$S_1 \leq 0,10$	$S_1 = 0,20$	$S_1 = 0,30$	$S_1 = 0,40$	$S_1 = 0,50$	$S_1 \geq 0,60$
ZA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ZB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
ZC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
ZD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
ZE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılmalıdır					

En kötü yerel zemin sınıfı olan ZF için sabit katsayılar yoktur. Bu zemin sınıfı için sahaya özel zemin davranış analizi yapılmalıdır.

4.5.3. Yatay elastik tasarım spektrumu

Yatay elastik tasarım spektral ivme değeri olan $S_{ae}(T)$ yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatıdır. Bu ivme değeri göz önüne alınacak deprem yer hareketi düzeyine göre tanımlanmaktadır. $S_{ae}(T)$ doğal titreşim periyoduna bağlıdır ve yerçekimi ivmesi (g) türünden tanımlanır. Eş. 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6'daki denklemlerle hesaplanmakta ve Şekil 4.3'de gösterilmektedir.

$$S_{ae}(T) = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.3)$$

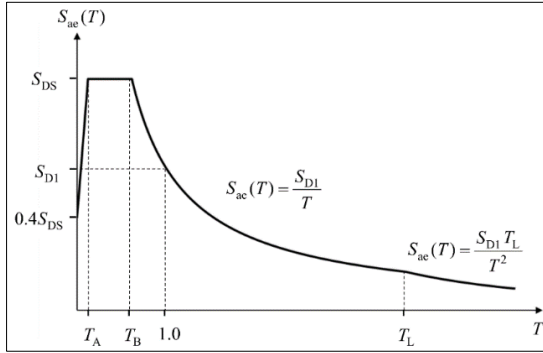
$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (4.4)$$

$$S_{ae}(T) = S_{D1}/T \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (4.5)$$

$$S_{ae}(T) = S_{D1}T_L/T^2 \quad (T_L \leq T) \quad (4.6)$$

Burada “T” doğal titreşim periyodunu ifade etmektedir. S_{DS} ve S_{D1} değerlerine bağlı olarak, yatay tasarım spektrumu köşe periyotları “ T_A ” ve “ T_B ” Eş. 4.7’ye göre belirlenir. Sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu değeri olan “ T_L ” 6 saniye olarak alınacaktır.

$$T_A = 0,2 S_{D1}/S_{DS} \quad ; \quad T_B = S_{D1}/S_{DS} \quad (4.7)$$



Şekil 4.3. TBDY-2018’e göre yatay elastik tasarım ivme spektrumu grafiği

4.5.4. Düşey elastik tasarım spektrumu

Düşey elastik tasarım spektral ivme değeri olan $S_{aeD}(T)$ yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatıdır. İvme değeri tasarım spektral ivme katsayısı değerine ve doğal titreşim periyoduna bağlıdır. Belirlenecek deprem yer hareketi düzeyine göre tanımlanır ve yerçekimi ivmesi türünden tarif edilir. Eş. 4.8, 4.9 ve 4.10 ile tanımlanmakta ve Şekil 4.4’de gösterilmiştir.

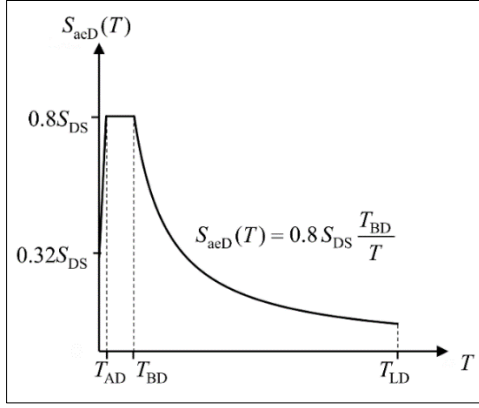
$$S_{aeD}(T) = \left(0,32 + 0,48 T/T_{AD}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD}) \quad (4.8)$$

$$S_{aeD}(T) = 0,8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \quad (4.9)$$

$$S_{aeD}(T) = 0,8 S_{DS} \times T_{BD}/T \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD}) \quad (4.10)$$

T_{LD} periyodu ve düşey spektrum köşe periyodu değerleri olan T_{AD} ve T_{BD} Eş. 4.11’deki denklemler ile hesaplanmaktadır.

$$T_{AD} = T_A/3 \quad ; \quad T_{BD} = T_B/3 \quad ; \quad T_{LD} = T_L/3 \quad (4.11)$$



Şekil 4.4. TBDY-2018'e göre düşey elastik tasarım spektrumu grafiği

4.6. DBYBHY-2007'ye Göre Spektral İvme Katsayısı

Spektral ivme katsayısı değeri olan $A(T)$ deprem yükleri belirlenirken esas alınmaktadır ve Eş. 4.12'de verilmektedir. Spektral ivme katsayısı olan $A(T)$ ve yerçekimin ivmesi (g) değerinin çarpımıyla elastik ivme spektrumu $S_{ae}(T)$ Eş. 4.13 ile elde edilmektedir.

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T) \quad (4.12)$$

$$S_{ae}(T) = A(T) \times g \quad (4.13)$$

4.6.1. Etkin yer ivmesi katsayısı

Etkin yer ivmesi katsayısı olan A_0 değeri, deprem bölgesine göre belirlenmektedir ve Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) değerinin belirlenmesi

Deprem Bölgesi	A_0
1	0,40
2	0,30
3	0,20
4	0,10

4.6.2. Spektrum katsayısı

Spektrum katsayısı ($S(T)$) değeri yerel zemin koşulları ve binanın doğal periyoduna (T) bağlı olarak belirlenmektedir. Hesaplanması Eş. 4.14, 4.15 ve 4.16'da verilmiştir.

$$S(T) = 1 + 1,5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.14)$$

$$S(T) = 2,5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (4.15)$$

$$S(T) = 2,5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0,8} \quad (T_B < T) \quad (4.16)$$

Yerel zemin sınıfları olan Z1, Z2, Z3 ve Z4'e göre spektrum karakteristik periyotları T_A ve T_B değerleri belirlenmektedir. Periyot değerleri Çizelge 4.8'de verilmektedir.

Çizelge 4.8. Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B)

Yerel Zemin Sınıfları	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

4.7. Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısı

Bina önem katsayısı değeri yapının kullanım amacına göre belirlenmektedir. Bu değer in değişmesi yapıya etki eden deprem yükünü de etkilemektedir. Bina önem katsayısı değeri yüksek olan binaların depremden sonra daha az hasar alması beklenmektedir.

4.7.1. TBDY-2018'e göre bina önem katsayılarının belirlenmesi

2018 deprem yönetmeliğine göre 3 ayrı bina önem katsayısı (I) değeri vardır. Bu "I" değeri binanın kullanım amacına göre belirlenmektedir. "Bina kullanım amacı" ve "Bina önem katsayısı" belirlenmesi Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. TBDY-2018’e göre bina önem katsayısının belirlenmesi

Bina Kullanım Sınıfı	Bina Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1,2
BKS = 3	Diğer binalar BKS = 1 ve BKS = 2 için verilen tanıma girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1,0

4.7.2. DBYBHY-2007’ye göre bina önem katsayılarının belirlenmesi

2018 deprem yönetmeliğinde 3 ayrı sınıfa ayrılan bina önem katsayısı, 2007 deprem yönetmeliğinde 4 gruba ayrılmaktaydı. Aynı zamanda “Bina Kullanım Sınıfı (BKS)” tanımı da eski yönetmelikte yer almamaktadır. DBYBHY-2007’ye göre bina kullanım amacı ile bina önem katsayısının belirlendiği değerler Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. DBYBHY-2007’ye göre bina önem katsayısının belirlenmesi

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1,4
İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1,2
Diğer binalar Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1,0

4.8. Deprem Tasarım Sınıfı

Deprem tasarım sınıfı, bina kullanım sınıfı ve kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı değerleri göz önüne alınarak belirlenmektedir ve Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. TBDY-2018’e göre deprem tasarım sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0,33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0,50 \leq S_{DS} < 0,75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0,75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

4.9. Bina Yükseklik Sınıfları

Bina yükseklik sınıfı (BYS) terimi 2007 deprem yönetmeliğinde olmayıp, 2018 deprem yönetmeliğiyle getirilen bir kavramdır. BYS kavramına göre binalar deprem etkisi altında tasarlanırken yükseklikleri açısından sekiz sınıfa ayrılmıştır. BYS belirlenirken deprem tasarım sınıfı (DTS) ve bina yüksekliği (H_N) parametreleri kullanılmaktadır ve Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. TBDY-2018’e göre bina yükseklik sınıfları ve yükseklik aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları (m)		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17,5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10,5 < H_N \leq 17,5$	$17,5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10,5$	$10,5 < H_N \leq 17,5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10,5$	

4.10. Tasarım Yaklaşımları

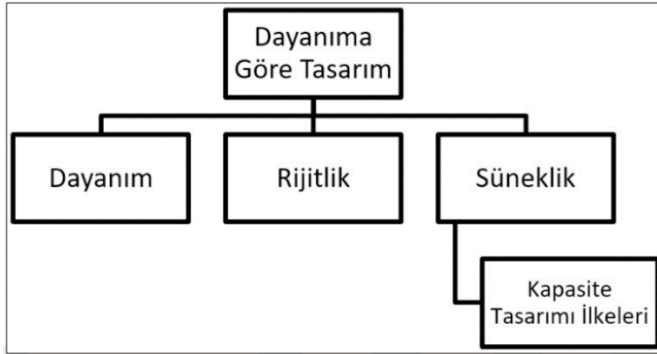
Depreme dayanıklı yapı tasarımında dayanıma göre tasarım (DGT) ve performansa göre tasarım olmak üzere başlıca iki ayrı yöntem bulunmaktadır. 2018 deprem yönetmeliğinde performansa göre tasarım yöntemi, şekil değiştirmeye göre tasarım (ŞGDT) olarak

adlandırılmıştır. Bu tez çalışmasında *dayanıma göre tasarım yöntemi* kullanılacağından dolayı DGT yaklaşımından söz edilmiştir.

4.10.1. Dayanıma göre tasarım yöntemi

Dayanıma göre tasarım DD-2 deprem düzeyi için (tekrarlanma periyodu 475 yıl, 50 yılda aşılma ihtimali %10) doğrusal-elastik teori kullanılarak hesaplanır ve taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan davranışının tasarıma etkisi deprem yönetmeliği kurallarıyla göz önüne alınır (Çelik, 2019).

TBDY-2018'e göre deprem yükleri etkisinde hesabı yapılan yapıların başlıca tasarım yöntemi Dayanıma Göre Tasarım yöntemidir. DGT hesap yöntemine göre depreme dayanıklı yapı tasarımında üç temel bileşen vardır. Bu bileşenler, dayanım, rijitlik ve sistem sünekliğidir. Şekil 4.5'deki gibi gösterilebilir (Özer, 2015).



Şekil 4.5. Dayanıma göre tasarımda üç temel bileşen

Dayanıma göre tasarım yönteminde, deprem yüklerinin azaltılmış değerleri etkisinde taşıyıcı sistemde doğrusal deprem hesabı yapılmaktadır. Hesaplardan elde edilen eleman azaltılmış iç kuvvet değerleri, gerektiğinde dayanım fazlalığı durumu da göz önüne alınarak, diğer yüklerle meydana gelen iç kuvvetlerle birleştirilip dayanım talepleri elde edilmektedir. Bu dayanım talepleri de dayanım kapasiteleri ile karşılaştırılmaktadır. Ardından deprem hesabından elde edilmiş görelî kat ötelemelerinin yönetmeliğin izin verdiği sınırlar içerisinde olup olmadığı kontrol edilir. Dayanım talepleri ve görelî kat ötelemeleri gerekli koşulları sağlıyorsa tasarım sonuçlandırılır. Eğer tam tersi bir durum söz konusu ise kesitler değiştirilir ve tekrar hesap yapılır.

Yatay ve düşey yüklerin etkisindeki yapı gerekli dayanım koşullarını sağlayacak şekilde tasarlandıktan sonra, rijitlik kriterlerini de yerine getirmelidir. Yapının yeterli rijitliğe sağlaması için belirli koşullar vardır.

Başlıca rijitlik kriterleri şunlardır:

- Normal kullanım ve küçük deprem etkilerinde yapının kullanıcılar için yeterli konforu sorunsuz yerine getirebilmelidir.
- Orta ve büyük deprem etkisinde, taşıyıcı sistemin bütünlüğü korunmalı ve diğer yapı elemanlarında aşırı şekil değiştirme olmamalıdır.
- Yapıda meydana gelen şekil değiştirmeler ikinci mertebe denklemlerinde etki oluşturmayacak biçimde sınırlandırılmalıdır.

Yukarıdaki şartların yerine getirilebilmesi için, eşit yerdeğiştirme kuralına göre, deprem yükü azaltma katsayısı ile azaltılmış elastik deprem yüklerinin etkisi altında meydana gelen toplam yatay yer değiştirmeler ve göreceli kat ötelemeleri yönetmelikte belirtilmiş sınırlar içerisinde olmalıdır. Rijitlik kriterinin sağlanıp sağlanmadığı bu şekilde kontrol edilmelidir (Özer, 2015).

Bu hesap yöntemi yönetmelikteki “*Deprem Yalıtımlı Binalar ve Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi*” bölümlerini kapsamamaktadır. Yüksek Binalar ve Deprem Yalıtımlı Binaların tasarımları için kısmen faydalanılmaktadır.

4.11. Doğrusal Hesap Yöntemleri

Dayanıma göre tasarımda doğrusal hesap yöntemi olarak eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Tez kapsamında *mod birleştirme yöntemi* kullanılacaktır.

4.11.1. TBDY-2018’e göre hesap yönteminin seçimi

Mod birleştirme yöntemi tüm binalarda kullanılabilen, eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanımında bina yükseklik sınıfına ve deprem tasarım sınıfına göre sınırlandırmalar getirilmiştir. Eşdeğer deprem yükü hesap yönteminin uygulanabildiği binalar Çizelge 4.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabildiği binalar

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizlik olmayan binalar	$BYS \geq 4$	$BYS \geq 5$
Diğer tüm binalar	$BYS \geq 5$	$BYS \geq 6$

4.11.2. DBYBHY-2007'ye göre hesap yönteminin seçilmesi

TBDY-2018'de olduğu gibi, DBYBHY-2007'de de eşdeğer deprem yükü metodu ve mod birleştirme yöntemleri kullanılmaktadır. Yine aynı şekilde eşdeğer deprem yükü yöntemi belirli koşullara göre sınırlandırılmıştır. Bunlar bina düzensizlik durumu, deprem bölgesi ve toplam yükseklik sınırı gibi koşullardır ve Çizelge 4.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Deprem bölgesi, bina türü ve toplam yükseklik sınırı

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunun sağlandığı binalar	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} \leq 2,0$ koşulunun sağlandığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 40$ m

4.12. Deprem Yükü Azaltma Katsayısı ve Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları

Bu bölümde deprem yükü azaltma katsayısının hesabı ve taşıyıcı sistem davranış katsayılarının belirlenmesinden bahsedilmiştir.

4.12.1. Deprem yükü azaltma katsayısı

Deprem yükü azaltma katsayısı “ $R_a(T)$ ” olarak gösterilmektedir ve Eş. 4.17 ve Eş. 4.18 ile gösterilmiştir.

$$R_a = R/I \quad T > T_B \quad (4.17)$$

$$R_a(T) = D + (R/I - D) T/T_B \quad T \leq T_B \quad (4.18)$$

Buradaki denklemde:

R: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı,

D: Dayanım fazlalığı katsayısı,

T: Doğal titreşim periyodu,

T_B: Spektrum köşe periyodunu ifade etmektedir.

4.12.2. TBDY-2018'e göre taşıyıcı sistem davranış katsayıları

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı “R”, dayanım fazlalığı katsayısı “D” ile ifade edilmektedir. Tez çalışması kapsamında çelik bina taşıyıcı sistemler gösterilmiştir. Çelik taşıyıcı sistemler süneklik düzeyi açısından süneklik düzeyi yüksek, süneklik düzeyi sınırlı ve süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler olarak üçe ayrılır. Bu üç grubun sınıflandırmalarına ait taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfı değerleri Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Çelik bina için R, D ve BYS değerleri

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	R Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	D Dayanım Fazlalığı Katsayısı	BYS İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı
ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
1.1. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS $\geq$ 3
1.2. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2,5	BYS $\geq$ 2
1.3. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2	BYS $\geq$ 4
1.4. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	3	BYS $\geq$ 2
1.5. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2,5	BYS $\geq$ 2

Çizelge 4.15 (devam). Çelik bina için R, D ve BYS değerleri

1.6. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen süneklik düzeyi yüksek çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	4	2	-
2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler			
2.1. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek dışmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2,5	$BYS \geq 4$
2.2 Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2	$BYS \geq 4$
3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler			
3.1. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2,5	$BYS \geq 7$
3.2. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	3	2	$BYS = 8$
3.3. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	$BYS \geq 7$

4.12.3. DBYBHY-2007'ye göre taşıyıcı sistem davranış katsayıları

2018 Deprem Yönetmeliğinde bina taşıyıcı sistemleri sünekliklerine üçe ayrılmakta iken; 2007 Deprem Yönetmeliğinde süneklik düzeyi normal sistemler ve süneklik düzeyi yüksek sistemler olarak iki gruba ayrılmaktaydı. Aynı zamanda eski deprem yönetmeliğinde dayanım fazlalığı katsayısı (D) değeri bulunmamaktadır ve dolayısıyla hesaplara dâhil edilmemektedir. Bu katsayı akma ve tasarım dayanımının birbirine oranının fazlalığını belirtmektedir. Yapıda elemanların sünek davranışı göstermesi beklenmiyorsa, deprem yükünün azaltılmasıyla elde edilmiş olan iç kuvvetler elastik sınırların içinde olması istenmesi nedeniyle deprem yüklerinin D ile arttırılması şarttır (Çelik, 2019).

DBYBHY-2007'ye göre çelik binanın taşıyıcı sistemine karşılık gelen “R” değerleri Çizelge 4.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. DBYBHY-2007'ye göre taşıyıcı sistem davranış katsayıları

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	Süneklik Düzeyi Normal Sistemler	Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler
Çelik Binalar		
1. Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	5	8
2. Deprem yüklerinin tamamının, üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	-	4
3. Deprem yüklerinin tamamının çaprazlı perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından taşındığı binalar		
3.1. Çaprazların merkezi olması durumu	4	5
3.2. Çaprazların dışmerkez olması durumu	-	7
3.3. Betonarme perdelerin kullanılması durumu	4	6
4. Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar		
4.1. Çaprazların merkezi olması durumu	5	6
4.2. Çaprazların dışmerkez olması durumu	-	8
4.3. Betonarme perdelerin kullanılması durumu	4	7

4.13. Bina Performans Düzeyleri

Bina performans düzeyi, deprem etkisindeki binaların taşıyıcı sistemlerinde meydana gelecek olan hasar seviyesidir.

4.13.1. TBDY-2018'e göre bina performans düzeyleri

2018 deprem yönetmeliğine göre performans düzeyleri 4'e ayrılmıştır ve Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. TBDY-2018'e göre bina performans düzeyleri

Performans Düzeyi	Hasar Düzeyi
Kesintisiz Kullanım (KK)	Yapısal hasar meydana gelmez veya bu hasar ihmal edilebilir ölçüdedir
Sınırlı Hasar (SH)	Sınırlı düzeyde hasar meydana gelir
Kontrollü Hasar (KH)	Çok ağır olmayan ve genellikle onarılması mümkün olan hasar düzeyi
Göçmenin Önlenmesi (GÖ)	İleri düzeyde ağır hasar meydana gelen göçme öncesi durumdur

Yeni deprem yönetmeliğinde deprem yer hareketi düzeylerine göre, DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a (Deprem Tasarım Sınıfı) için normal performans hedefleri ve DTS = 1a, 2a için ileri

performans hedefleri verilmiştir. Bu parametrelere göre kullanılacak tasarım yaklaşımları Çizelge 4.18, 4.19 ve 4.20’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Yeni yapılacak çelik yapıların performans hedef ve yaklaşımları

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS = 1, 1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽¹⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

Çizelge 4.19. Yüksek binaların performans hedefleri ve tasarım yaklaşımlar

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	-	-
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

Çizelge 4.20. Çelik, Betonarme ve Prefabrik binaların performans hedef ve yaklaşımları

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	-	-
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

⁽¹⁾ $BYS > 3$ olan binalarda uygulanacak

⁽²⁾ $BYS = 2,3$ olan binalarda uygulanacak

⁽³⁾ Ön tasarım olarak yapılacak

⁽⁴⁾ $I = 1,5$ alınarak uygulanacak

⁽⁵⁾ Tam ard-germeli ön üretimli binaların ön tasarımı DGT yaklaşımıyla, kesin tasarımı ŞGDT yaklaşımı ile yapılacaktır.

4.13.2. DBYBHY-2007'ye göre bina performans düzeyleri

Yeni deprem yönetmeliğinde dört ayrı performans düzeyi bulunmakta iken, 2007 deprem yönetmeliğinde üç ayrı performans düzeyi mevcuttu. Bu performans düzeyleri ve bunlara karşılık gelen hasar düzeyleri Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. DBYBHY-2007'ye göre bina performans düzeyleri

Performans Düzeyi	Hasar Düzeyi
Hemen Kullanım (HK)	Minimum hasar
Can Güvenliği (GK)	Minimum hasar veya belirgin hasar
Göçme Öncesi (GÖ)	Minimum hasar, belirgin hasar veya ileri hasar

5. ÇELİK ÜST GEÇİT PROJELERİ

Tez çalışmasının beşinci bölümünde üç ayrı tipteki çelik yaya üst geçitlerinin hem statik hem de deprem analizleri yapılmıştır. Analizler sonlu elemanlar programlarından ve inşaat mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan SAP2000 programı ile yapılmıştır. Çalışma konusu olan üst geçitler önceden Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından projelendirilmiştir. Bu projelerin temin edilmesi için verilen dilekçe ve karşılığında verilen izin belgesi EK-3'te yer almaktadır. Projeler çizilirken TS-648 ve DBYBHY-2007 yönetmelikleri kullanılmıştır. Bu çalışmada üst geçitler eski yönetmeliklerle tekrar modellenerek analiz edilmiştir. Buna ilaveten yeni çelik yapılar ve deprem yönetmelikleri olan ÇYTHYE-2018 ve TBDY-2018 yönetmelikleriyle de analiz edilmiştir. Üst geçitlerin SAP2000 programında TS-648'e karşılık gelen AISC-ASD89 ve ÇYTHYE-2018'ye karşılık gelen AISC 360-10/LRFD ile analizi yapılmıştır. Bölüm sonlarında çizelge ve grafiklerle karşılaştırmaları yapılmış, uygun kesitlerle düzenlenerek sistemdeki değişiklikler gösterilmiş ve yorumlanmıştır.

Çalışma kapsamındaki 3 çelik yaya üst geçitleri kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Bunlardan birincisi *orta ayaklı* üst geçittir. Bu sistemde 2 dış ve 1 orta kolonlar olmak üzere 3 ayrı noktaya oturmaktadır. İkinci sistemimiz *kemer tipi* üst geçittir. Sistemin 2 dış dayanağı olmakla beraber, platform kemer ve halatlar tarafından taşınmaktadır.

Üçüncü ve son sistemimiz *pilonlu* üst geçittir. Bu sistemde ise eğik biçimdeki yüksek kolonlara bağlanmış halatlar ile platform taşınmaktadır. Hem kemer hem de pilonlu sistemde ortada bir dayanak noktası olmadan geniş açıklıklar geçilebilmektedir.

Çalışma konusu olan üst geçitlerin yük hesaplarının nasıl yapıldığı Bölüm 5.1'de verilmiştir.

5.1. Yük Hesapları

Üst geçitlerin hepsinde Ölü (Dead), Hareketli (Live), Rüzgâr (Wind) ve Kar (Snow) yükleri bulunmaktadır.

5.1.1. Ölü yüklerin belirlenmesi (DEAD)

İlk üst geçitte 5mm sac kaplama doğrudan sisteme tanımlanmıştır. 2. ve 3. üst geçitte yapı üzerindeki kaplama hafif kauçuk kaplama seçilmiştir ve yük olarak 60 kg/m² alınmıştır.

5.1.2. Hareketli yükün belirlenmesi (LIVE)

TS-498 standardındaki Çizelge 7’de belirtilen hareketli yük değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. Bizim de kullanacağımız olan değer, bu çizelgenin 4. bölümündeki 5 kN/m² değeridir. Üç üst geçit projesi için de aynı değer geçerli olacaktır.

Çizelge 5.1. TS-498’e göre hareketli yük hesap değerleri

Kullanma Şekli			Hesap Yüğü Değeri
Çatılar Yatay veya 1/20 eğime kadar	Döşemeler	Merdivenler (Sahanlık ve merdiven girişleri dahil)	kN/m ²
1	Çatı arası odalar		1,5
2 Zaman zaman kullanılan çatılar	Konut, teras oda ve koridorlar, bürolar, konutlardaki 50 m ² ’ye kadar olan dükkan ve hastane odaları		2
Çatılar Yatay veya 1/20 eğime kadar	Döşemeler	Merdivenler (Sahanlık ve merdiven girişleri dahil)	
3 Konut toleranslarının kullanılması ve çiçeklik (bahçe yapılması)	Hastanelerin mutfakları, muayene odaları, poliklinik odaları, sınıflar, yatakhaneler ve anfiler	Konut Merdivenleri	3,5
4	- Camiler - Tiyatro ve sinemalar - Spor, dans ve sergi salonları - Tribünler (oturma yeri sabit olanlar) - Toplantı ve bekleme salonları - Lokantalar - Mağazalar - Kütüphaneler - Arşivler - Hafif ağırlıklı atölyeler - Büyük mutfaklar ve kantinler - Mezbahalar - Fırınlr - Büyükbaş hayvan ahırları - 10 m²’ye kadar olan balkonlar - Büro, hastane, okul, tiyatro, sinema, kütüphane, depo vb. genel yapı koridorları	Umuma açık yapılarda büro hastane okul, tiyatro, kütüphane, kitaplık vb.	5
5	- Tribünler (oturma yeri sabit olmayan)		7,5
6	- Garajlar (toplam ağırlığı 2,5 tona kadar olan araçlar için)		5

5.1.3. Kar yükünün belirlenmesi (SNOW)

Kar yükü hesabı için TS 498 standardı kullanılmıştır. TS 498'nin bölgelere göre zati kar yükü verileri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. TS 498'e göre zati kar yükü hesap değerleri (kN/m²)

	1	2	3	4	5
1	Yapının inşa yerinin denizden yüksekliği	BÖLGELER			
	m	I	II	III	IV
	≤200	0,75	0,75	0,75	0,75
2	300	0,75	0,75	0,75	0,80
	400	0,75	0,75	0,75	0,80
	500	0,75	0,75	0,75	0,85
3	600	0,75	0,75	0,80	0,90
	700	0,75	0,75	0,85	0,95
	800	0,80	0,85	1,25	1,40
4	900	0,80	0,95	1,30	1,50
	1000	0,80	1,05	1,35	1,60
5	>1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar %10, 1500 m'den sonra %15 artırılır.			

5.1.4. Rüzgâr yükünün belirlenmesi (W_x, W_y)

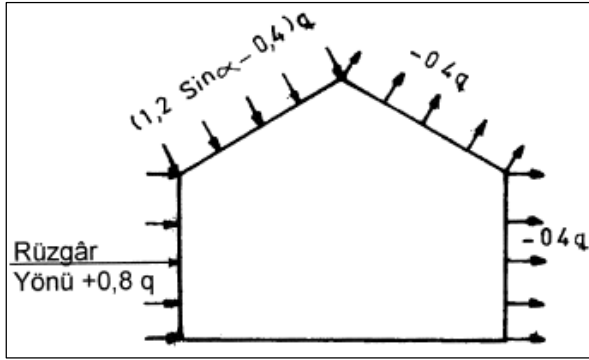
TS498'e göre rüzgâr yükünün belirlenmesi

Yapıya etkiyen rüzgâr yükünü hesaplamak için TS 498'deki Çizelge 5 kullanılmalıdır ve Çizelge 5.3'de gösterilmiştir. Üç projenin de rüzgâr yükünün belirlenmesi bu çizelgeye göre yapılacaktır.

Çizelge 5.3. TS-498'e göre rüzgâr yükünün belirlenmesi

Yapının Zeminden Yüksekliği (m)	Rüzgâr Hızı - v (m/s)	Emme - q (kN/m ²)
0 – 8	28	0,5
9 – 20	36	0,8
21 – 100	42	1,1
> 100	46	1,3

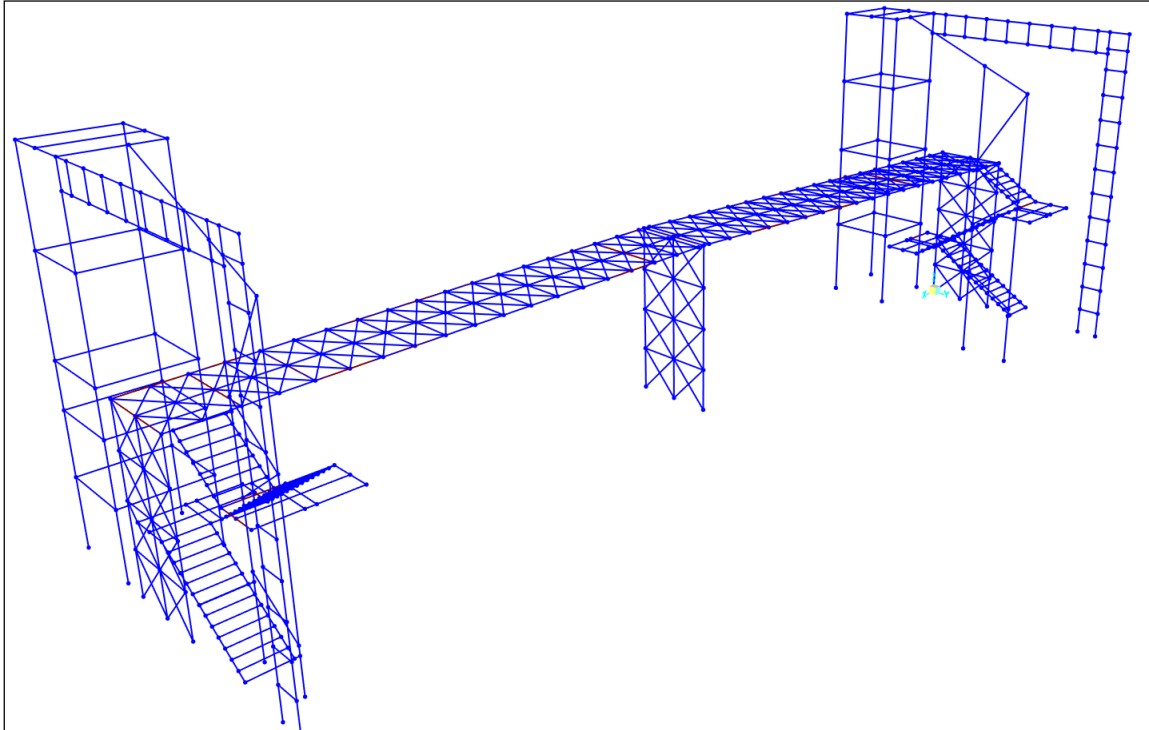
Emme ve basma yükleri de Şekil 5.1’de gösterilen değerlere göre hesaplanacaktır.



Şekil 5.1. TS 498’e göre rüzgâr yükünün dağıtımı

5.2. Orta Ayaklı Üst Geçit

Çelik taşıyıcı sistemden oluşan yaya üst geçidinin toplam uzunluğu 36,5 metredir. Yükseklik 6,5 metre ve platform genişliği 2,83 metredir. Orta ayaklı çelik köprüsünün çubuk çerçeve görünüşü Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Orta ayaklı çelik köprünün SAP 2000 görünüşü

5.2.1. Malzeme özellikleri

Orta ayaklı çelik köprü sistemde iki çeşit yapısal çelik malzemesi kullanılmıştır. Kullanılan malzemeler Çizelge 5.4’de gösterilmiştir. Kutu ve boru profillerde S235JR kullanılmıştır, diğer profillerde ise S275 yapısal çeliği seçilmiştir.

Çizelge 5.4. Malzeme özellikleri

Malzeme Sınıfı	Akma Dayanımı F_{yk} (N/mm ²)	Elastisite Modülü E (MPa)
S235JR	235	210000
S275JR	275	210000

5.2.2. Profil kesitleri

Orta ayaklı üst geçidin profillerine bakacak olursak,

Kolonlarda: Dış kolonlarda HE450*250, iç kolonlarda HE600*300, çaprazları TUBO-D76,1*3,2 ve tali kiriş olarak HE200A kullanılmıştır.

Platformda: Ana kiriş IPE470*250, tabliye 5mm kalınlıkta sac, çaprazlar TUBO-D76,1*3,2, tali kirişler HE200A ve HE100A kullanılmıştır.

Asansör kulesinde: Kolonlarında RHS 200*10, kirişlerde RHS200*10 ve RHS100*5, diğer bağlantı elemanı olarak HL270*150*10 ve RHS100*5 profilleri kullanılmıştır.

Merdivende: Kirişler UPN300, basamaklar 5mm kalınlıkta ve diğer bağlantı elemanları olarak HE100A, IPE100 ve RHS250*150*10 profilleri kullanılmıştır.

5.2.3. Yüklerin analiz programına girilmesi

Bu bölümde sisteme etkiyen yatay ve düşey yüklerin hesapları verilmiştir.

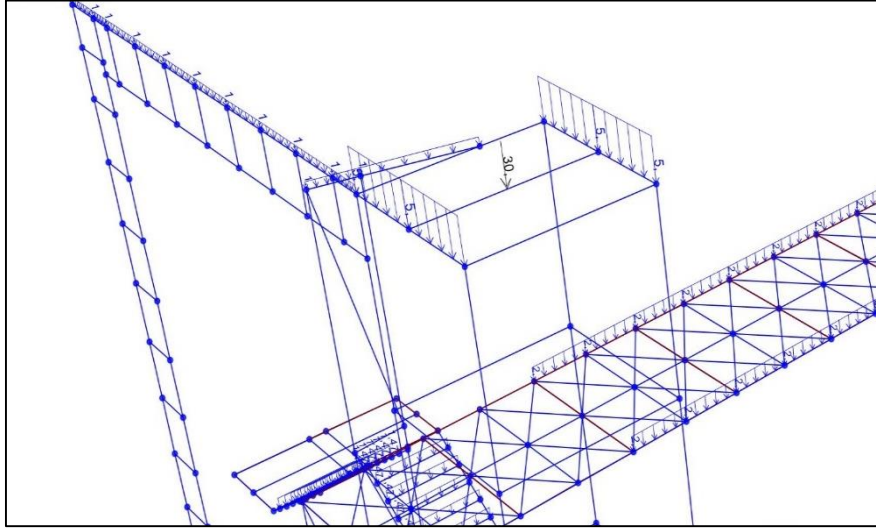
Orta ayaklı üst geçitteki ölü yükün belirlenmesi (DEAD)

- Platformda : 5mm kalınlıkta sac kaplama kesit olarak doğrudan tanımlandı.
- Basamaklarda : Basamak genişliği 30 cm’dir.

$$0,3 \times 60 = 18 \text{ kg/m}$$

- Asansör Yüğü : 30 kN (Ankara Büyükşehir Belediyesi Hesap Raporu)
- Reklam Panosu : 2 kN/m (Ankara Büyükşehir Belediyesi Hesap Raporu)

Sisteme etki eden yüklerin SAP2000 programındaki görüntüleri Şekil 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Ölü yük çubuk/kabuk elemanlarda (kN/m)

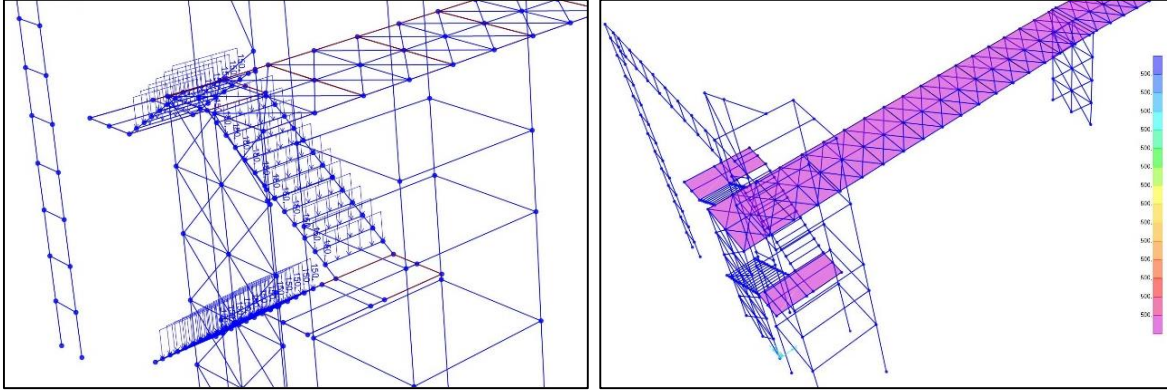
Orta ayaklı üst geçitteki düzgün yayılı düşey hareketli yükün belirlenmesi (LIVE)

Çizelge 5.3’e göre 4. sıradaki düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değeri 5 kN/m^2 değerinin uygun olduğu anlaşılmıştır.

Orta ayaklı üst geçittin uygulanmasında ise;

- Platformda : 500 kg/m^2
- Basamaklarda : $0,3 \times 500 = 150 \text{ kg/m}$

Standartta göre belirlenmiş düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değerlerin SAP2000 programına uygulanmış görünüşü Şekil 5.4’de verilmiştir.



Şekil 5.4. Hareketli yük çubuk/kabuk elemanlarda görünüşü

TS498'e göre yapıya etki eden kar yükünün belirlenmesi (SNOW)

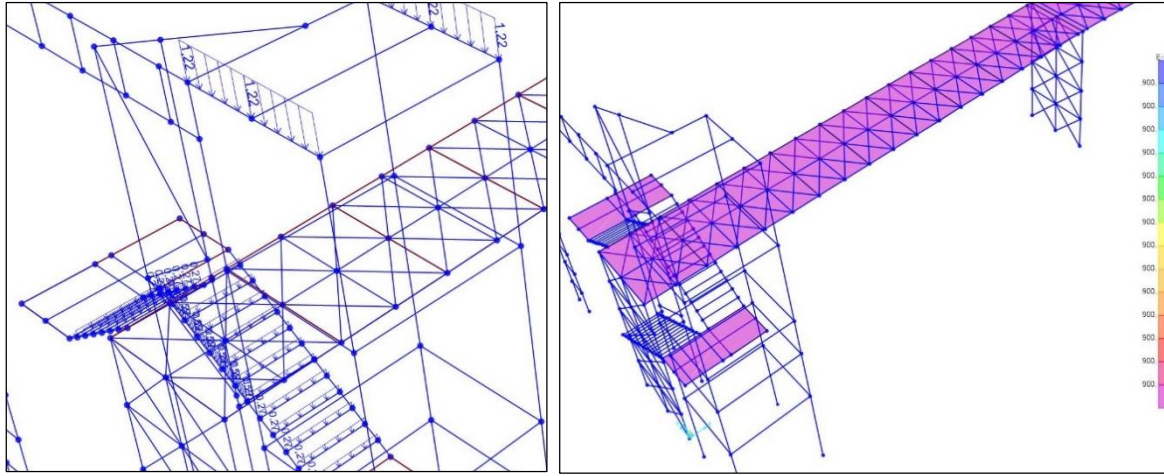
Ankara Büyükşehir Belediyesi'nden alınan orta ayaklı üst geçidin hesap raporuna göre sisteme kar yükü eklenmemiştir. Fakat projenin eski ve yeni yönetmeliklerle tutarlı bir şekilde kıyaslanabilmesi için her iki duruma da kar yükü eklenerek devam edilmiştir. Bununla birlikte, sistemin kar yükü eklenmemiş durumunda, platform elemanlarının kirişinde %5, tali kirişlerinde %10 ve çaprazlarında %30, merdiven sahanlık elemanlarında %10 ve HL270*150*10 bağlantı elemanlarında %4 kadar kapasite oranları az çıkmaktadır.

Orta ayaklı üst geçit Ankara İlinin Çankaya İlçesinde bulunduğundan rakım 850m ve II. bölgede olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.2'e göre 800 metrede $0,85 \text{ kN/m}^2$, 900 metrede $0,95 \text{ kN/m}^2$ 'dir. Dolayısıyla oran-orantı yaparak 850 metrelik rakımda $0,9 \text{ kN/m}^2$ kar yükü hesap değeri elde edilmiştir.

- Platformda : Alansal olarak $0,9 \text{ kN/m}^2$
- Basamaklarda : $0,3 \times 0,9 = 0,27 \text{ kN/m}$
- Asansör Kulesi : $2,7 \times 0,9 / 2 = 1,215 \text{ kN/m}$

Yapı üzerindeki kar yükleri Şekil 5.5’de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Kar yükünün çubuk ve kabuk elemanlarda görünüşü

TS EN 1991-1-3’e göre kar yükünün belirlenmesi

TS EN 1991-1-3 standardında verilen Çizelge MA.1’e göre zemin kar yükü değeri hesaplanır. Bu tablo Çizelge 5.2’de de verilen değerler ile aynıdır ve $s_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$ olarak alınmıştır. Eş. 5.1’de verilen denklem kullanılarak çatı kar yükü hesap değeri bulunur.

$$s = \mu_i \times c_e \times c_t \times s_k \quad (5.1)$$

Maruz kalma katsayısı değeri olan c_e standart uyarınca normal topografik bölge kabul edilerek “1” olarak alınmıştır. Isı katsayısı değeri c_t ise, standarda göre “1” alınmalıdır. Çatı şekil katsayısı μ_i de 0,8 olarak kabul edilerek çatı kar yükü hesap değeri elde edilir.

$s = 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,9 = 0,72 \text{ kN/m}^2$ değerine ulaşılır ve bu değere göre aynı şekilde yükler hesaplanıp, programda sisteme eklenir.

TS498’e göre rüzgâr yükünün belirlenmesi (W_x, W_y)

Yapıya etkiyen rüzgâr yükünü hesaplamak için TS 498’deki Çizelge 5 kullanılır ve burada Çizelge 5.5 ile gösterilmiştir.

Çizelge 5.5. TS-498'e göre rüzgâr yükünün belirlenmesi

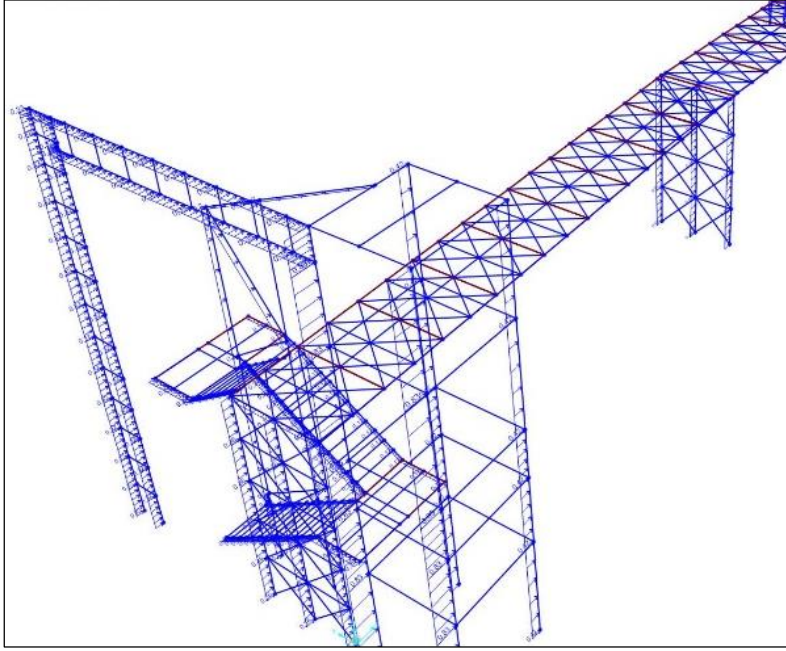
Yapının Zeminden Yüksekliği (m)	Rüzgâr Hızı - v (m/s)	Emme – q (kN/m ²)
0 – 8	28	0,5
9 – 20	36	0,8
21 – 100	42	1,1
> 100	46	1,3

Yapının zeminden yüksekliği 12,45 metredir. Çizelgeye göre 9-20 m aralığına girer, hesap değeri olarak 0,8 kN/m² belirlenmiştir. Emme ve basma yükleri de Şekil 5.1'de gösterilen değerlere göre hesaplanacaktır.

WIND_x

- Platformda : HE200A için;
 $0,8 \times 0,2 \times 0,8 = 0,128 \text{ kN/m (basma)}$
 $0,128 / 2 = 0,064 \text{ kN/m (emme)}$
- Asansör : $0,8 \times 2,6 \times 0,8 / 2 = 0,832 \text{ kN/m (basma)}$
 $0,832 / 2 = 0,416 \text{ kN/m (emme)}$
- Orta Kolonlar : HE600*300 için;
 $0,6 \times 0,8 = 0,48 \text{ kN/m}$
- Kenar Kolonlar : HE450*250 için;
 $0,45 \times 0,8 = 0,36 \text{ kN/m}$
- Merdiven Yanı : UPN300 için;
 $0,3 \times 0,8 = 0,24 \text{ kN/m}$
- Asansör Bağlantıları : $0,835 \times 0,8 / 2 = 0,334 \text{ kN/m}$
 $0,8 \times 0,8 / 2 = 0,32 \text{ kN/m}$
 $0,25 \times 0,8 = 0,2 \text{ kN/m}$

Yüklerin gösterimi Şekil 5.6'da verilmiştir.

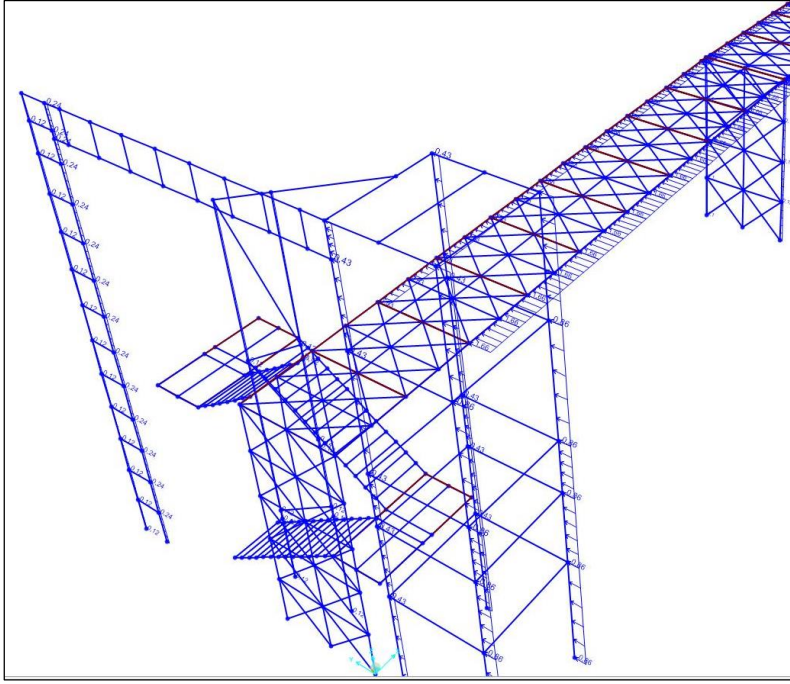


Şekil 5.6. Rüzgâr yükü (W_x , kN/m)

WINDy

- Platformda : 2,6 metre yüksekliğinde reklam panosu bulunmaktadır.
 $0,8 \times 2,6 \times 0,8 = 1,664 \text{ kN/m (basma)}$
 $1,664 / 2 = 0,832 \text{ kN/m (emme)}$
- Asansör : $0,8 \times 2,7 \times 0,8 / 2 = 0,864 \text{ kN/m (basma)}$
 $0,864 / 2 = 0,432 \text{ kN/m (emme)}$
- Orta Kolonlar : HE600*300 için; $0,8 \times 0,3 \times 0,8 = 0,192 \text{ kN/m (basma)}$
 $0,192 / 2 = 0,096 \text{ kN/m (emme)}$
- Asansör Bağlantıları : $0,15 \times 0,8 / 2 = 0,12 \text{ kN/m}$
 $0,8 \times 0,8 / 2 = 0,32 \text{ kN/m}$
 $0,25 \times 0,8 = 0,2 \text{ kN/m}$

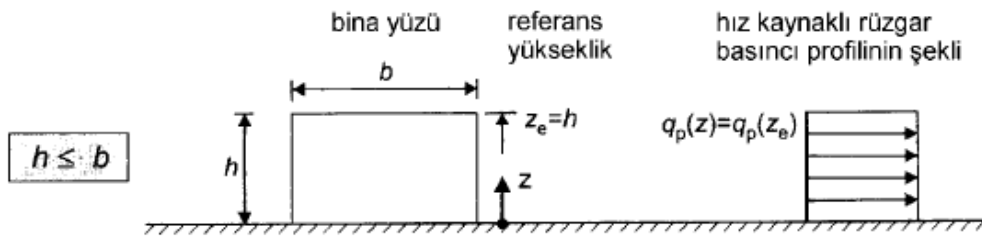
WINDy için hesaplanan yüklerin programdaki gösterimi Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.7. Rüzgâr yükü (W_y , kN/m)

TS EN 1991-1-4’e göre rüzgâr hesap yükünün belirlenmesi

Yapıya gelen rüzgâr etkisi, yapının boyut, şekil ve konumunun dinamik özelliklerine göre değişmektedir. Bununla ilgili olarak bizim üst geçit sistemimizde Şekil 5.8’de gösterildiği biçimde olacaktır.



Şekil 5.8. TS EN 1991-1-4 standardına göre rüzgâr basıncı profilinin şekli

Rüzgâr hızı temel değerimiz $v_{b,o} = 28 \text{ m/sn}$ olarak alınır ve esas rüzgâr hızı Eş. 5.2’deki gibi hesaplanmaktadır.

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,o} \quad (5.2)$$

Burada ifade edilen;

c_{dir} : Doğrultu katsayısı

c_{season} : Mevsim katsayısı olarak adlandırılır ve yönetmelikte 1,0 olarak alınması tavsiye edilmektedir.

$v_b = 1 \times 1 \times 28 = 28 \text{ m/sn}$ değeri elde edilir.

Esas rüzgâr hızı değeri bulunduğundan sonra ortalama rüzgâr hızı değeri olan $v_m(z)$ Eş. 5.3 ile hesaplanır.

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b \quad (5.3)$$

Burada ifade edilen;

$c_r(z)$: engebelilik katsayısı

$c_0(z)$: orografi katsayısı olarak adlandırılır.

Yapımız tepe veya yamaç gibi rüzgâr hızının artacağı bölgelerde bulunmadığı için orografi katsayısı değeri $c_0(z) = 1$ olarak kabul edilmiştir.

Engelilik katsayısı değeri olan $c_r(z)$ 'nin hesabı ise, Eş. 5.4, 5.5 ve 5.6'daki denklemler kullanılarak hesaplanmaktadır. Burada k_r ifadesi arazi katsayısı anlamına gelmektedir.

$$c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad z_{min} \leq z \leq z_{max} \quad (5.4)$$

$$c_r(z) = c_r(z_{en\text{ küçük}}) \quad z < z_{min} \quad (5.5)$$

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} \quad (5.6)$$

Çelik yaya üst geçidin inşa edileceği arazi kategorisi Çizelge 5.6'ya göre II olarak alınmıştır.

Çizelge 5.6. TS EN 1991-1-4'e göre arazi kategorileri ve arazi parametreleri

	Arazi kategorisi	z_0 (m)	z_{en} küçük (m)
0	Açık deniz etkisine maruz kalan deniz ve kıyı alanları	0,003	1
I	Göller veya ihmal edilebilecek düzeyde bitki örtüsü olan ve engebeli olmayan düz ve yatay alanlar	0,01	1
II	Çayır gibi az seviyede bitki örtüsü olan ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı mesafe bulunan engellere (ağaçlar, binalar) sahip alanlar	0,05	2
III	Düzgün yayılı şekilde bir bitki örtüsüne veya binalara veya aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı mesafe bulunan engellere sahip alanlar (kasabalar, yörekent, ormanlık alanlar vb.)	0,3	5
IV	Yüzeyinin en az %15'i yükseklik ortalaması 15m'yi aşan binalarla kaplı alanlar	1,0	10

Buradan elde edilen verilere göre;

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

$$z_{min} = 2 \text{ m} \text{ olarak alınır.}$$

Dolayısıyla;

$$2 \text{ m} \leq 12,45 \text{ m} \leq 200 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19 \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$$c_r(12,45) = 0,19 \times \ln \left(\frac{12,45}{0,05} \right) = 1,048$$

$$v_m(12,45) = 1,048 \times 1 \times 28 = 29,344 \text{ m/sn}$$

Türbülans şiddeti olan l_v , Eş. 5.7'deki gibi hesaplanır ve buradaki türbülans katsayısı değeri olan $k_l = 1$ olarak alınır.

$$l_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \times \ln \frac{z}{z_0}} \quad (5.7)$$

$$l_v(12,45) = \frac{1}{1 \times \ln \frac{12,45}{0,05}} = 0,181$$

Tepe rüzgâr basıncı değeri $q_p(z)$, Eş. 5.8 ile hesaplanmaktadır.

$$q_p(z) = [1 + 7 \times l_v(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times (v_m(z))^2 \quad (5.8)$$

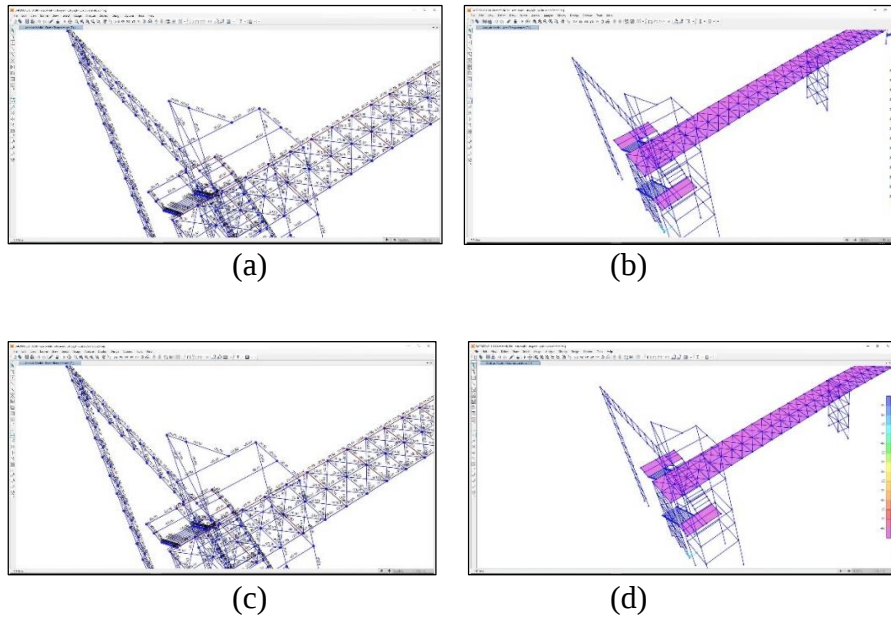
Fırtınalar esnasında bölgede olması beklenen sıcaklık ve barometrik basınç ve rakıma bağlı hava yoğunluğu olan " ρ " değeri $1,25 \text{ kg/m}^3$ olarak tavsiye edilmektedir. Elde ettiğimiz verilerle yaptığımız hesaba göre aşağıdaki sonucu elde ederiz.

$$q_p(12,45) = [1 + 7 \times 0,181] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 29,344^2 \times 10^{-3} = 1,22 \text{ kN/m}^2$$

Bu hesap yük değerine göre her iki doğrultuda gerekli hesaplamalar yapılarak sisteme yükler etkilmiştir.

Yapıya etki eden sıcaklık yükünün belirlenmesi (T+, T-)

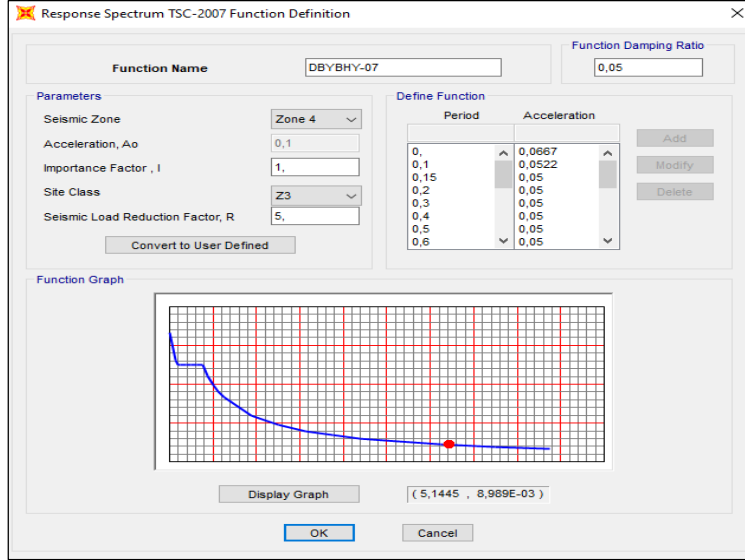
Sisteme etkiyen sıcaklık farkı Ankara Büyükşehir Belediyesinden alınan hesap raporunda 20°C alınmıştır. Bu tez çalışmasında da sonuçların temin edilen proje ile tutarlı olması için aynı değer alınmıştır ve programdaki görüntüler Şekil 5.9'da verilmiştir.



Şekil 5.9. Sıcaklık farkları (a) Çubuk elemanlarda T+ (b) Kabuk elemanlarda T+ (c) Çubuk elemanlarda T- (d) Kabuk elemanlarda T-

DBYBHY-2007'ye göre deprem yükünün tanımlanması (E_x , E_y)

alınmıştır. Verilerimizi SAP2000 programının ilgili bölümüne girdiğimizde Şekil 5.11'deki grafik çıkmaktadır.



Şekil 5.11. DBYBHY-2007'ye ait deprem parametreleri

TBDY-2018'e göre deprem yükünün tanımlanması (Ex, Ey)

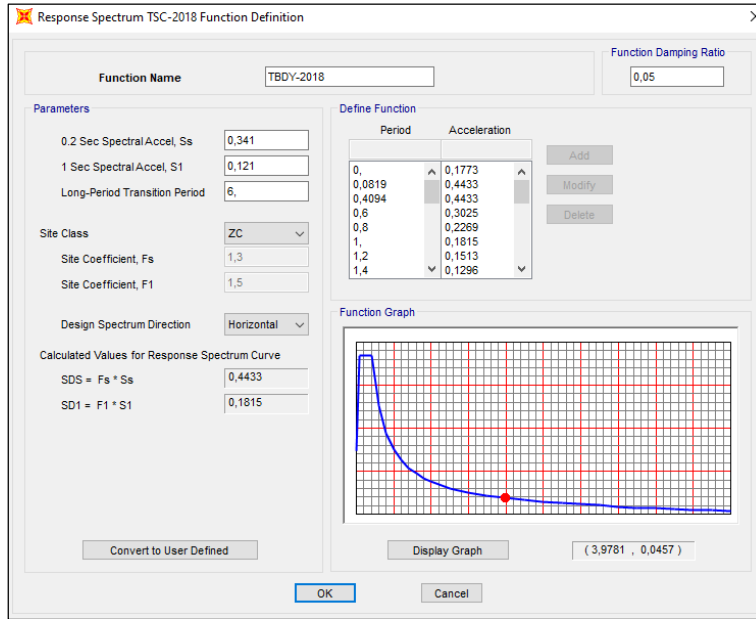
Eski deprem yönetmeliğinde Ankara ilinin Çankaya ilçesinin tamamı 4. deprem bölgesinde yer almaktaydı. Fakat yeni gelen deprem risk haritasında her konumda deprem parametreleri değişmektedir.

AFAD interaktif web uygulaması kullanılarak yapının bulunduğu konum ve zemin sınıfına göre gerekli parametreler elde edilmiştir. DD-2 deprem düzeyi ve eski yönetmelikteki Z3 zemin sınıfına karşılık, yeni yönetmelikte ZC zemin sınıfı seçilmiştir. Veriler Çizelge 5.8'de verilmiştir. Ardından veriler SAP2000 paket programındaki ilgili alanlara girilmiştir.

Çizelge 5.8. Seçili koordinatlara ait deprem parametreleri

Enlem	39.939178°
Boylam	32.818814°
S _s	0,341
S ₁	0,121
T _L (sn)	6

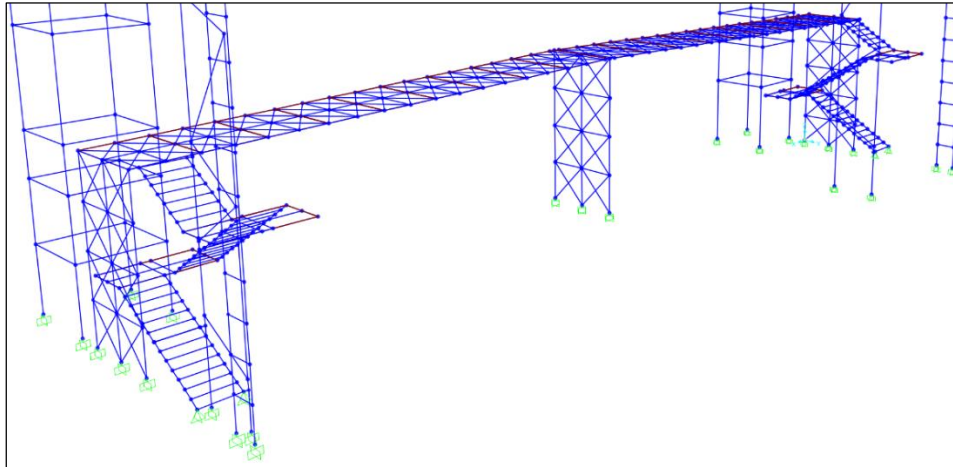
İlgili alanlara veriler girildikten sonra, SAP2000 S_{DS} ve S_{D1} değerlerini otomatik olarak hesaplayacaktır ve Şekil 5.12'deki görüntüyü elde ederiz.



Şekil 5.12. TBDY-2018'e ait deprem parametreleri

Mesnetleme koşulları

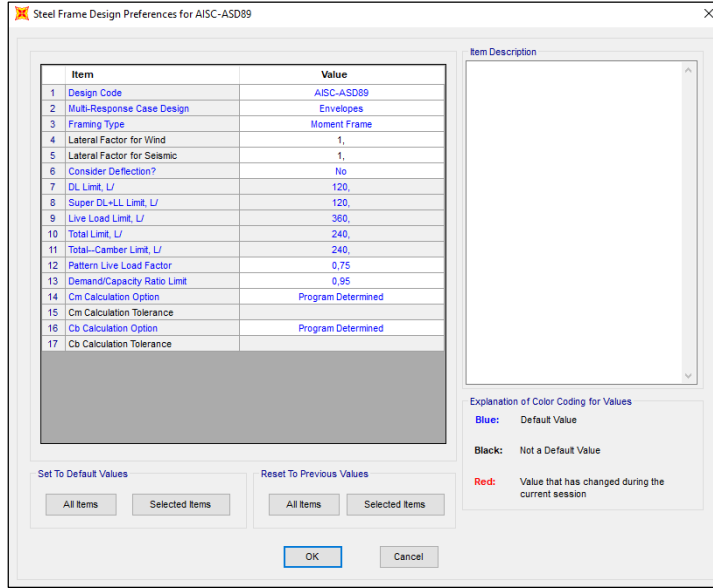
Sistemde 25 ankastre ve 4 sabit olmak üzere, toplamda 29 mesnet vardır. Bu mesnetler Şekil 5.13'te gösterilmiştir.



Şekil 5.13. Orta ayaklı üst geçitte mesnetler

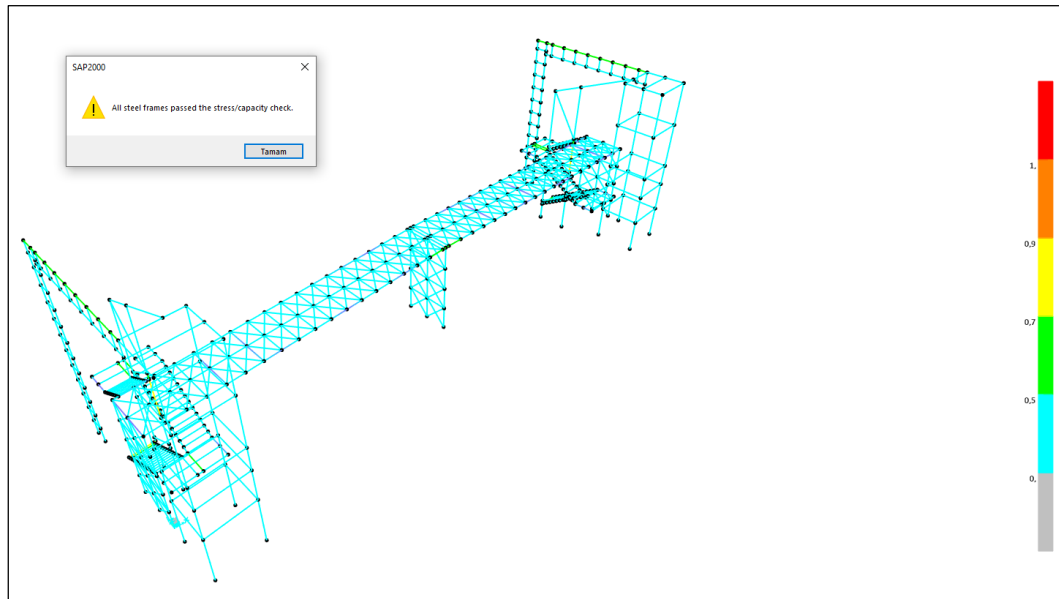
5.2.4. TS 648'e göre analiz sonucu

TS 648 ile analiz için SAP2000 paket programında AISC-ASD89 yönetmeliği seçilir. Diğer veriler bu seçim ile otomatik olarak gelmektedir ve Şekil 5.14'deki tabloyu oluştur.



Şekil 5.14. SAP2000 programında AISC-ASD89 için ön ayarlar

Analizi yaptıktan sonra Şekil 5.15’deki görüntü ile karşılaşırız. Resimde de görüldüğü gibi tüm kesitler güvenli bölgede kalmaktadır.



Şekil 5.15. AISC-ASD89’a göre 3 boyutlu analiz modeli

Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentleri

Bu çizelgede orta ayaklı üst geçit sistemi 6 ayrı gruba ayrılarak sınıflandırılmıştır. Bunlar ana kolon, platform, asansör kulesi, bağlantı ve kaplama elemanlarıdır. Orta ayaklı üst

geçidin TS-498'e göre maksimum normal kuvvet, kesme kuvveti, eğilme momenti değerleri ve aynı zamanda bu iç kuvvetlerin hangi elemanlarda olduğu Çizelge 5.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9. AISC-ASD89'a göre maksimum iç kuvvetler

Eleman	Kesit	Normal Kuvvet (kN)	Eleman No	Kesme Kuvveti (kN)	Eleman No	Eğilme Momenti (kNm)	Eleman No
ANA KOLON ELEMANLARI							
Orta Kolon	HE 600*300	-304,194	233	23,531	222	-32,656	222
Dış Kolon	HE 450*250	-200,248	1	66,176	39	-215,632	42
Çapraz	TUBO D-76,1*3,2	-27,367	243	0,04	88	0,020	240
Tali Kiriş	HE200A	24,82	235	-6,805	235	5,459	235
PLATFORM ELEMANLARI							
Kiriş	IPE 470*250	-77,65	579	-94,28	633	-319,450	587
Tali Kiriş	HE100A HE200A	9,108	59	7,697	344	-10,478	344
Çapraz	TUBO D-76,1*3,2	-4,109	457	-0,049	422	0,021	422
ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI							
Kolon	RHS 200*10	-60,48	2	9,605	2	23,372	2
Kiriş	RHS 200*10 RHS 100*5	-10,749	82	20,284	79	-19,999	84
MERDİVEN ELEMANLARI							
Basamak	Basamak	14,276	366	2,747	364	2,716	366
Kiriş	UPN300	288,648	267	262,705	267	-20,926	267
Sahanlık	Sahanlık	-4,139	201	-4,72	783	-6,228	783
BAĞLANTI ELEMANLARI							
Bağlantı	RHS 250*150*10	-248,529	371	-76,194	638	54,876	637
Bağlantı	HL 270*150*10	-33,763	63	11,661	62	34,366	61
Bağlantı	RHS 100*5	6,356	168	-3,893	8	1,545	8
KAPLAMA							
Kaplama	5mm	-22,09 (kN/m)	6	0,015 (kN/m)	22	0,019 (kNm/m)	22

Bu tablodaki elemanlar yapının hangi bölümünde kullanıldığına göre sınıflandırılmıştır. Her eleman grubu için SAP2000 programından elde edilen normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin en yüksek olanı tabloya eklenmiştir. Aynı zamanda meydana gelen bu maksimum iç kuvvetlerin hangi eleman numarasında olduğu da yine tabloya eklenmiştir.

Kapasite oranları kontrolü

AISC-ASD89'a göre analizi yapılmış sistemin elemanlara göre maksimum kapasite oranları, maksimum değerin olduğu eleman numaraları ve yük kombinasyonları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. AISC-ASD89'a göre maksimum kapasite oranları

Eleman	Kesit	Kapasite Oranı	Eleman No	Kombinasyon
ANA KOLON ELEMANLARI				
Orta Kolon	HE 600*300	0,195	222	G+Q+Wy+T
Dış Kolon	HE 450*250	0,459	42	G+Q+Wx+T
Çapraz	D-76,1*3,2	0,332	243	G+Q+Wy+T
Tali Kiriş	HE200A	0,105	235	G+Q+Wy-T
PLATFORM ELEMANLARI				
Kiriş	IPE 470*250	0,611	587	G+Q+S
Tali Kiriş	HE200A HE100A	0,154	307	G+Q+S
Çapraz	D-76,1*3,2	0,053	457	G+Q-Wy+0,5S
ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI				
Kolon	RHS200*10	0,335	80	G+Q+Wx-T
Kiriş	RHS200*10 RHS100*5	0,402	145	G+Q+Wx-T
MERDİVEN ELEMANLARI				
Basamak	Basamak	0,631	366	G+Q+T
Kiriş	UPN300	0,606	267	G+Q+Wy-T
Sahanlık	Sahanlık	0,551	783	G+Q+S
BAĞLANTI ELEMANLARI				
Bağlantı	RHS 250*150*10	0,794	637	G+Q+Wx+T
Bağlantı	HL 270*150*10	0,687	62	G+Q-Wx+0,5S
Bağlantı	RHS 100*5	0,150	8	G+Q+Wy+T
KAPLAMA				
Kaplama	-	-	-	-

Düşey deplasman kontrolü

Eski yönetmelikle analizi yapılan sistemin maksimum deplasman değeri, hangi yük kombinasyonunda gerçekleştiği ve izin verilen deplasman değeri Çizelge 5.11'de gösterilmiştir. Bu değerlere göre sistemde meydana gelen maksimum düşey deplasmanın izin verilen değerin altında kaldığı görülmektedir.

Çizelge 5.11. TS-648'e göre düşey deplasman kontrolü

Düğüm Noktası	Kiriş Açıklığı, l (mm)	Deplasman(mm)	İzin verilen deplasman ($l/300$)	Kombinasyon
253	18260	27,48	60,87	G+Q+Wy-T

Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentleri

Yeni yönetmeliklerle analizi yapılan sistemde meydana gelen iç kuvvetler Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12. AISC 360-10’a göre maksimum iç kuvvetler

Eleman	Kesit	Normal Kuvvet (kN)	Eleman No	Kesme Kuvveti (kN)	Eleman No	Eğilme Momenti (kNm)	Eleman No
ANA KOLON ELEMANLARI							
Orta Kolon	HE 600*300	-392,997	222	31,199	233	-110,762	233
Dış Kolon	HE 450*250	-217,821	1	83,476	39	-297,867	42
Çapraz	TUBO D-76,1*3,2	-39,517	243	0,056	88	0,029	240
Tali Kiriş	HE200A HE100A	21,712	235	-14,744	235	-11,136	234
PLATFORM ELEMANLARI							
Kiriş	IPE 470*250	-117,555	578	-127,45	633	-436,532	617
Tali Kiriş	HE100A HE200A	-10,733	57	10,532	344	-14,392	344
Çapraz	TUBO D-76,1*3,2	3,7	512	0,068	422	0,03	422
ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI							
Kolon	RHS 200*10	-96,415	14	21,297	2	52,114	2
Kiriş	RHS 200*10 RHS 100*5	-24,286	82	33,962	84	-44,835	84
MERDİVEN ELEMANLARI							
Basamak	Basamak	12,825	366	3,737	364	3,093	366
Kiriş	UPN300	230,919	267	278,861	267	-21,114	267
Sahanlık	Sahanlık	-5,389	201	-6,502	783	-8,597	783
BAĞLANTI ELEMANLARI							
Bağlantı	RHS 250*150*10	-340,052	371	105,902	296	69,507	637
Bağlantı	HL 270*150*10	-47,225	61	13,365	655	82,852	61
Bağlantı	RHS 100*5	7,116	168	-8,971	8	3,576	8
KAPLAMA							
Kaplama	5mm	-42,28 (kN/m)	5	0,026 (kN/m)	22	0,034 (kNm/m)	22

Her ayrı grup için en yüksek normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri SAP2000 programından alınarak verilmiştir.

Kapasite oranları kontrolü

AISC 360-10'a göre analizi yapılan sistemin kapasite oranları, eleman numaraları ve maksimum kapasitenin olduğu kombinasyonlar Çizelge 5.13'te verilmiştir.

Çizelge 5.13. AISC 360-10'a göre maksimum kapasite oranları

Eleman	Kesit	Kapasite Oranı	Eleman No	Kombinasyon
ANA KOLON ELEMANLARI				
Orta Kolon	HE 600*300	0,128	233	1,2G+Q+Ex+0,3Ey+0,2S+T
Dış Kolon	HE 450*250	0,394	42	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Çapraz	D-76,1*3,2	0,312	243	0,9G+1,6Wy+T
Tali Kiriş	HE200A	0,112	235	0,9G+1,6Wy-T
PLATFORM ELEMANLARI				
Kiriş	IPE 470*250	0,524	617	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Tali Kiriş	HE200A HE100A	0,139	307	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Çapraz	D-76,1*3,2	0,019	512	1,2G+Q+Ey+0,3Ex+0,2S+T
ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI				
Kolon	RHS200*10	0,421	80	1,2G+Q+1,6Wx+0,5S-T
Kiriş	RHS200*10 RHS100*5	0,567	145	1,2G+Q+1,6Wx+0,5S-T
MERDİVEN ELEMANLARI				
Basamak	Basamak	0,465	366	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Kiriş	UPN300	0,284	220	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Sahanlık	Sahanlık	0,439	783	1,2G+1,6Q+0,5S+T
BAĞLANTI ELEMANLARI				
Bağlantı	RHS 250*150*10	0,600	637	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Bağlantı	HL 270*150*10	0,675	655	1,2G+Q+1,6Wx+0,5S+T
Bağlantı	RHS 100*5	0,213	8	0,9G+1,6Wy+T
KAPLAMA				
Kaplama	-	-	-	-

Bu çizelgede sistemin sınıflandırılmış eleman gruplarında oluşan en yüksek kapasite kullanım oranı değerleri verilmiştir.

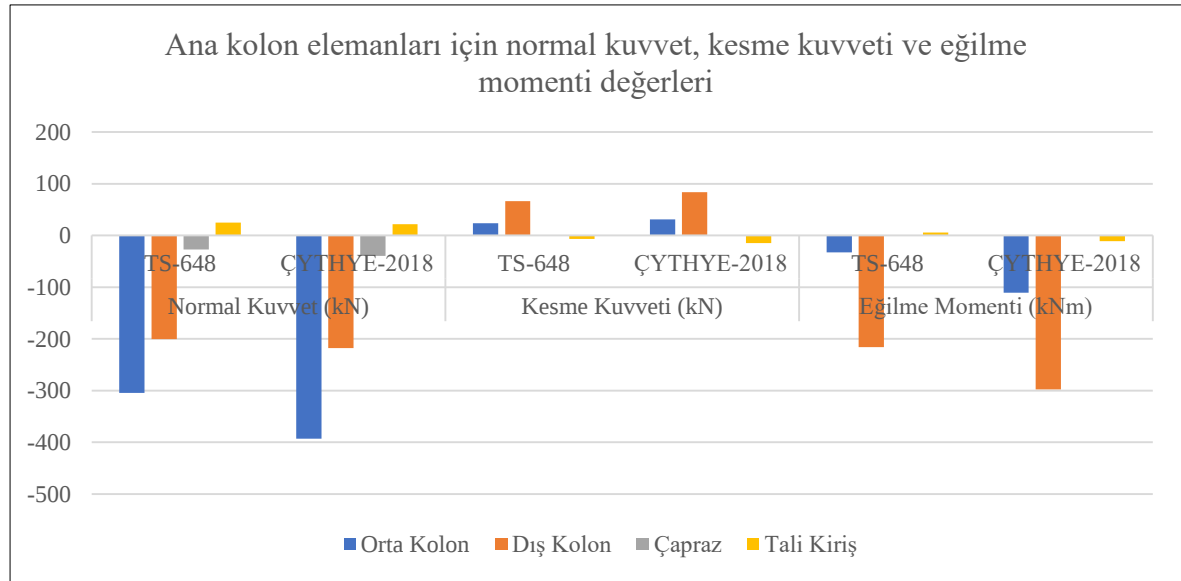
Düşey deplasman kontrolü

ÇYTHYE-2018'de belirtilen gerekli yük kombinasyonları ile maksimum düşey deplasman değeri hesaplanmıştır ve Çizelge 5.14'de verilmiştir. Burada da görüldüğü gibi sistemde meydana gelen en yüksek düşey deplasman değeri izin verilen sınır değerinin altında kalmaktadır. Dolayısıyla deplasman koşulu sağlanmaktadır.

Çizelge 5.14. ÇYTHYE-2018'e göre düşey deplasman kontrolü

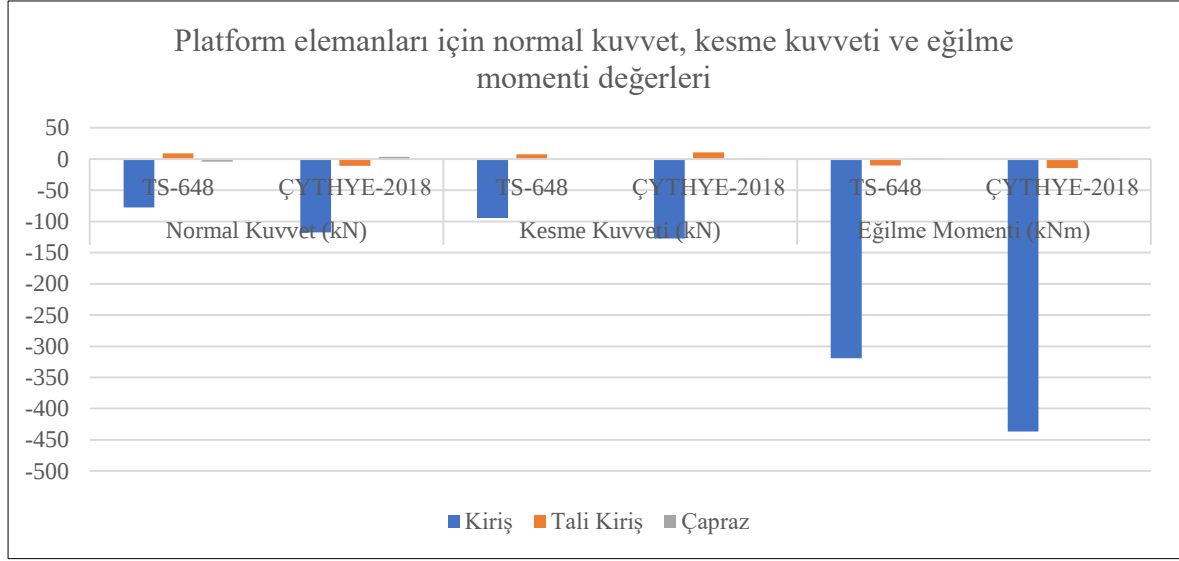
Düğüm Noktası	Kiriş Açıklığı, l (mm)	Deplasman(mm)	İzin verilen deplasman ($l/360$)	Kombinasyon
253	18260	29,92	50,72	G+Q

5.2.6. Eleman gruplarına göre normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin karşılaştırılması



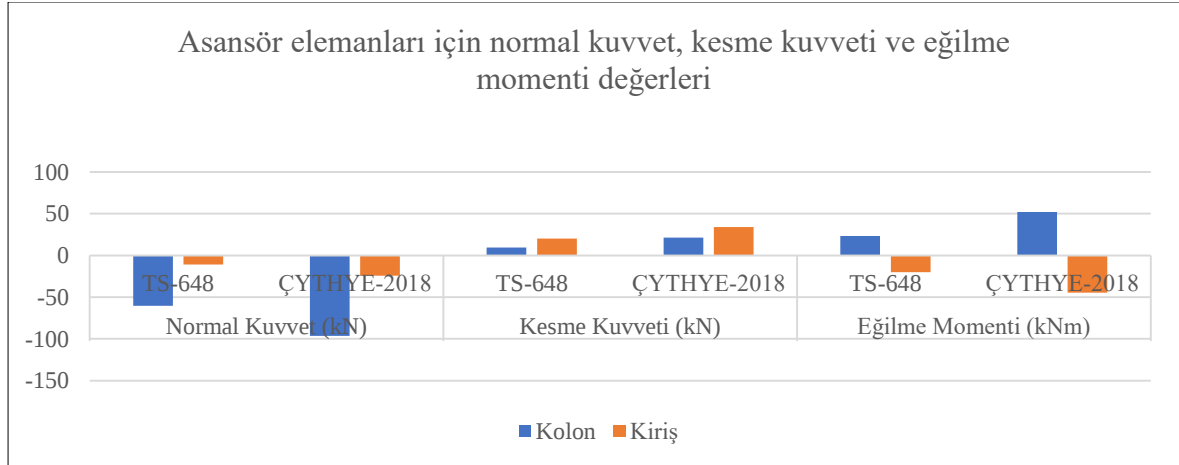
Şekil 5.18. Ana kolon elemanları için iç kuvvetler

Şekil 5.18'e baktığımızda eski yönetmeliğe göre orta kolonlarda normal kuvvet ortalama %29, kesme kuvveti %33 ve eğilme momenti %239 oranında artmıştır. Dış kolonlarda normal kuvvet %9, kesme kuvveti %26 ve eğilme momenti %45 artmıştır. Çaprazlara baktığımızda normal kuvvet %44 artmıştır, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri ihmal edilebilir düzeydedir. Tali kirişte normal kuvvet %13 azalmış, kesme kuvveti %117 ve eğilme momenti değeri büyüklük olarak %104 artmıştır.



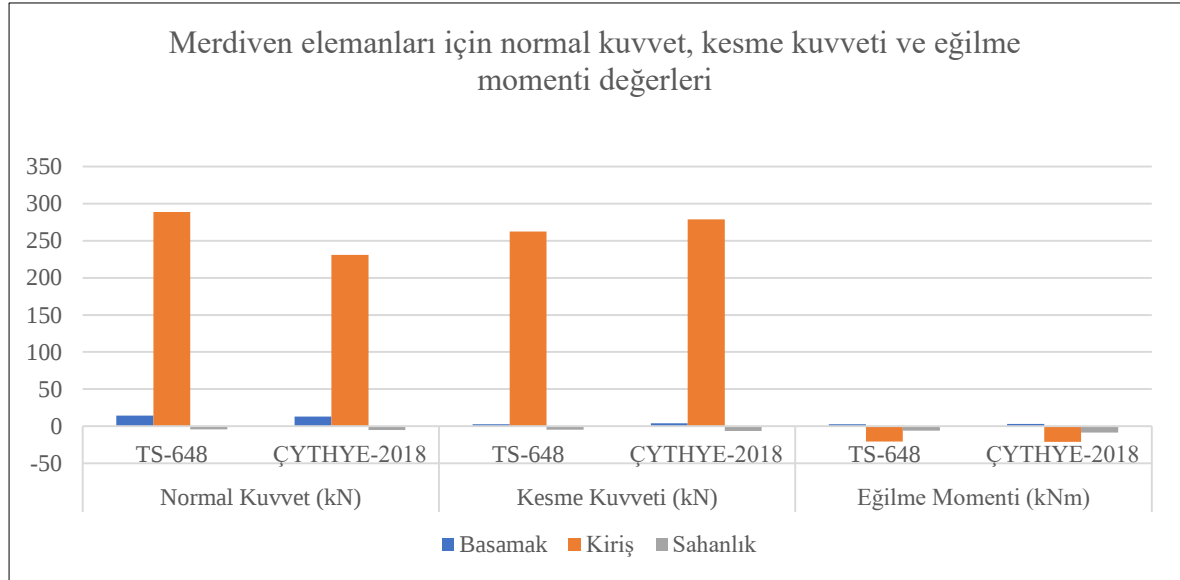
Şekil 5.19. Platform elemanları için iç kuvvetler

Platform elemanlarının kirişlerinde normal kuvvet değeri %51, kesme kuvveti %35 ve eğilme momenti %37 oranında artmıştır. Tali kirişlerde normal kuvvet büyüklük olarak %18, kesme kuvveti %37 ve eğilme momenti ise %37 artmıştır. Çapraz elemanlarda normal kuvvet %10 değerinde azalmakla beraber, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri ihmal edilebilir düzeydedir.



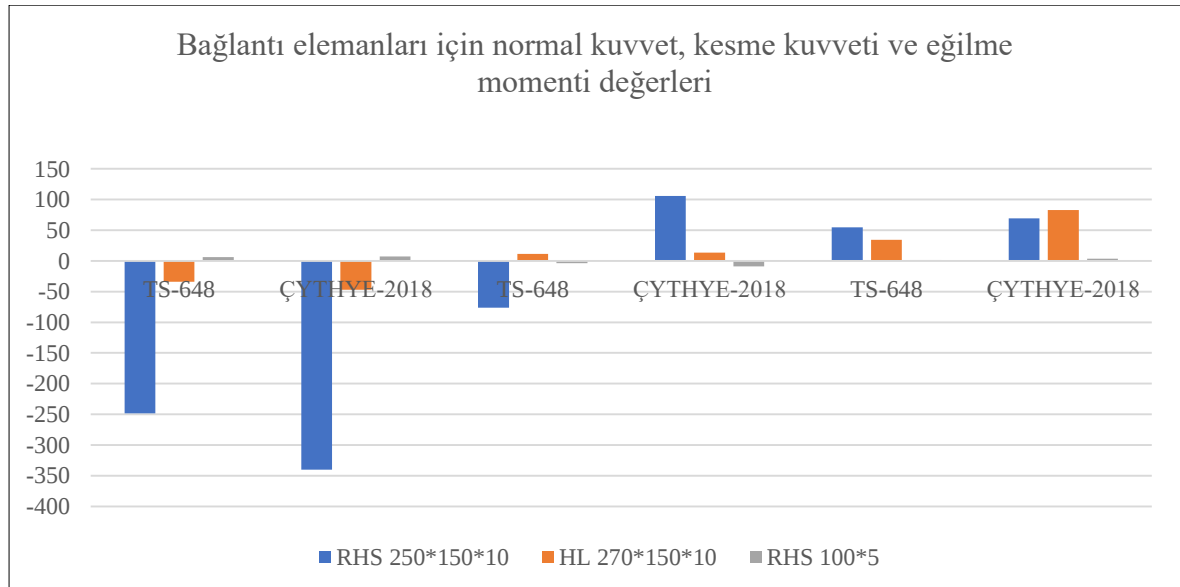
Şekil 5.20. Asansör kulesi elemanları için iç kuvvetler

Asansör kulesindeki kolonlara baktığımızda maksimum normal kuvvet %59, kesme kuvveti %122 ve eğilme momenti değerinin %123 oranında arttığı görülmektedir. Kirişlerde ise normal kuvvet %126, kesme kuvveti %67 ve eğilme momenti %124 oranda artmıştır.



Şekil 5.21. Merdiven elemanları için iç kuvvetler

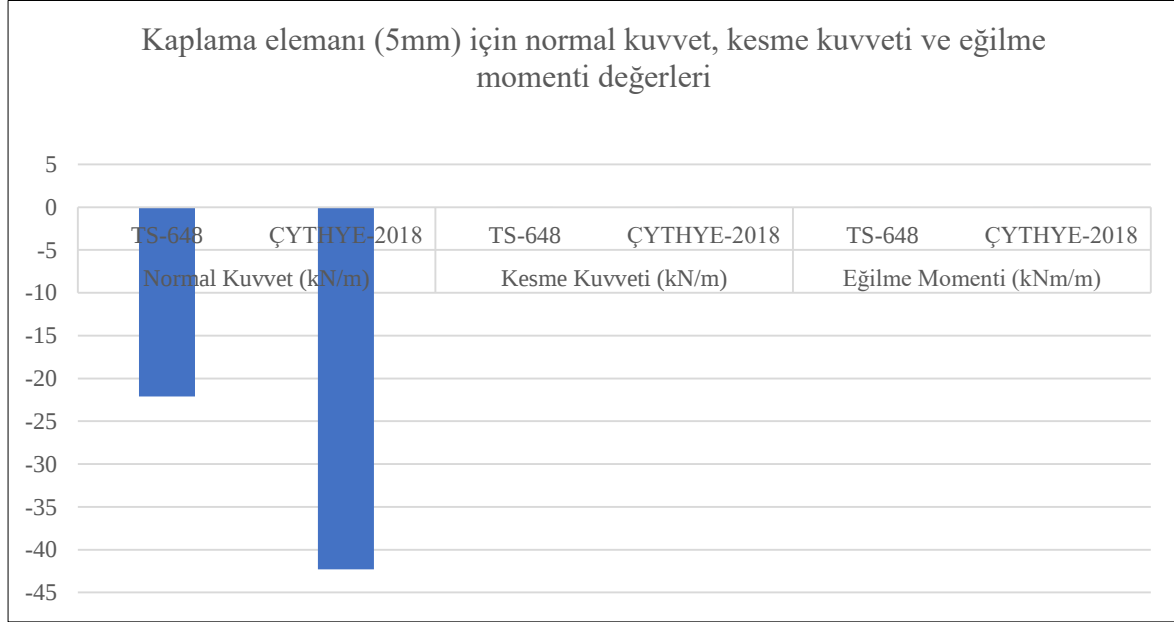
Merdiven basamaklarında normal kuvvet %10 oranda azalmıştır, fakat kesme kuvveti %36 ve eğilme momenti %14 oranda artmıştır. Kirişlerde normal kuvvet %20 oranında azalmıştır ve kesme kuvveti ile eğilme momenti değerleri neredeyse aynı kalmıştır. Sahanlıkta kullanılan elemanlarda normal kuvvet %30, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin %38 oranında arttığı görülmektedir.



Şekil 5.22. Bağlantı elemanları için iç kuvvetler

RHS250*150*10 profilinde en yüksek normal kuvvet değeri %37 artmış, kesme kuvveti büyüklük olarak %39 artmış ve eğilme momenti değeri %27 oranda yükselmiştir.

HL270*150*70 kesitinde normal kuvvet %40, kesme kuvveti %15 ve eğilme momenti %141 artmıştır. RHS100*5 kesitinde ise normal kuvvet değeri %12, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin %130 oranında arttığı sonucuna ulaşılmıştır.



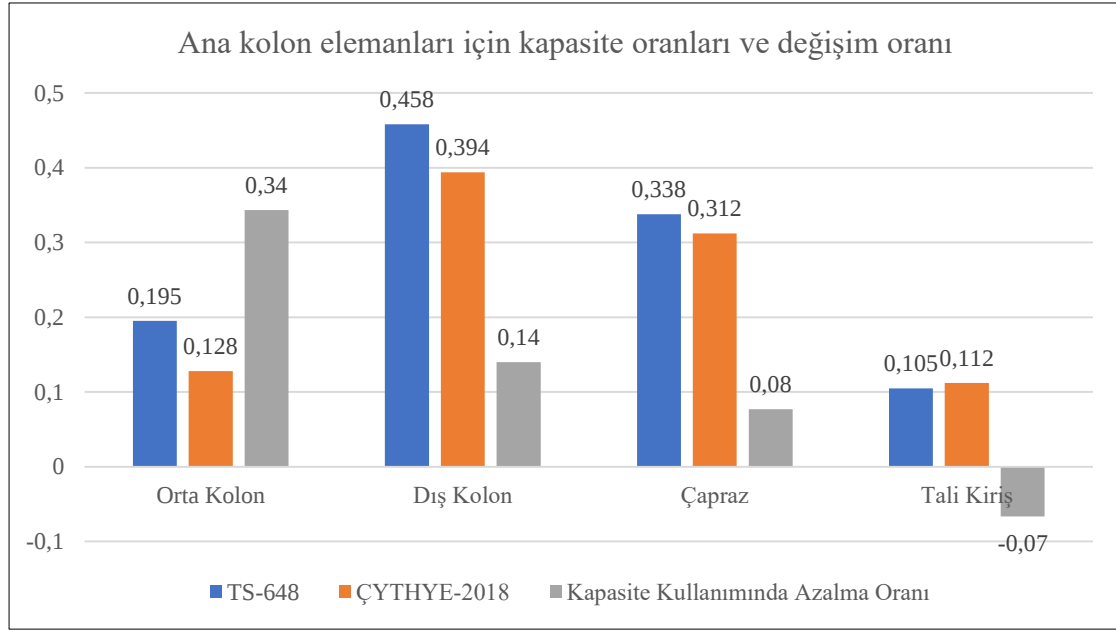
Şekil 5.23. Kaplama için iç kuvvetler

Kaplama elemanına baktığımızda normal kuvvet değeri %91 oranında artmıştır. Kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri sıfıra çok yakın olmakla beraber ihmal edilebilir düzeydedir.

Grafikleri incelediğimizde, normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinde yeni yönetmelikte genellikle artış olduğu görülmektedir.

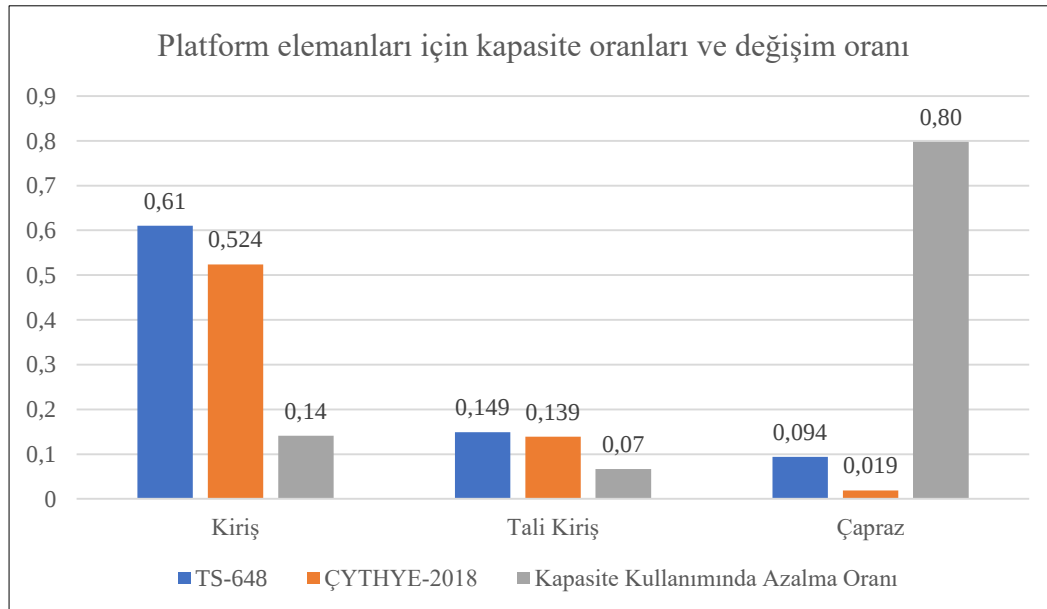
5.2.7. Kapasite oranlarının karşılaştırılması

Bu bölümde çelik yaya üst geçidinin TS-648 ve ÇYTHYE-2018 yönetmelikleriyle analizi sonucu ulaşılan kapasite oranları karşılaştırılması grafiklerle verilmiştir. Grafiklerde açıklamalar TS-648, ÇYTHYE-2018 ve bu iki yönetmelik arasındaki kapasite kullanımındaki azalma oranları şeklinde sıralanmıştır.



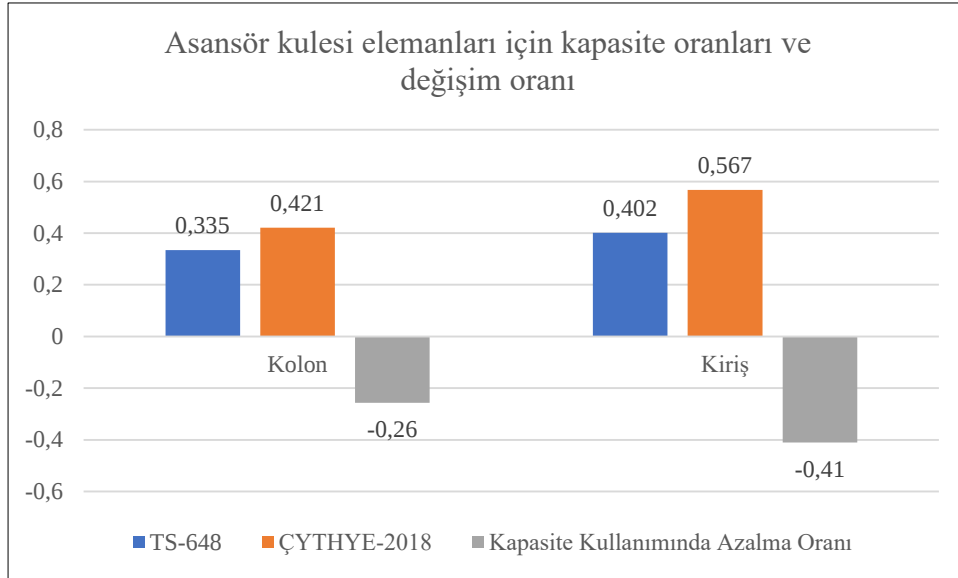
Şekil 5.24. Ana kolon elemanları için kapasite oranları

Şekil 5.24'ü incelediğimizde yeni yönetmelikteki kapasite oranları değerlerinin eski yönetmeliğe göre azaldığı görülmektedir. Burada azalmalar orta kolonlar için %34, dış kolonlarda %14, çapraz elemanlarda %8 değerindedir. Tali kirişlerde ise %7 oranında çok küçük bir artış olmuştur.



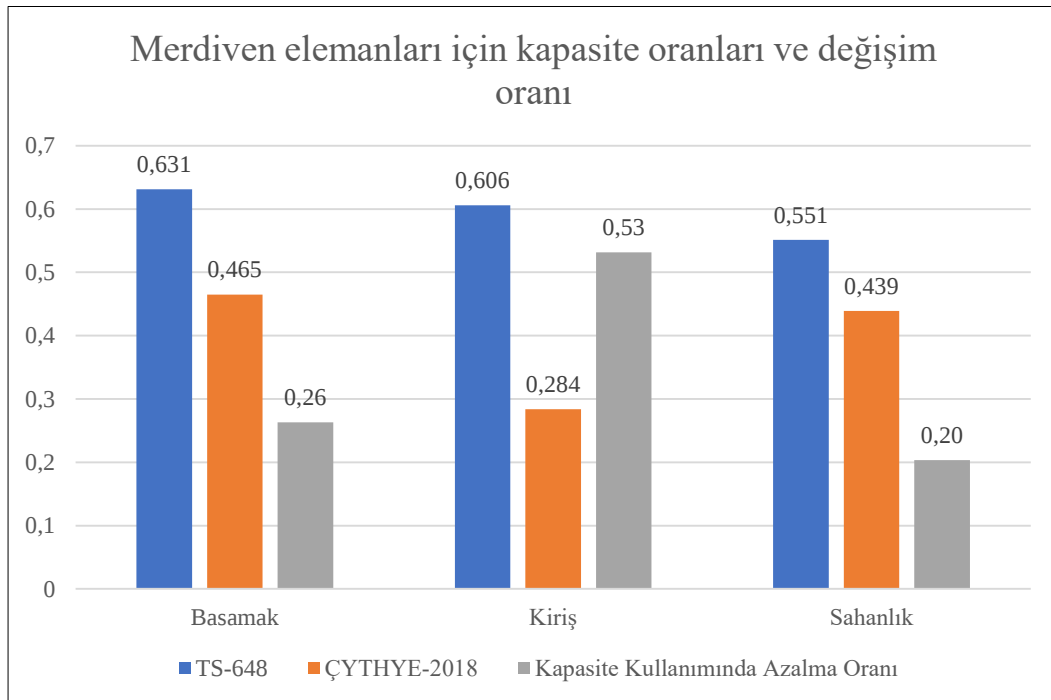
Şekil 5.25. Platform elemanları için kapasite oranları

Platform elemanlarına baktığımızda, kirişlerde %14, tali kirişlerde %7 ve çaprazlarda %80 oranında kapasite kullanımı azalmıştır.



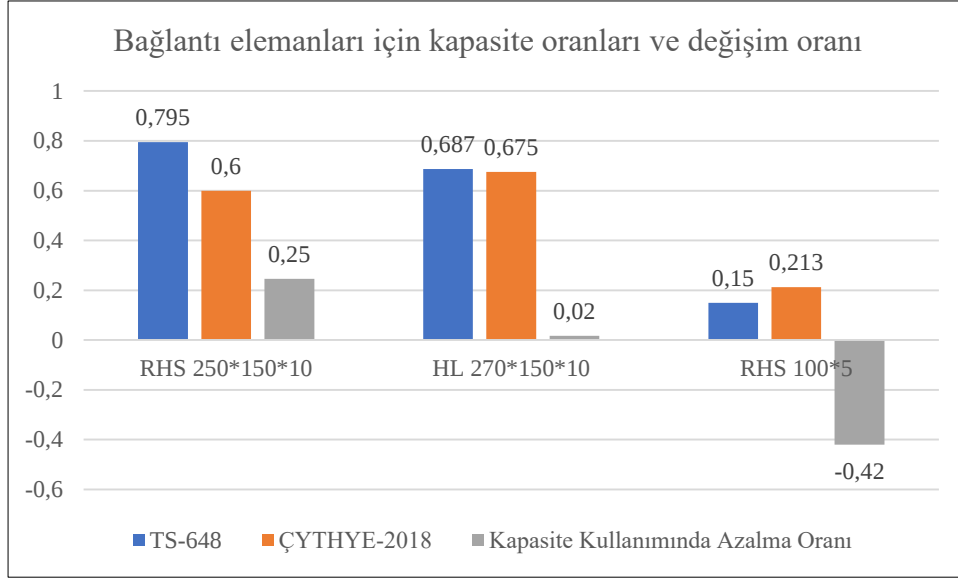
Şekil 5.26. Asansör kulesi elemanları için kapasite oranları

Asansör kulesi kolonlarda kapasite kullanım oranı %26, kirişlerde ise %41 oranda artış olmuştur.



Şekil 5.27. Merdiven elemanları için kapasite oranları

Merdiven basamaklarında %26, kirişlerde %53, sahanlık elemanlarında %20 azalma meydana gelmiştir.



Şekil 5.28. Bağlantı elemanları için kapasite oranları

Bağlantı elemanı olan RHS250*150*10 kesitinin kapasite kullanım oranında %25, HL270*150*10 profilinde %2 azalma olmuştur. RHS100*5 profilinde ise %42 oranda artış olmuştur.

Sonuç olarak eski yönetmeliğe kıyasla yeni yönetmelikte kapasite kullanımının hemen hemen tüm elemanlar için azaldığı görülmektedir. Bu durum yeni yönetmelikle tasarlanacak olan bir yapının, eski yönetmelikteki kapasite oranları sonucuna göre tasarlandığında yeni yönetmeliğin daha ekonomik sonuçlar vereceği hakkında ön bilgi vermektedir.

5.2.8. Düzenleme ve tonaj farkı

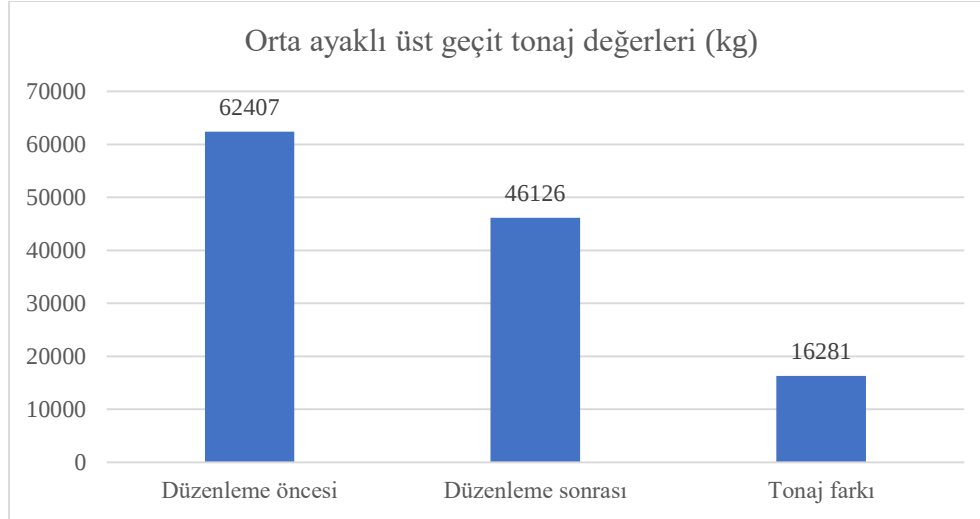
Yeni yönetmelikle yapılan analiz sonucunda, enkesit koşullarını sağlamayan profillerin enkesitleri TBDY-2018'deki Tablo 9.3'e göre düzenlenmiştir. Bu tablo EK-2'de verilmiştir.

Ayrıca kapasite fazlalığı olan kesitler, enkesit koşullarının da sağlanması şartıyla küçültülerek toplam tonaj değeri düşürülmüştür. Kesitlerin hangileriyle değiştirildiği ve kapasite kullanım oranlarında meydana gelen değişiklikler Çizelge 5.15'te verilmiştir.

Çizelge 5.15. Kesitlerin ekonomiklik bakımından düzenlenmesi

Eleman	Düzenleme Öncesi		Düzenleme Sonrası	
	Kesitler	Kapasite Oranları	Kesitler	Kapasite Oranları
Ana Kolon	HE600*300	0,128	HE400A	0,463
Platform - Ana Kiriş	IPE470*250	0,524	IPE500	0,797
Platform - Tali Kiriş	HE200A	0,139	HE100A	0,357
Asansör - Kolon	RHS200*10	0,421	RHS120*8	0,891
Merdiven - Kiriş	UPN300	0,284	UPN180	0,495
Bağlantı	RHS250*150*10	0,600	RHS180*10	0,943

Bütün düzenlemelerden sonra SAP2000 programından elde edilen tonaj değerleri Şekil 5.29’da verilmiştir.



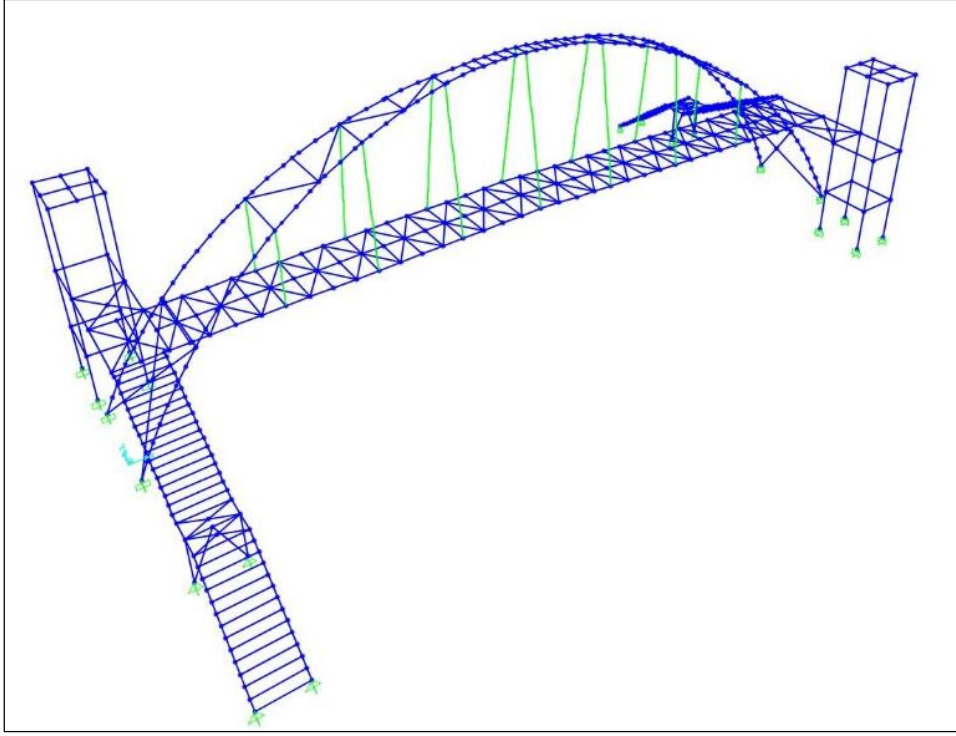
Şekil 5.29. Orta ayaklı üst geçit için tonaj değerleri

Şekil 5.29’da görüldüğü gibi gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra toplam tonajda yaklaşık olarak %26 oranında ciddi bir azalma meydana gelmiştir.

Düzenleme sonrası sistemin düşey deplasman değerinin de kontrol edilmesi gerekmektedir. SAP2000 programı ile en büyük düşey deplasman 41,93 mm olarak elde edilmiştir. Bu değer, düzenleme öncesinde 29,92 mm’dir ve iki değer de 50,72 mm olan sınır değerinin altında kalmaktadır.

5.3. Kemer Tipi Üst Geçit

Çelik taşıyıcı sistemden oluşan kemer tipi yaya üst geçidin toplam uzunluğu 37 metredir. Yükseklik 5,6 metre ve platform genişliği 3 metredir. Sistemin 3 boyutlu görünümü Şekil 5.30’da verilmiştir. Üst geçit Ankara ilinin Yenimahalle ilçesinde olacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 5.30. Sistemin 3D görüntüsü

5.3.1. Malzeme özellikleri

Sistemde yine ilk projedeki gibi iki çeşit yapısal çelik ve ek olarak halat eleman için bir malzeme kullanılmıştır. Kullanılmış olan malzemeler ve özellikleri Çizelge 5.16’da gösterilmiştir. Kutu ve boru profillerde S235JR, diğer kesitlerde S275 kullanılmıştır.

Çizelge 5.16. Malzeme özellikleri

Malzeme Sınıfı	Akma Dayanımı Fyk (N/mm ²)	Elastisite Modülü E (MPa)
S235JR	235	210000
S275JR	275	210000
Halat / 1570	1570	160000

5.3.2. Profil kesitleri

Kemer tipi üst geçitte kullanılan profiller aşağıdaki gibidir:

Kemerde: Ana kemer elemanında CHS355,6*10, çapraz ve tali kiriş olarak CHS273*8 profili ve üst birleşimdeki bağlantıda 20mm kalınlıkta levha kullanılmıştır.

Platformda: Ana kiriş HE240A, tabliyenin ortasından geçen 2. kiriş IPE140, çaprazlar L60*6, tali kirişler IPE200 ve IPE180 olarak seçilmiştir.

Asansör kulesinde: Kolonlarda RHS200*6, kirişlerde RHS200*6 ve RHS100*8 kullanılmıştır.

Merdivende: Kiriş UPN300, basamaklar 5mm kalınlık, sahanlık kolonları HE180A, sahanlık kirişleri IPE180, sahanlık çaprazları olarak L80*8 profilleri kullanılmıştır.

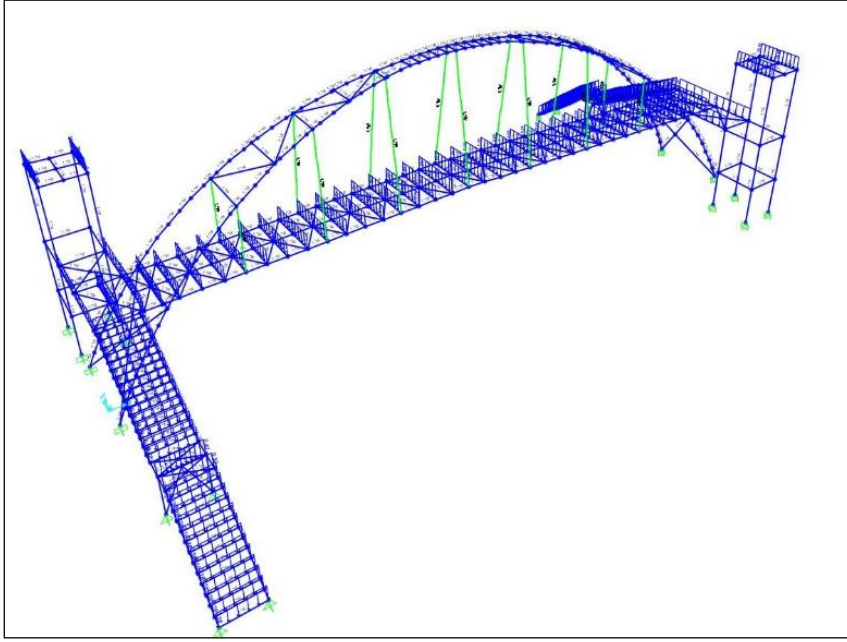
Halatlarda: 22mm çapında, 1570 N/mm çekme dayanımına sahip halat kullanılmıştır.

5.3.3. Yükleme görüntüleri

Çalışmanın bu bölümünde sisteme etki eden yatay ve düşey yüklerin SAP2000 programındaki görüntüleri verilmiştir.

Ölü Yük

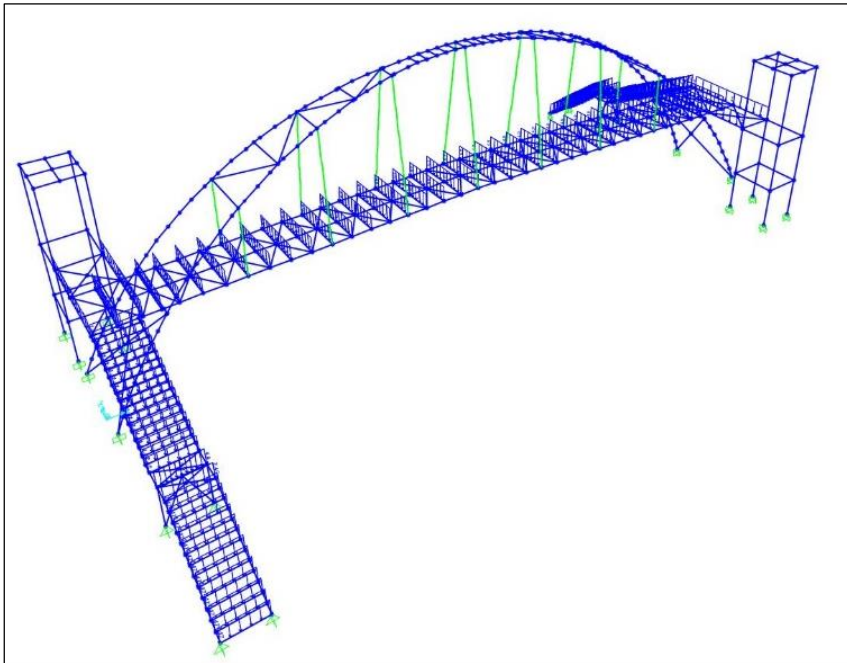
Ölü yükler bölüm 5.1.1’de verilen değere göre hesaplanmıştır ve SAP2000 programındaki yüklemelerin görüntüsü Şekil 5.31’deki gibidir.



Şekil 5.31. Sisteme tanımlanan ölü yüklerin görüntüsü

Hareketli Yük

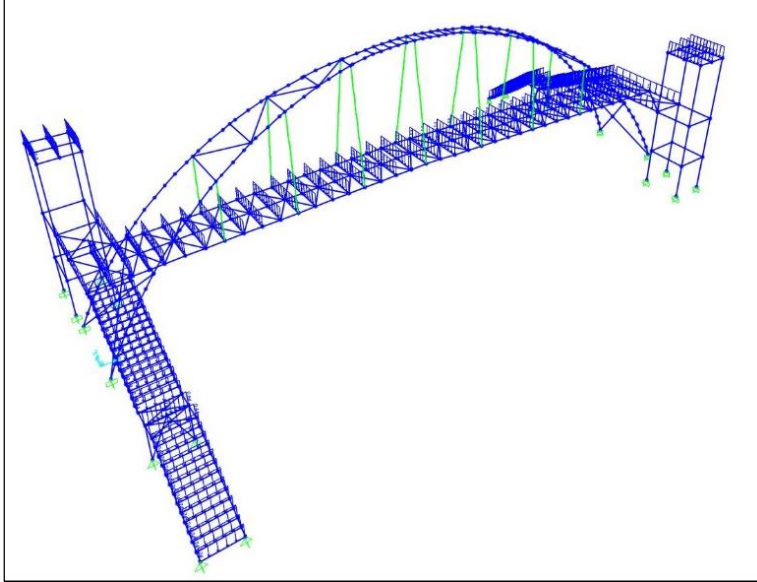
Hareketli yükler bölüm 5.1.2’de denildiği gibi hesaplanmıştır ve Şekil 5.32’de gösterilmiştir.



Şekil 5.32. Sisteme tanımlanan hareketli yüklerin görüntüsü

Kar Yüğü

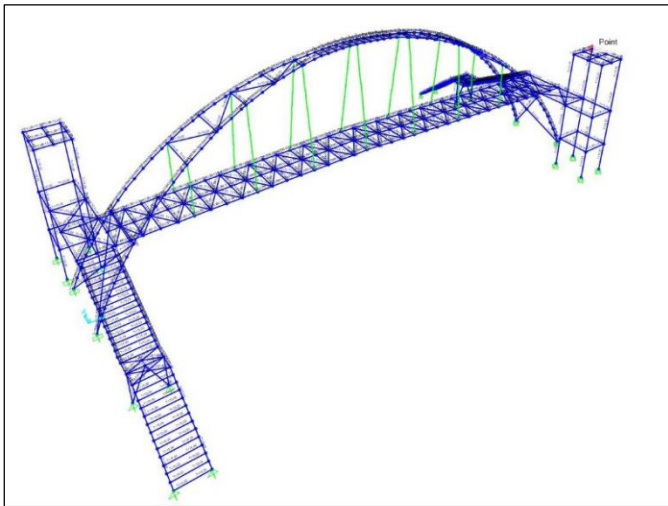
Kar yükleri bölüm 5.1.3'deki gibi hesaplanarak SAP2000 programına girilmiştir ve Şekil 5.33'deki gibidir.



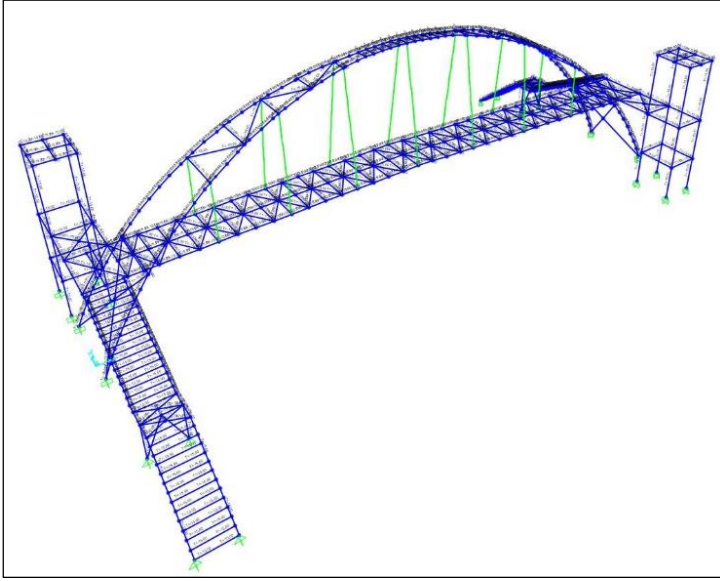
Şekil 5.33. Sisteme tanımlanan kar yükünün görüntüsü

Sıcaklık Yüğü

Sisteme etki eden sıcaklık yükleri Şekil 5.34 ve Şekil 5.35'de gösterilmiştir ve sonuçların tutarlı olması için Ankara Büyükşehir Belediyesinden temin edilen hesap raporunda da alınmış değer olan $\pm 15^{\circ}\text{C}$ seçilmiştir.



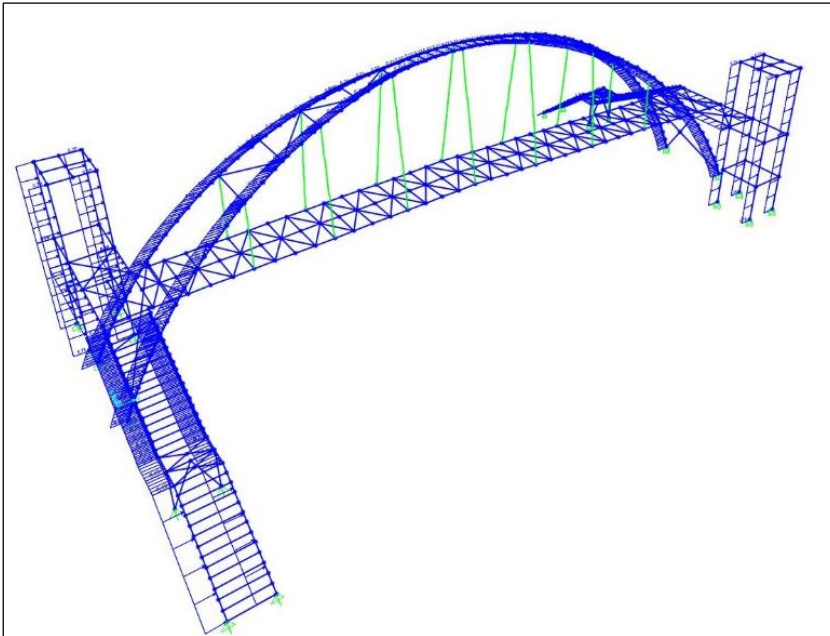
Şekil 5.34. Sisteme tanımlanan sıcaklık yükünün görüntüsü (T+)



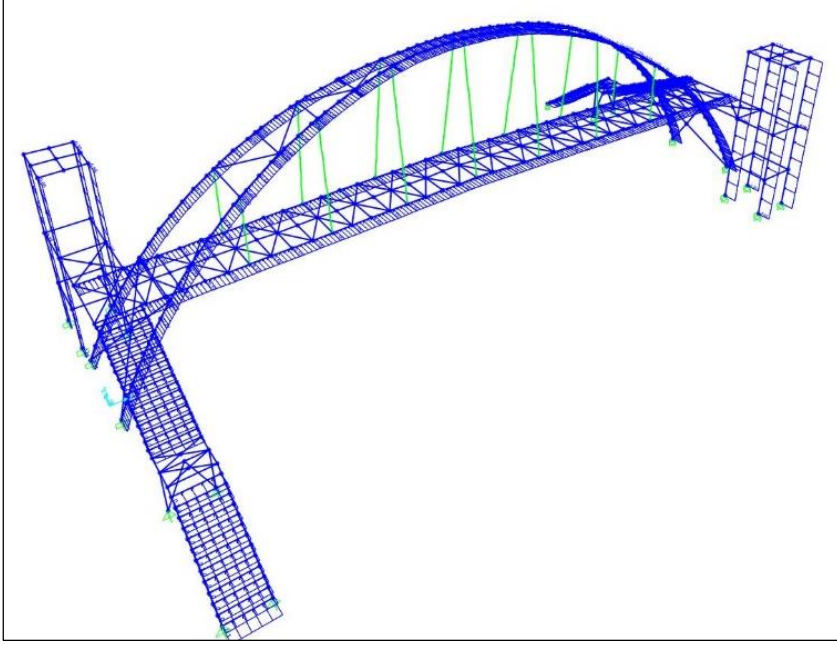
Şekil 5.35. Sisteme tanımlanan sıcaklık yükünün görüntüsü (T-)

Rüzgâr Yüğü

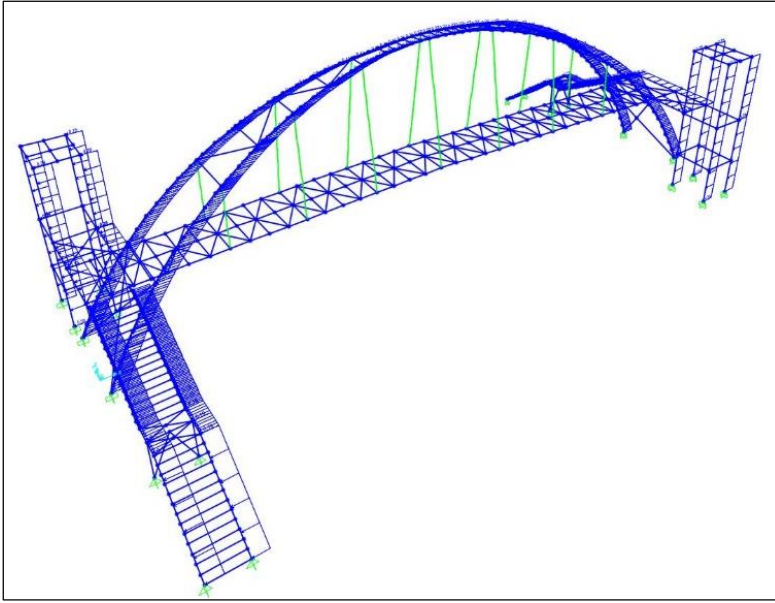
Yapıya etki eden Rüzgar yükleri bölüm 5.1.4’de denildiğı gibi hesaplanmıştır ve görüntüleri (W_x , W_y , $-W_x$, $-W_y$) Şekil 5.36, 5.37, 5.38 ve 5.39’da gösterilmiştir.



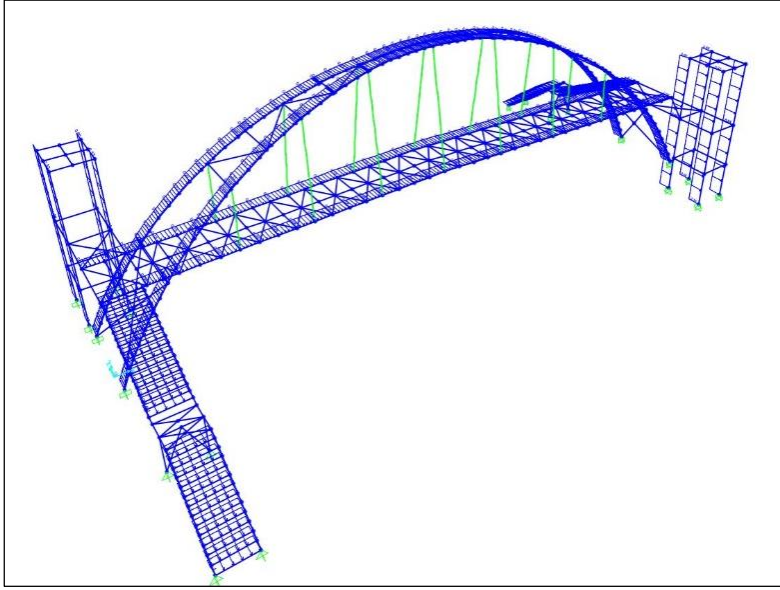
Şekil 5.36. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (W_x)



Şekil 5.37. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (Wy)



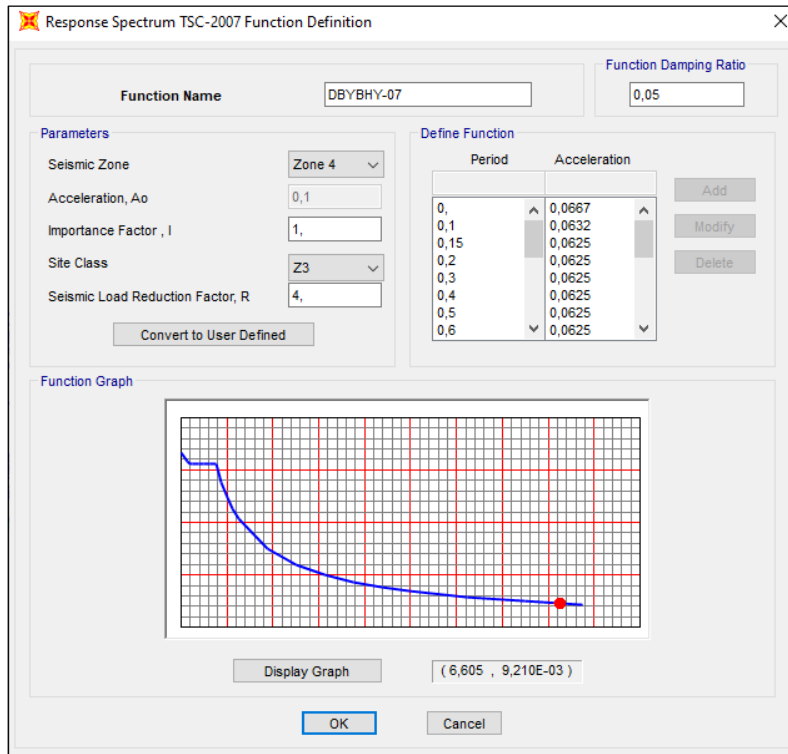
Şekil 5.38. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (-Wx)



Şekil 5.39. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (-Wy)

Deprem Yüğü (DBYBHY-2007)

Üst geçit Ankara ilinin Yenimahalle ilçesinde bulunmaktadır. Üst geçidin konumuna göre yapı 4. derece deprem bölgesindedir ve Z3 tipi zemin sınıfına sahiptir. Gerekli veriler SAP2000 programına girildikten sonra Şekil 5.40'daki görüntü elde edilir.



Şekil 5.40. DBYBHY-2007'ye ait deprem parametreleri

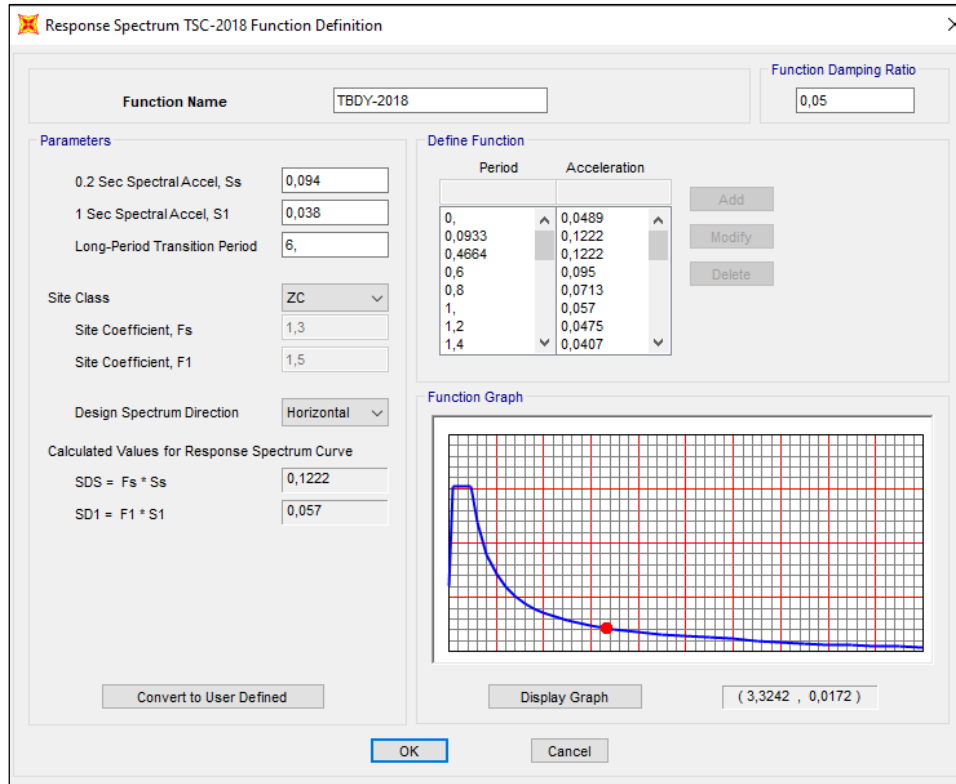
Deprem Yüğü (TBDY-2018)

Yapının inşa edileceğı konuma ait deprem parametreleri Çizelge 5.17’de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Seçili koordinatlara ait deprem parametreleri

Enlem	36,962526°
Boylam	32.810199°
S_s	0,094
S_1	0,038
T_L (sn)	6

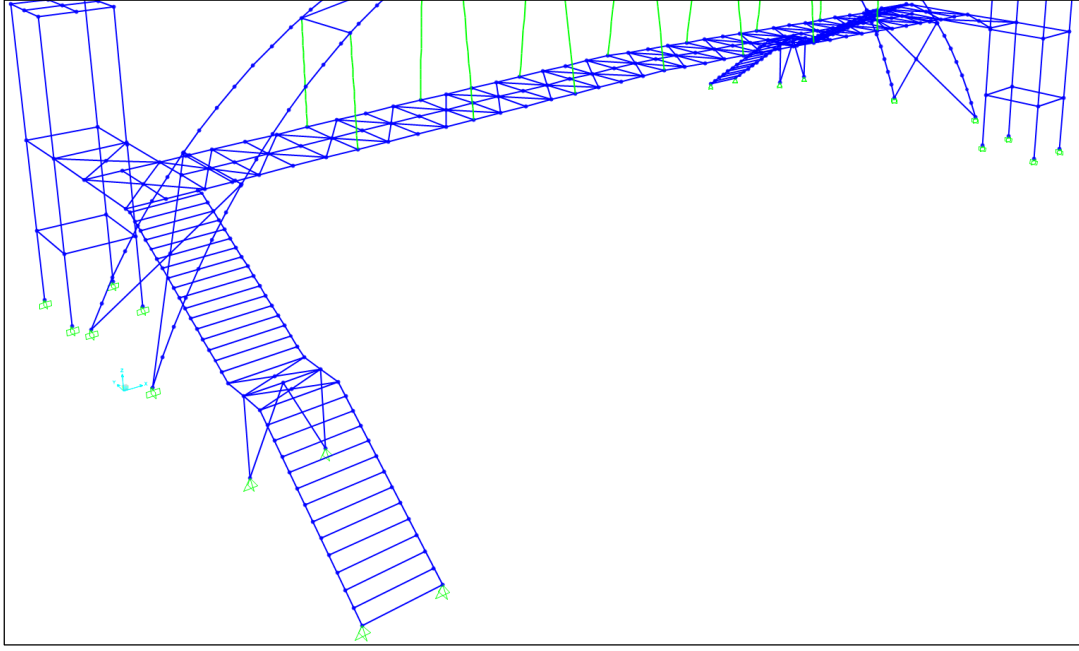
Çizelge 5.17’deki değerlerin SAP2000 programına tanımlanmasından sonra Şekil 5.41’deki görüntüyü elde ederiz.



Şekil 5.41. TBDY-2018’e ait deprem parametreleri

Mesnetleme koşulları

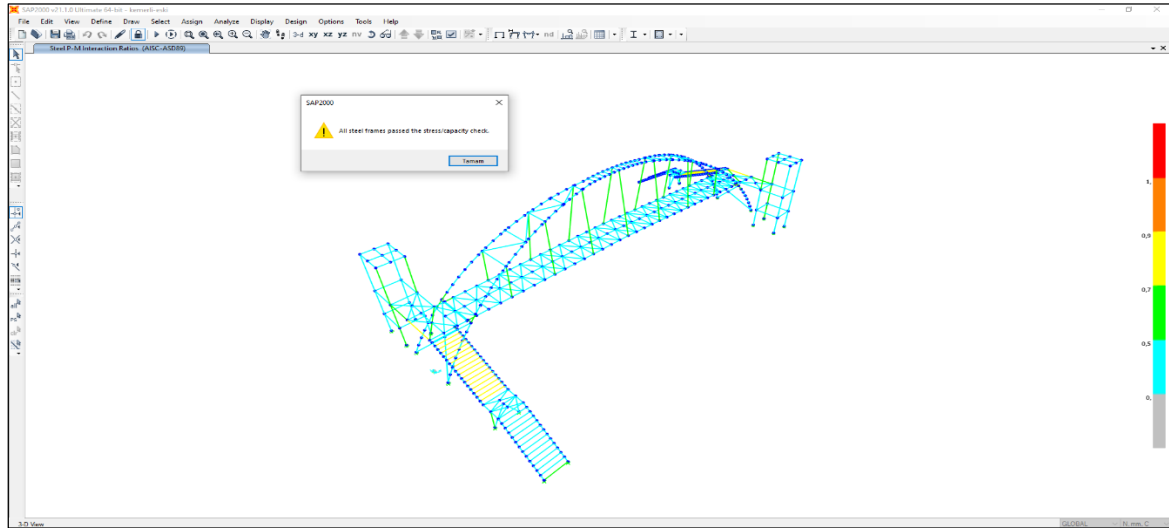
Kemer tipi üst geçitte 12 ankastre ve 8 sabit mesnet bulunmakla beraber toplamda 20 adet mesnet vardır. Bu mesnetler Şekil 5.42’de gösterilmiştir.



Şekil 5.42. Kemer tipi üst geçit için mesnet koşulları

5.3.4. TS 648'e göre analiz sonucu

Eski yönetmelik ile yaptığımız analiz sonucu Şekil 5.43'teki görüntüyü elde edilir. Burada tüm kesitlerin yeterli kapasitede olduğu görülmektedir.



Şekil 5.43. AISC-ASD89'a göre 3 boyutlu analiz görüntüsü

Analizi tamamlanmış sistemin normal kuvvet, kesme kuvvet, eğilme momenti, kapasite kullanım oranları ve düşey deplasman değeri aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentleri

Kemer tipi üst geçidin elemanları kemer, platform, asansör kulesi ve merdiven elemanları olarak 4 gruba ayrılmıştır. Her gruptaki elemanların en yüksek iç kuvvet değerleri ve kaç numaralı elemanda meydana geldiği Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Çizelge 5.18. AISC-ASD89’a göre maksimum iç kuvvetler

Eleman	Kesit	Normal Kuvvet (kN)	Eleman No	Kesme Kuvveti (kN)	Eleman No	Eğilme Momenti (kNm)	Eleman No
KEMER ELEMANLARI							
Kemer	CHS 355,6*10	-264,864	73	43,021	546	60,679	546
Bağlantı	CHS 273,0*8	-225,247	269	13,009	485	10,881	270
Bağlantı	Bağlantı	-17,119	506	1,093	501	0,435	511
PLATFORM ELEMANLARI							
Kiriş	HE240A	121,345	259	-56,465	259	-37,989	259
Orta Kiriş	IPE140	13,106	306	0,063	204	0,016	204
Tali Kiriş	IPE200	-7,89	217	10,127	218	7,886	217
Tali Kiriş	IPE180	-44,923	211	14,001	192	8,427	211
Çapraz	L60*6	14,865	547	0,048	239	0,022	239
Çapraz	L80*8	-52,392	322	0,086	319	0,039	319
ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI							
Kolon	RHS200*6	-91,765	628	-6,314	636	-15,177	278
Kiriş	RHS200*6 RHS100*8	8,666	397	47,924	288	15,635	416
Sahanlık	RHS200*6	-14,268	394	21,789	394	-27,062	394
Sahanlık	L80*8	-8,182	624	0,58	619	-0,450	623
MERDİVEN ELEMANLARI							
Basamak	Basamak	82,924	362	3,096	799	3,915	795
Kiriş	UPN300	-84,116	750	43,733	710	-33,967	642
Sahanlık	L80*8	11,06	876	0,048	861	0,011	861
Sahanlık	IPE180	8,556	886	9,731	894	-4,039	894
Kolon	HE180A	-43,632	893	-5,173	879	10,346	879
Çapraz	L80*8	-27,196	889	0,044	888	0,024	888

Kapasite oranları kontrolü

AISC-ASD89’a göre en büyük kapasite oranları, kombinasyonları ve hangi elemanda meydana geldiği Çizelge 5.19’da verilmiştir.

Çizelge 5.19. AISC-ASD89'a göre maksimum kapasite oranları

Eleman	Kesit	Kapasite Oranı	Eleman No	Kombinasyon
KEMER ELEMANLARI				
Kemer	CHS 355,6*10	0,588	546	G+Q+S
Bağlantı	CHS 273,0*8	0,419	270	G+Q-T
Bağlantı	Bağlantı	0,076	506	G+Q+Ey+0,3Ex
PLATFORM ELEMANLARI				
Kiriş	HE240A	0,640	259	G+Q+S
Orta Kiriş	IPE140	0,050	306	G+Q+Wx+0,5S
Tali Kiriş	IPE200	0,268	217	G+Q+S
Tali Kiriş	IPE180	0,805	211	G+Q+Wx+0,5S
Çapraz	L60*6	0,359	563	G+Q+Ey+0,3Ex
Çapraz	L80*8	0,610	322	G+Q+Wx+0,5S
ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI				
Kolon	RHS200*6	0,556	278	G+Q+Ey+0,3Ex
Kiriş	RHS200*6 RHS100*8	0,366	395	G+Q+Ey+0,3Ex
Sahanlık	RHS200*6	0,612	394	G+Q+S
Sahanlık	L80*8	0,272	623	G+Q+Ex+0,3Ey
MERDİVEN ELEMANLARI				
Basamak	Basamak	0,825	845	G+Q-T
Kiriş	UPN300	0,521	809	G+Q-T
Sahanlık	L80*8	0,072	861	G+Q-T
Sahanlık	IPE180	0,196	535	G+Q-T
Kolon	HE180A	0,575	879	G+Q-Wx+0,5S
Çapraz	L80*8	0,451	889	G+Q-T

Düşey deplasman kontrolü

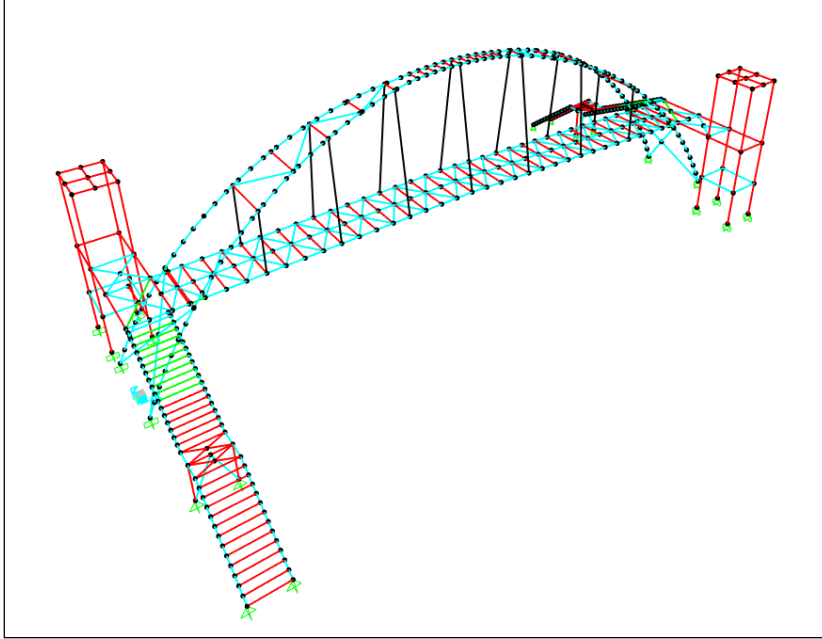
TS-648'e göre en yüksek düşey deplasman değeri, yük kombinasyonu ve izin verilen maksimum deplasman değeri Çizelge 5.20'de verilmiştir. Çizelgedeki bilgilere göre sistemin düşey deplasman koşullarını sağladığı görülmektedir.

Çizelge 5.20. TS-648'e göre düşey deplasman kontrolü

Düğüm Noktası	Kiriş Açıklığı, l (mm)	Deplasman(mm)	İzin verilen deplasman (mm) ($l/300$)	Kombinasyon
31	18500	30,62	61,67	G+Q-T

5.3.5. ÇYTHYE-2018'e göre analiz sonuçları

Şekil 5.44'deki yeni yönetmelikle yapılan analiz görüntüsüne baktığımızda uygun olmayan kesitlerin olduğu görülmektedir.



Şekil 5.44. AISC 360-10'a göre 3 boyutlu analiz modeli

Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentleri

AISC 360-10'a göre sistemde oluşan en yüksek iç kuvvetler ve bunların hangi elemanda olduğu Çizelge 5.21'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.21. AISC 360-10'a göre maksimum iç kuvvetler

Eleman	Kesit	Normal Kuvvet (kN)	Eleman No	Kesme Kuvveti (kN)	Eleman No	Eğilme Momenti (kNm)	Eleman No
KEMER ELEMANLARI							
Kemer	CHS 355,6*10	-365,933	73	-60,907	569	88,605	546
Bağlantı	CHS 273,0*8	-204,723	195	18,05	485	-14,793	195
Bağlantı	Bağlantı	-23,833	506	1,93	501	0,647	501
PLATFORM ELEMANLARI							
Kiriş	HE240A	167,936	259	-79,04	259	-54,925	259
Orta Kiriş	IPE140	18,391	306	0,088	204	0,022	204
Tali Kiriş	IPE200	-11,223	217	14,339	218	11,185	217
Tali Kiriş	IPE180	-63,331	211	20,329	192	12,192	211
Çapraz	L60*6	21,366	547	0,067	239	0,03	239
Çapraz	L80*8	-75,18	321	0,12	319	0,055	319

Çizelge 5.21 (devam). AISC 360-10'a göre maksimum iç kuvvetler

ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI							
Kolon	RHS200*6	-115,012	636	-13,005	626	22,094	626
Kiriş	RHS200*6 RHS100*8	13,179	397	58,803	292	20,313	416
Sahanlık	RHS200*6	-26,184	394	30,718	394	-38,813	394
Sahanlık	L80*8	-18,382	624	0,784	623	-0,560	623
MERDİVEN ELEMANLARI							
Basamak	Basamak	66,339	362	4,461	801	5,388	795
Kiriş	UPN300	-119,633	750	63,256	710	-48,871	642
Sahanlık	L80*8	15,251	867	0,067	861	0,015	861
Sahanlık	IPE180	14,523	886	11,42	894	-4,723	535
Kolon	HE180A	-62,51	893	7,262	891	-14,525	891
Çapraz	L80*8	-38,285	889	0,061	888	0,034	888

Kapasite oranları kontrolü

Yeni yönetmelikle analizi yapılan sistemin kapasite oranı değerleri ve en yüksek değeri oluşturan yük kombinasyonu Çizelge 5.22'de verilmiştir.

Çizelge 5.22. AISC 360-10'a göre maksimum kapasite oranları

Eleman	Kesit	Kapasite Oranı	Eleman No	Kombinasyon
KEMER ELEMANLARI				
Kemer	CHS 355,6*10	0,431	546	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Bağlantı	CHS 273,0*8	0,198	195	1,2G+Q+1,6Wx+0,5S-T
Bağlantı	Bağlantı	0,048	506	1,2G+Q+Ey+0,3Ex+0,2S+T
PLATFORM ELEMANLARI				
Kiriş	HE240A	0,506	259	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Orta Kiriş	IPE140	0,024	306	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Tali Kiriş	IPE200	0,215	217	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Tali Kiriş	IPE180	0,652	211	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Çapraz	L60*6	0,358	336	1,2G+Q+Ey+0,3Ex+0,2S+T
Çapraz	L80*8	0,559	321	1,2G+1,6Q+0,5S+T
ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI				
Kolon	RHS200*6	0,388	278	1,2G+Q+Ey+0,3Ex+0,2S+T
Kiriş	RHS200*6 RHS100*8	0,380	296	1,2G+Q+1,6Wx+0,5S-T
Sahanlık	RHS200*6	0,551	394	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Sahanlık	L80*8	0,244	624	1,2G+Q+1,6Wx+0,5S-T
MERDİVEN ELEMANLARI				
Basamak	Basamak	0,636	802	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Kiriş	UPN300	0,348	643	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Sahanlık	L80*8	0,066	861	1,2G+Q+1,6Wx+0,5S-T
Sahanlık	IPE180	0,158	535	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Kolon	HE180A	0,404	891	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Çapraz	L80*8	0,407	889	1,2G+Q+1,6Wx+0,5S-T

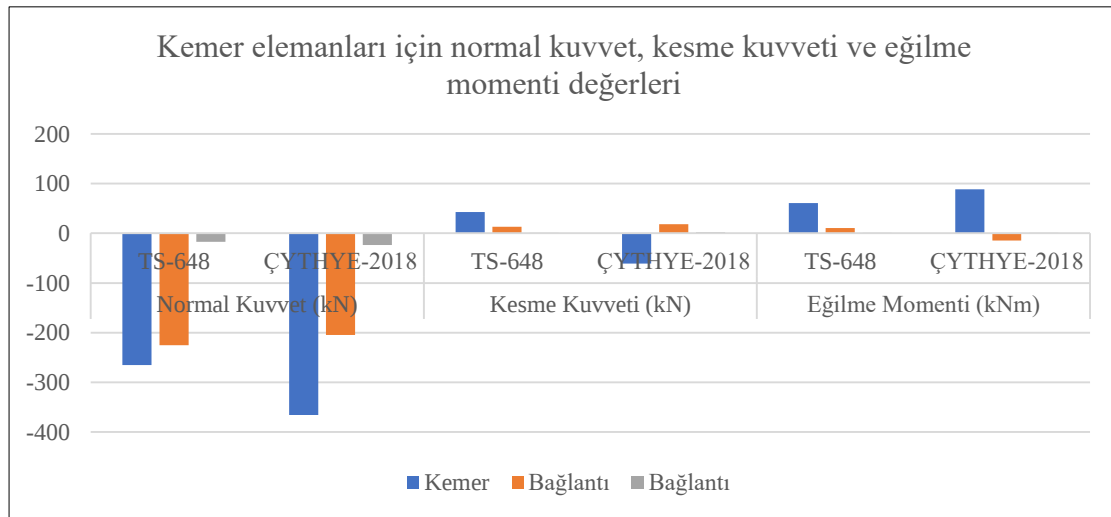
Düşey deplasman kontrolü

Yeni yönetmelikle yapılan analizde elde edilen maksimum düşey deplasman değeri Çizelge 5.23'te gösterilmiştir. Çizelgedeki değere göre sistemin düşey deplasman değeri sınır değerinin altında kalmaktadır.

Çizelge 5.23. TBDY-2018'e göre düşey deplasman kontrolü

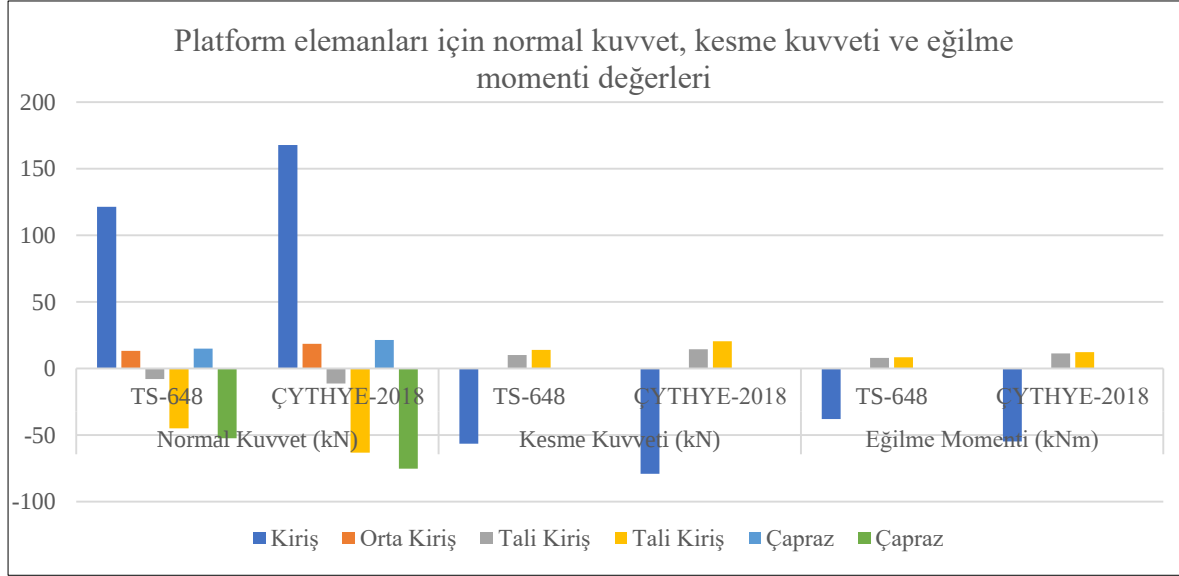
Düğüm Noktası	Kiriş Açıklığı, l (mm)	Deplasman(mm)	İzin verilen deplasman (mm) ($l/360$)	Kombinasyon
267	18500	29,25	51,39	G+Q

5.3.6. Eleman gruplarına göre normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin karşılaştırılması



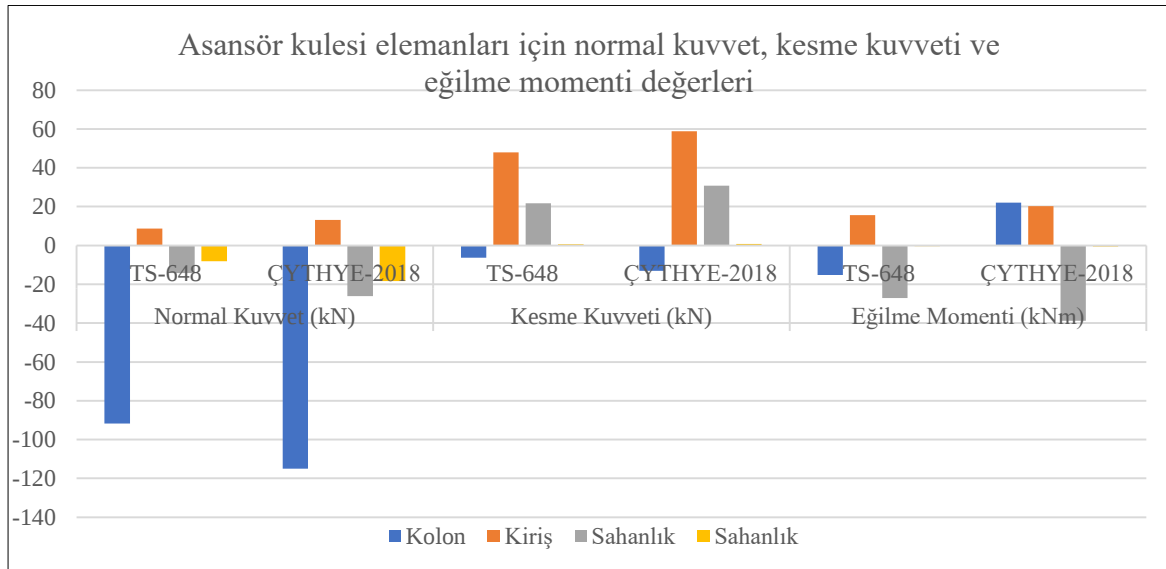
Şekil 5.45. Kemer elemanları için iç kuvvetler

Yukarıdaki şekle göre ana kemer elemanlarına baktığımızda eski yönetmeliğe göre normal kuvvet değeri %38, kesme kuvveti büyüklük olarak %42, eğilme momenti değeri ise %46 artmıştır. Boru kesitli bağlantı elemanı olan elemanlarda (grafikteki turuncu kısım) normal kuvvet %9 azalmakla beraber, kesme kuvveti %39 eğilme momenti büyüklük olarak %36 artmıştır. Diğer bağlantı elemanında ise normal kuvvet %39, kesme kuvveti %77 ve eğilme momenti değeri %49 oranında artmıştır.



Şekil 5.46. Platform elemanları için iç kuvvetler

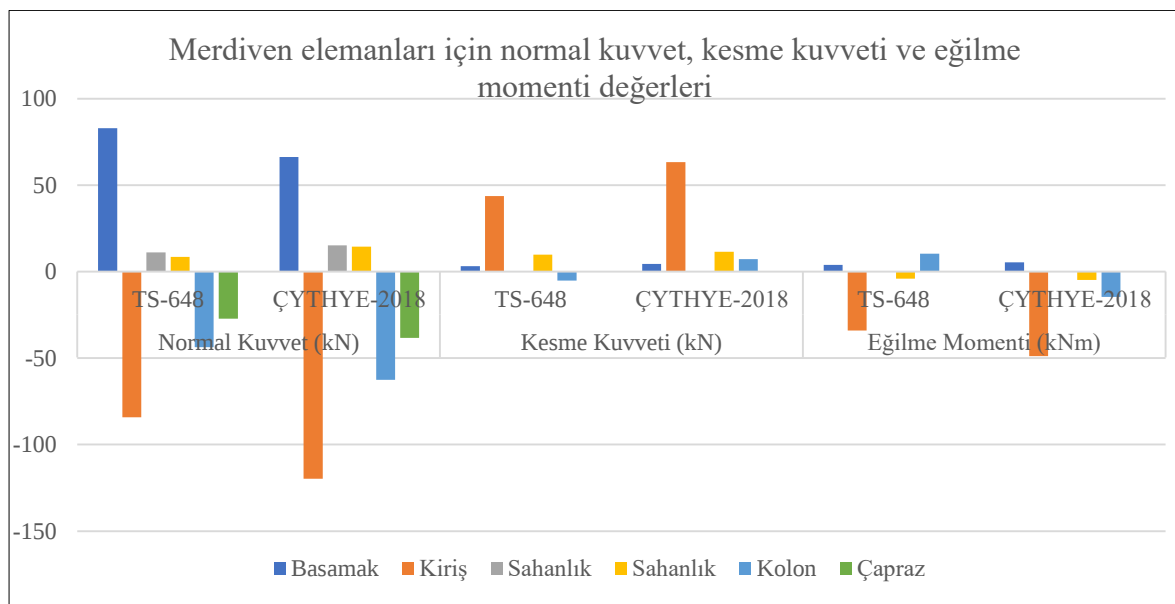
Platformun ana kirişinde normal kuvvet %38, kesme kuvveti %40 ve eğilme momentinde %45 oranında artış olmuştur. Platformun orta kiriş, tali kirişler ve çapraz elemanlarında normal kuvvet değerlerinde %40-44 aralığında ortak bir artış olmuştur. Orta kiriş kesme kuvveti %40, eğilme momenti %38 artmıştır. Tali kirişlerdeki kesme kuvveti artışı %42-45 aralığında olmakla beraber eğilme momenti değerlerinde de %42-45 oranında artış olmuştur. Çapraz elemanların kesme kuvvetlerindeki artış %40 oranında iken, eğilme momentlerindeki artış %36-41 değerindedir.



Şekil 5.47. Asansör kulesi elemanları için iç kuvvetler

Şekil 5.47'ye göre asansör kulesi kolon elemanlarının normal kuvvetinde %25, kesme kuvvetinde %106 ve eğilme momentinde büyüklükçe %46'lık bir artış vardır. Kirişlerin normal kuvveti %52, kesme kuvveti %23 ve eğilme momenti olarak %43 artmıştır.

Sahanlık elemanlarına baktığımızda, RHS200*6 kesitinde (grafikteki gri renkli sütunlar) normal kuvvet %84, kesme kuvveti %41 ve eğilme momenti %43 oranında artmıştır. Çapraz elemanlarda ise bu artış normal kuvvette %125, kesme kuvvetinde %35 ve eğilme momentinde ise %24 kadardır.



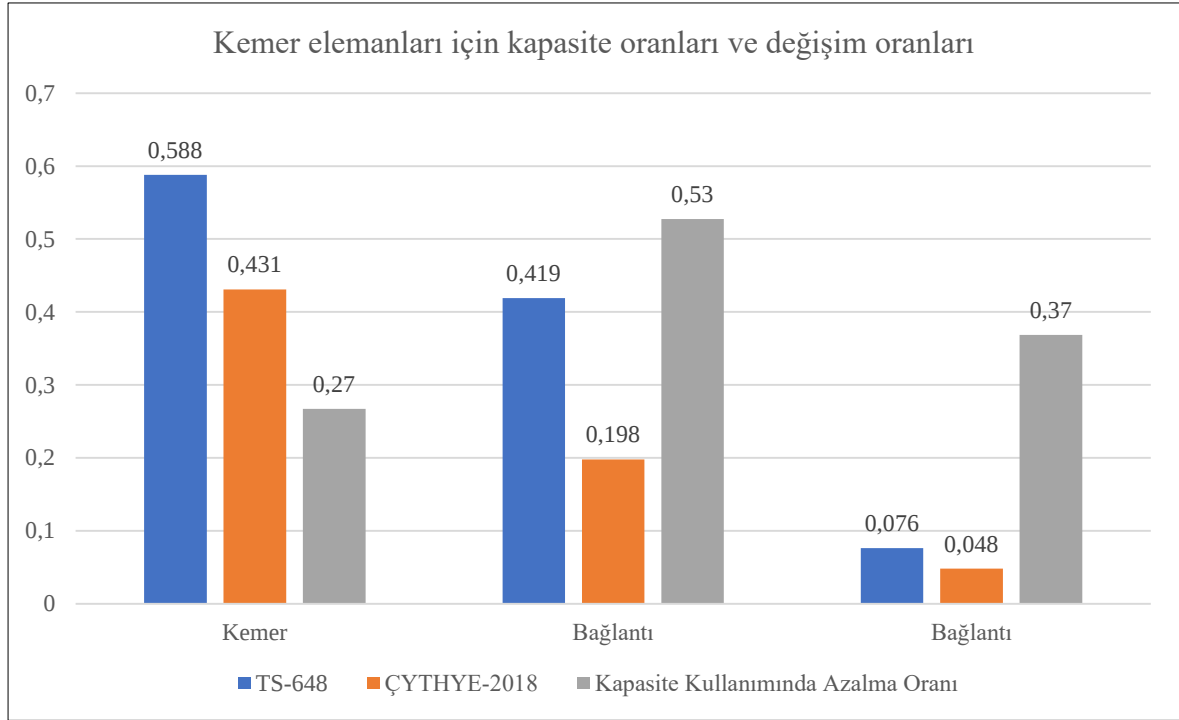
Şekil 5.48. Merdiven elemanları için iç kuvvetler

Merdiven basamaklarında normal kuvvet %20 oranında azalmıştır, kesme kuvveti %44 ve eğilme momenti %38 artmıştır. Kirişlerin normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri, sırasıyla %42, %45 ve %44 oranda artmıştır. Sahanlığın çapraz elemanlarında normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri takriben %36-40 aralığında artmıştır. Sahanlık kirişinde ise normal kuvvet %70, kesme kuvveti ve eğilme momenti %17 artmıştır. Sahanlığı destekleyen kolonlarda da normal kuvvet %43, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri de büyüklük olarak %40 artmıştır. Kolonlara destek olan çaprazlarda ise, artış değerleri %40 civarındadır.

Özet olarak grafiklere detaylı bir şekilde baktığımızda kuvvet ve moment değerlerinin eski yönetmeliğe kıyasla, yeni yönetmelikte daha yüksek değerler çıktığını görebiliriz.

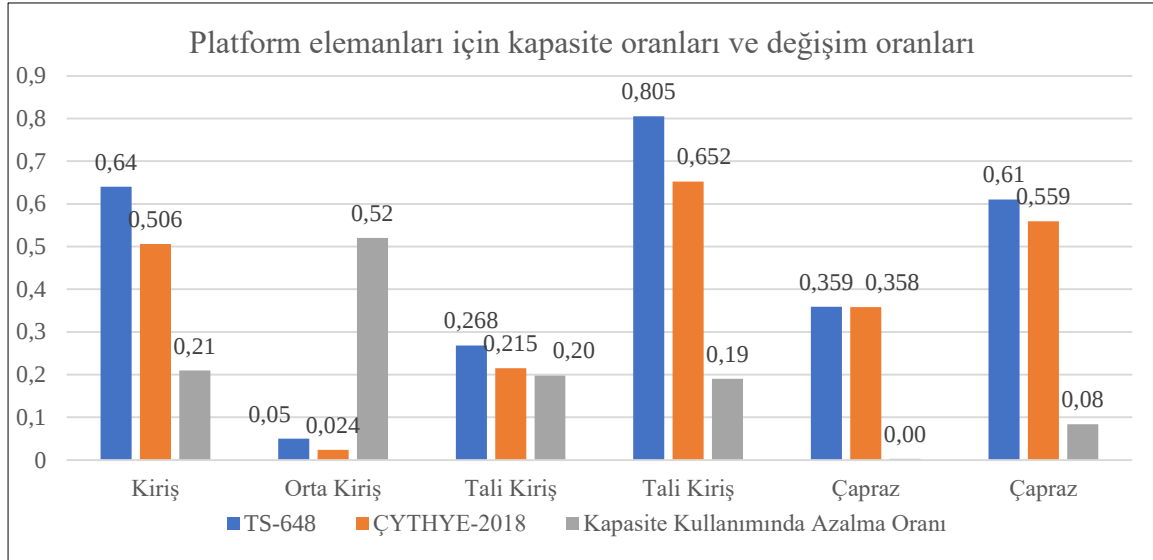
5.3.7. Kapasite oranlarının karşılaştırılması

Tez çalışmasının bu bölümünde kemer tipi çelik yaya üst geçidinin her iki yönetmelikle yapılan analizler sonucu elde edilen kapasite oranları kıyaslamalı olarak grafikler ile gösterilmiştir. Bu iki yönetmelikteki kapasite kullanım oranlarında meydana gelen değişimler de beraberinde verilmiştir.



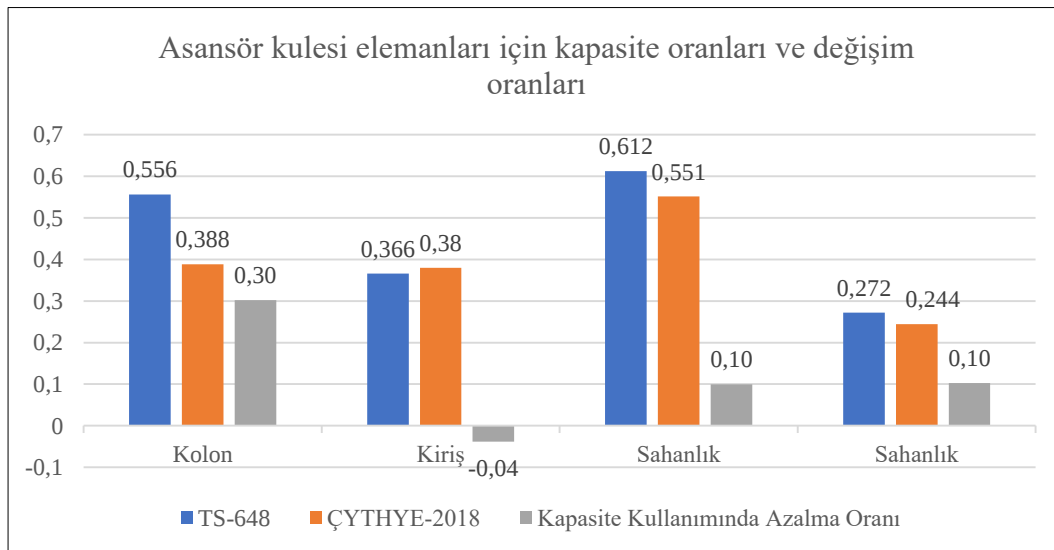
Şekil 5.49. Kemer elemanları için kapasite oranları

Şekil 5.49’da da görüldüğü gibi ana kemer elemanının kapasite kullanım oranında eski yönetmeliğe göre %27’lik bir azalma olmuştur. Ana kemeri birbirine bağlayan boru profil şeklindeki bağlantı elemanında (ortadaki bölüm) %53 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Kemeri üstten bağlayan bağlantı levhalarında ise %37’lik bir kapasite kullanım azalması olmuştur.



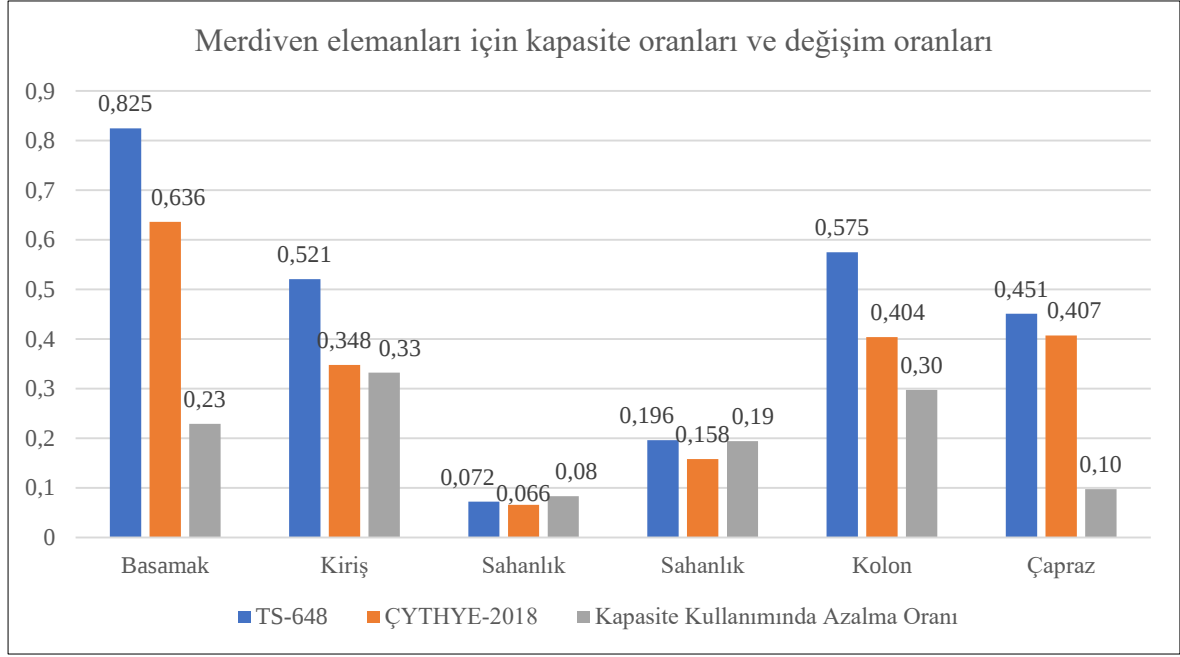
Şekil 5.50. Platform elemanları için kapasite oranları

Platform elemanlarının ana kirişinde %21, orta kirişte %52, tali kirişlerde %20 ve %19, çapraz grubunun birinde durum değişmezken diğerinde de %8’lik çok küçük bir azalma meydana gelmiştir.



Şekil 5.51. Asansör kulesi elemanları için kapasite oranları

Asansör kulesinde, kolonlarda %30, kirişlerde %4 kadar ihmal edilecek düzeyde bir artış vardır, sahanlık kirişlerinde %10 ve sahanlık çaprazlarında da %10’luk bir azalma olmuştur.



Şekil 5.52. Merdiven elemanları için kapasite oranları

Merdiven basamaklarında %23, kirişlerde %33, sahanlık elemanlarında %8 ve %19, kolonlarda %30 ve kolon çaprazlarında %10 oranında bir azalma meydana gelmiştir.

Elde edilen veriler sonucunda hemen hemen tüm elemanlarda kapasite kullanım oranlarının yeni yönetmelikte daha düşük olduğu görülmektedir.

5.3.8. Düzenleme ve tonaj Farkı

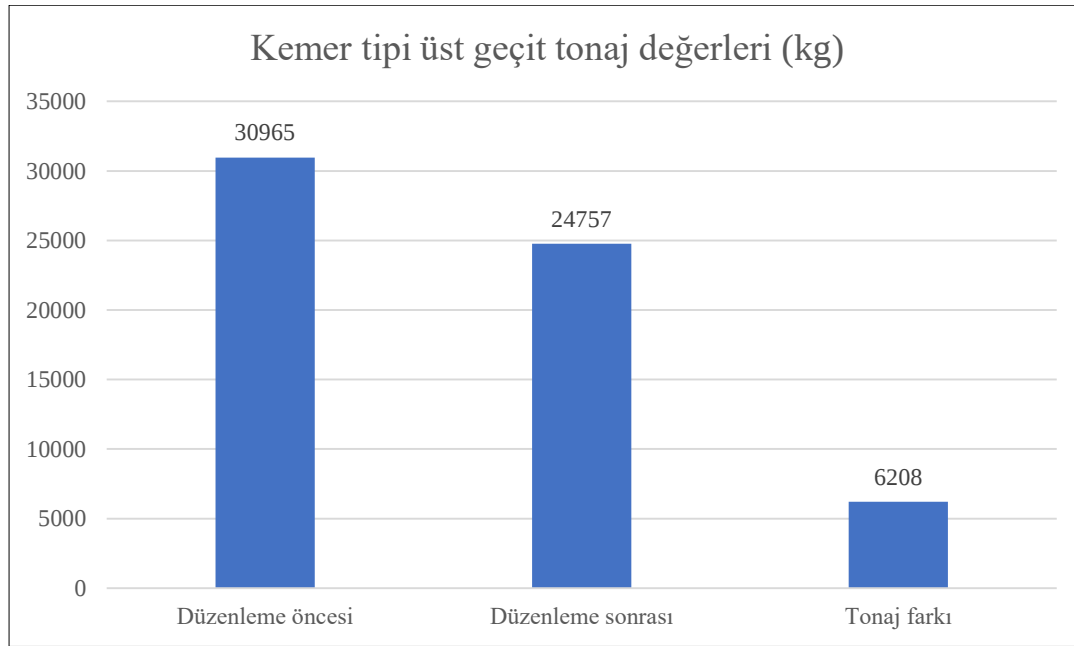
Yine ilk sistemimizde olduğu gibi, kemer tipi çelik yaya üst geçidinde de TBDY-2018 Çizelge 9.3 kullanılarak enkesit koşullarını sağlamayan kesitler düzenlenmiştir. Bu çizelge EK-2’de verilmiştir.

Aynı zamanda kullanım kapasitesi olan kesitler enkesit koşullarını sağlayacak şekilde küçültülmüştür. Bu kesitlerin hangileriyle değiştiği ve değiştikten sonraki kapasite oranlarında meydana gelen değişimler Çizelge 5.24’te verilmiştir.

Çizelge 5.24. Kesitlerin ekonomiklik bakımından düzenlenmesi

Eleman	Düzenleme Öncesi		Düzenleme Sonrası	
	Kesitler	Kapasite Oranları	Kesitler	Kapasite Oranları
Kemer	CHS355,6*10	0,431	CHS323,9*5,9	0,883
Platform - Ana Kiriş	HE240A	0,506	HE180A	0,756
Platform - Orta Kiriş	IPE140	0,024	IPE100	0,034
Platform - Tali Kiriş	IPE200	0,215	IPE220	0,166
Platform - Tali Kiriş	IPE180	0,652	IPE220	0,399
Platform - Çapraz	L60*6	0,358	L50*5	0,588
Asansör - Kolon	RHS200*6	0,388	RHS120*8	0,612
Asansör - Kiriş	RHS200*6	0,380	RHS120*8	0,633
Merdiven - Kiriş	UPN300	0,348	UPN220	0,698

Bütün düzenlemelerden sonra SAP2000 programından elde edilen tonaj değerleri Şekil 5.53'te verilmiştir.



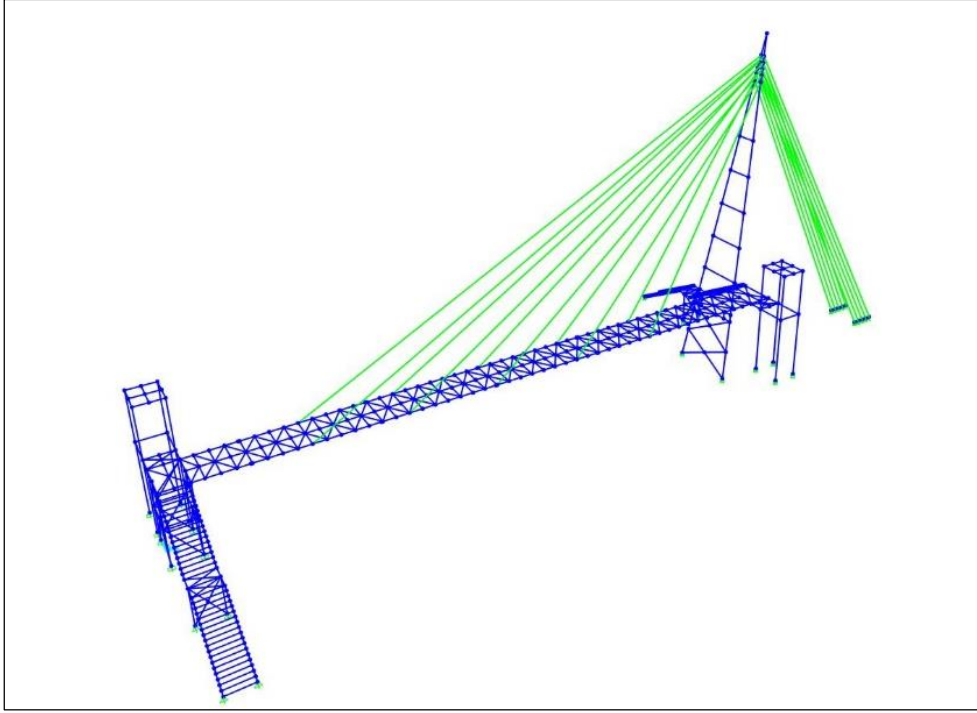
Şekil 5.53. Kemer tipi üst geçit için tonaj değerleri

Şekil 5.53'e göre yeni yönetmelikle analizi yapıldıktan sonra düzenlenen sistemde, toplam tonajda yaklaşık olarak %20 oranında bir azalma olmuştur.

Düzenleme sonrası sistemin düşey deplasman değeri SAP2000 programı tarafından 50,43 mm olarak hesaplanmıştır. Düzenleme öncesinde 29,25 mm olup, her iki değer de 51,39 mm olan sınır değerinin altındadır.

5.4. Pilonlu Üst Geçit

Pilonlu sistemden oluşan çelik yaya üst geçit 28,5m yükseklikte bir kuleye sahiptir ve toplam uzunluğu 50,8 metredir. Yüksekliği 5,6 metre ve platform genişliği de 3 metredir. Pilonlu sistemin 3 boyutlu görünümü Şekil 5.54'te verilmiştir. Pilonlu üst geçit Ankara ilinin Yenimahalle ilçesinde inşa edilecek şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 5.54. Sistemin 3D görüntüsü

5.4.1. Malzeme özellikleri

Sistemde iki çeşit yapısal çelik ve bir de halat eleman vardır. Malzeme ve özellikleri Çizelge 5.25'de gösterilmiştir. Kutu ve borular profillerde S235JR, diğerlerinde S275 kullanılmıştır.

Çizelge 5.25. Malzeme özellikleri

Malzeme Sınıfı	Akma Dayanımı F_{yk} (N/mm ²)	Elastisite Modülü E (MPa)
S235JR	235	210000
S275JR	275	210000
Halat / 1570	1570	160000

5.4.2. Profil kesitleri

Pilonlu üst geçit sisteminde kullanılan elik profiller aşağıda gösterildiği gibidir:

Kulede: Kolonlarda platform kotuna kadar olan kısımda HL1200*500, devamında HL1200*500'den başlayıp HL500*500'e kadar daralan bir kesit, kirişlerde ise HE240A profili kullanılmıştır.

Kolonlarda: Kolon olarak HE240A, kirişler HE240A ve IPE160, aprazlarda HE240A ve CHS139,7*5 profilleri seçilmiştir.

Platformda: Ana kiriş HE450A, orta kısımdaki kiriş IPE100, tali kirişler IPE160 ve HE450A (buralara halatlar bağlanıyor), çaprazlarda L70*7 kullanılmıştır.

Asansör kulesinde: Kolon ve kirişlerde RHS200*6 kullanılmaktadır.

Merdivende: Kiriş UPN300, basamaklar 5mm kalınlık, sahanlık kolonları HE240A, sahanlık kirişleri IPE160, sahanlık aprazları olarak L60*6 ve CHS139,7*5 profilleri kullanılmıştır.

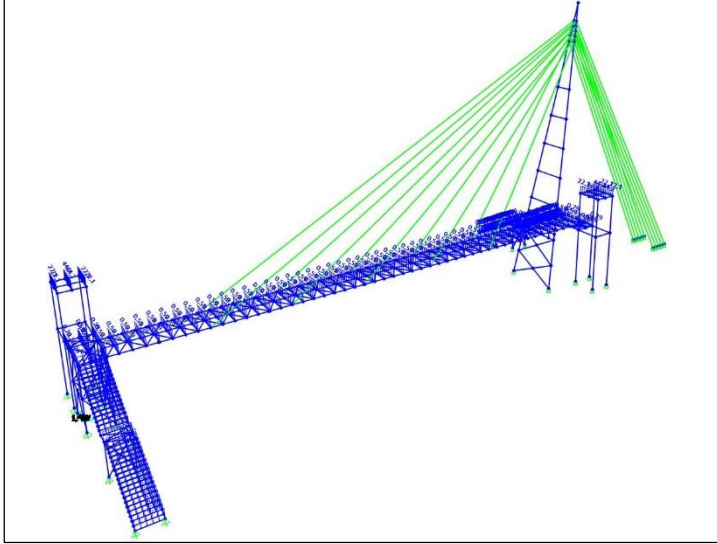
Halatlarda: 22mm çapında, 1570 N/mm çekme dayanımına sahip halat kullanılmıştır.

5.4.3. Yükleme görüntüleri

Çalışmanın bu bölümünde sisteme etki eden yatay ve düşey yüklerin SAP2000 programındaki görüntüleri verilmiştir.

Ölü Yük

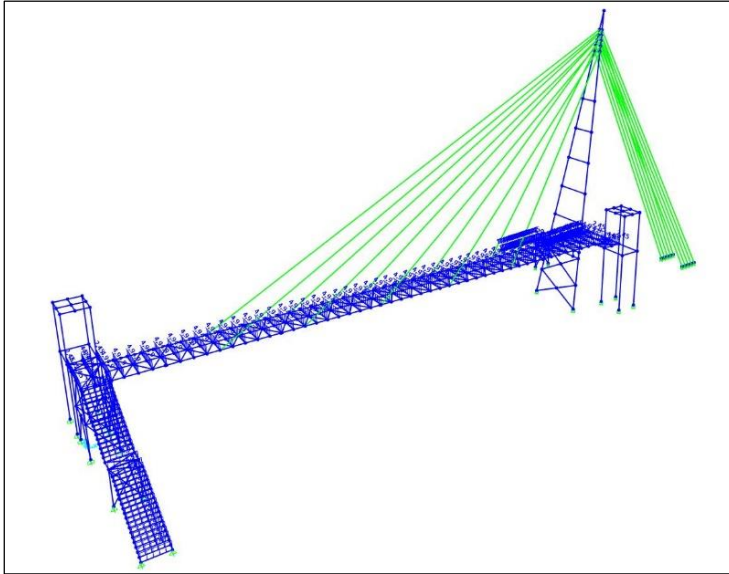
Sistem üzerindeki ölü yükler bölüm 5.1.1'deki gibidir ve Şekil 5.55'de gösterilmiştir.



Şekil 5.55. Sisteme tanımlanan ölü yüklerin görüntüsü

Hareketli Yük

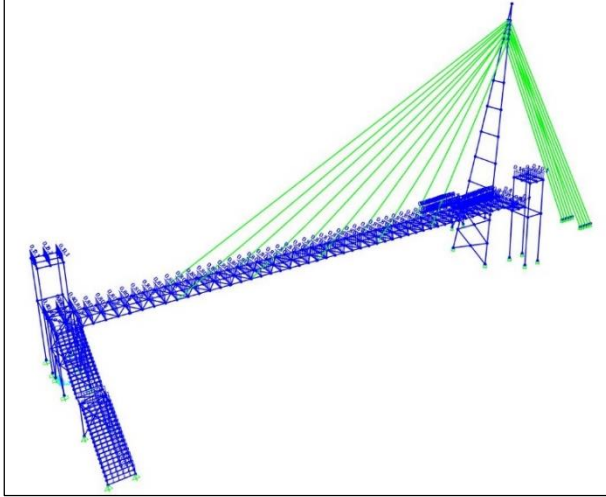
Hareketli yükler bölüm 5.1.2'de verildiği gibi hesaplanmıştır ve Şekil 5.56'daki gibidir.



Şekil 5.56. Sisteme tanımlanan hareketli yüklerin görüntüsü

Kar Yüğü

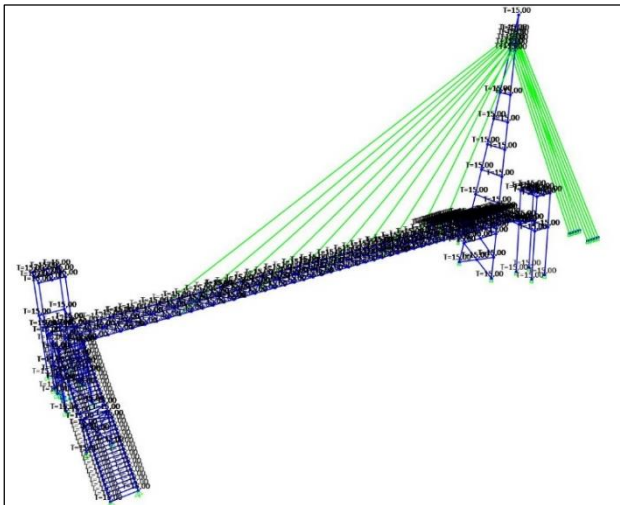
Pilonlu sistemdeki kar yükleri bölüm 5.1.3'e göre hesaplanmıştır ve Şekil 5.57'de gösterilmiştir.



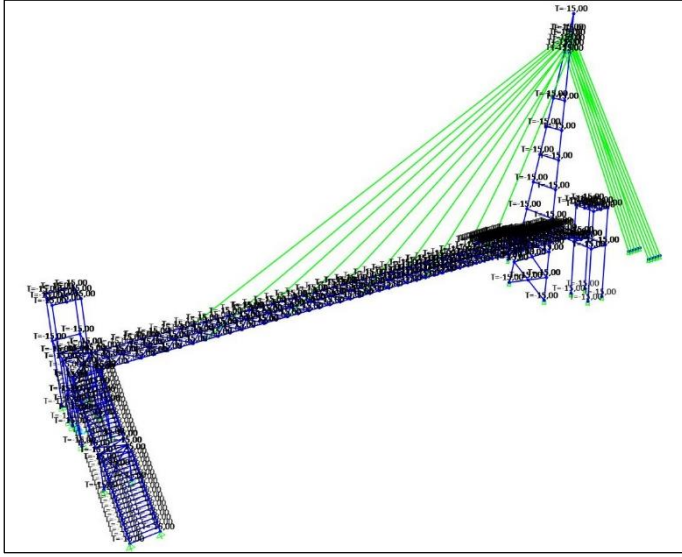
Şekil 5.57. Sisteme tanımlanan kar yükünün görüntüsü

Sıcaklık Yüğü

Yapıya etkiyen sıcaklık yükleri Şekil 5.58 ve Şekil 5.59'da gösterilmiştir. Bu sıcaklık farkı sonuçların temin edilen proje ile tutarlı olması için Ankara Büyükşehir Belediyesinden alınan hesap raporundaki $\pm 15^{\circ}\text{C}$ ile aynı alınmıştır.



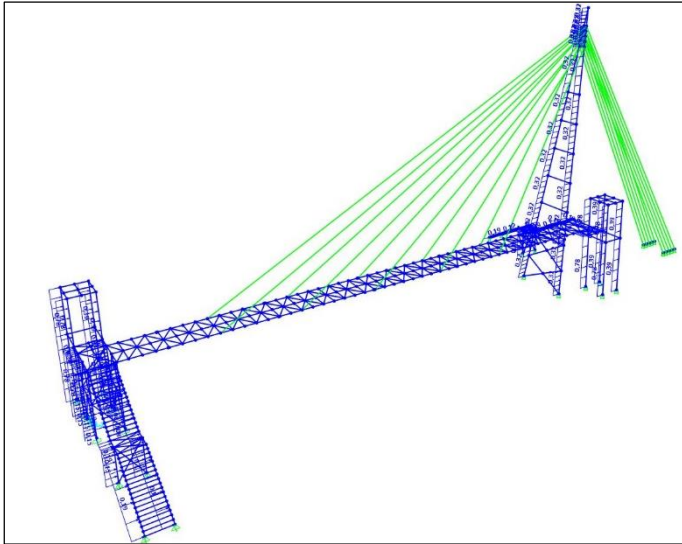
Şekil 5.58. Sisteme tanımlanan sıcaklık yükünün görüntüsü (T+)



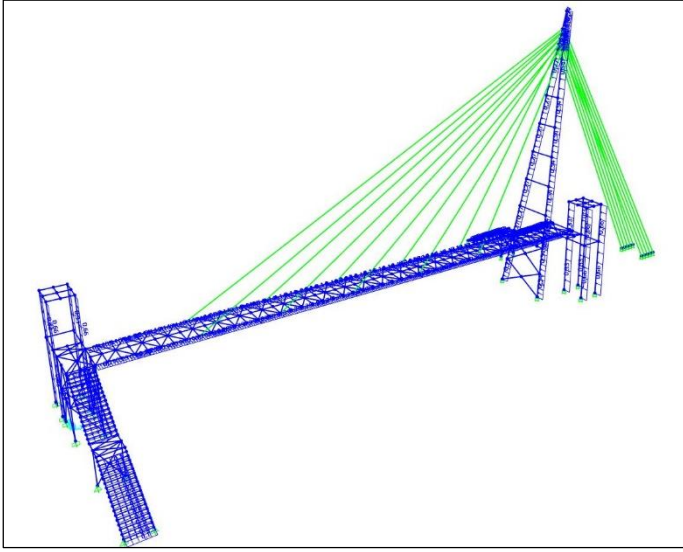
Şekil 5.59. Sisteme tanımlanan sıcaklık yükünün görüntüsü (T-)

Rüzgâr Yüğü

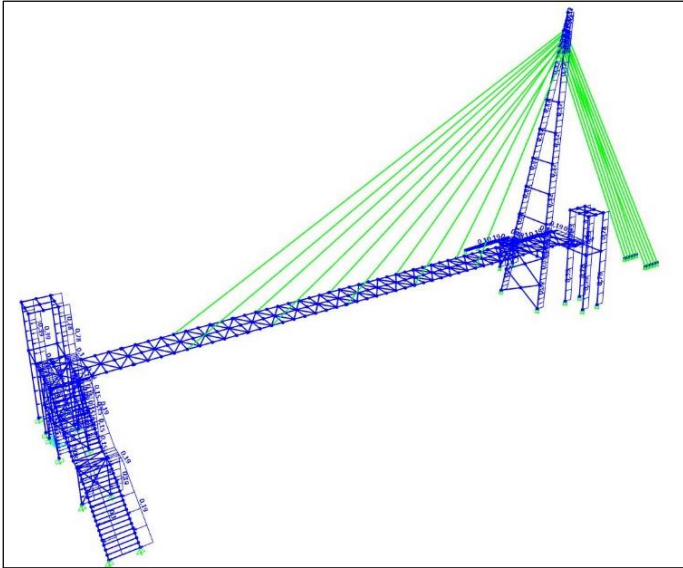
Sistem üzerindeki rüzgâr yükleri bölüm 5.1.4’de bahsedildiği gibi hesaplanmıştır ve bu yükler Şekil 5.60, 5.61, 5.62 ve 5.63’te gösterildiği gibidir.



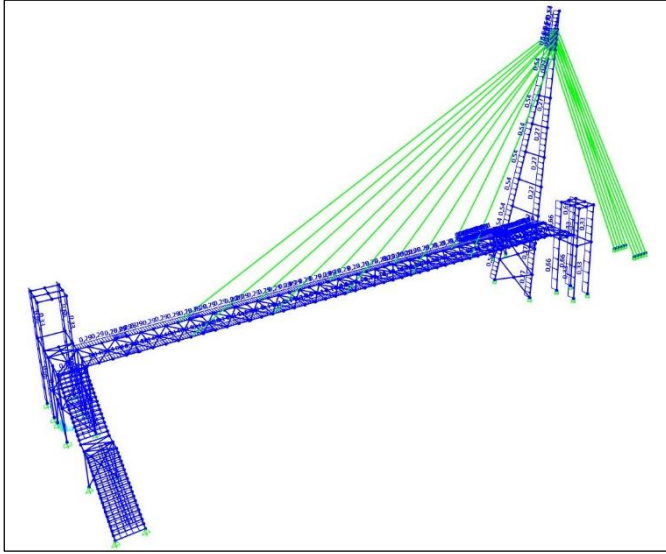
Şekil 5.60. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (Wx)



Şekil 5.61. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (W_y)



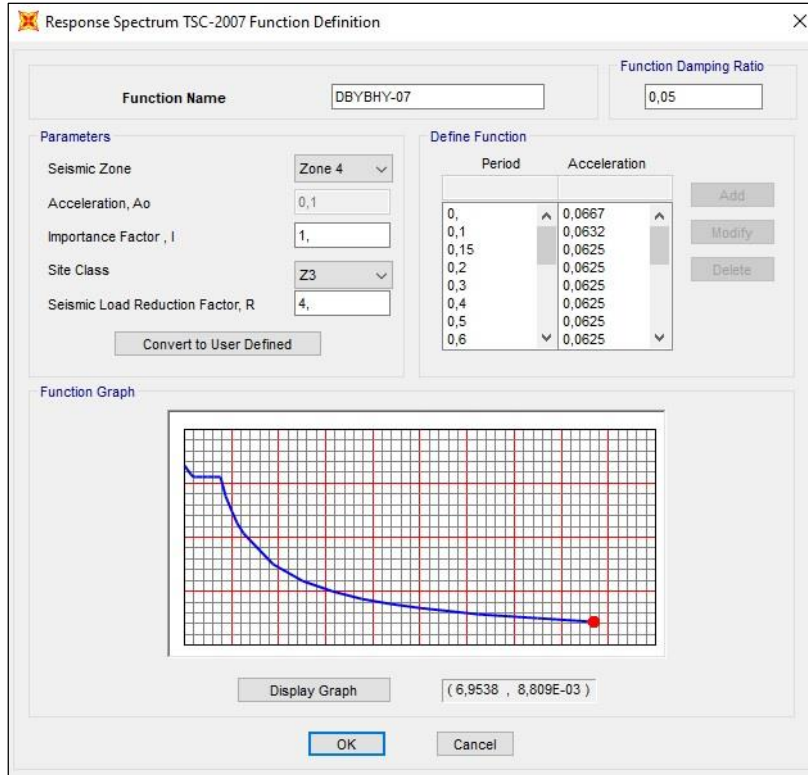
Şekil 5.62. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü ($-W_x$)



Şekil 5.63. Sisteme tanımlanan rüzgâr yükünün görüntüsü (-Wy)

Deprem Yüğü (DBYBHY-2007)

Üst geçit Ankara ilinin Yenimahalle ilçesinde yer almaktadır. Ankara/Yenimahalle 4. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır ve zemin sınıfı Z3 olarak alınmıştır. SAP2000 programına gerekli veriler girildikten sonra Şekil 5.64'deki görüntü elde edilir.



Şekil 5.64. DBYBHY-2007'ye ait deprem parametreleri

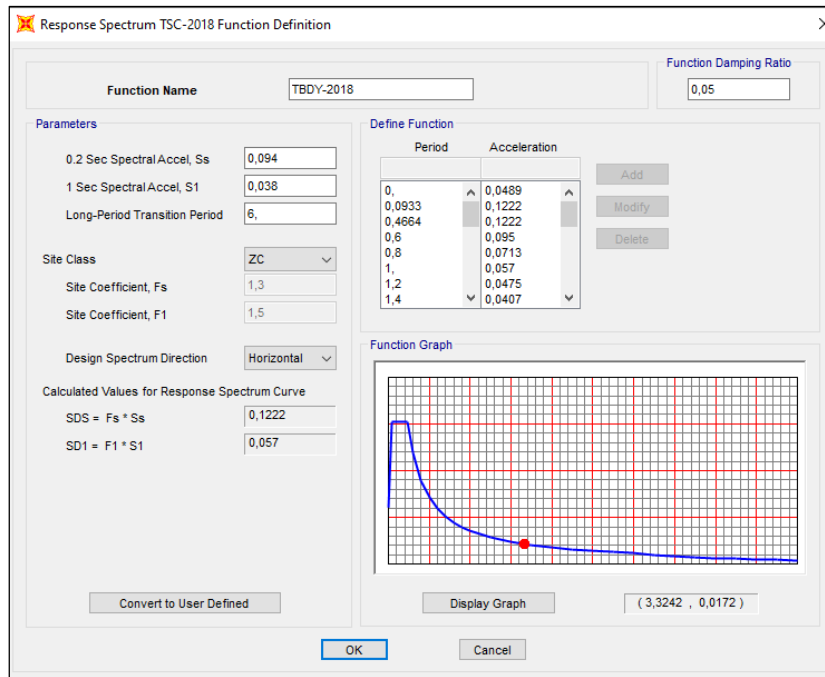
Deprem Yüğü (TBDY-2018)

Yapının inşa edileceğı konum kemer tipi üst geçit ile aynı kabul edilmiştir. Deprem parametreleri Çizelge 5.26’da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Seçili koordinatlara ait deprem parametreleri

Enlem	36,962526°
Boylam	32.810199°
S_s	0,094
S_1	0,038
T_L (sn)	6

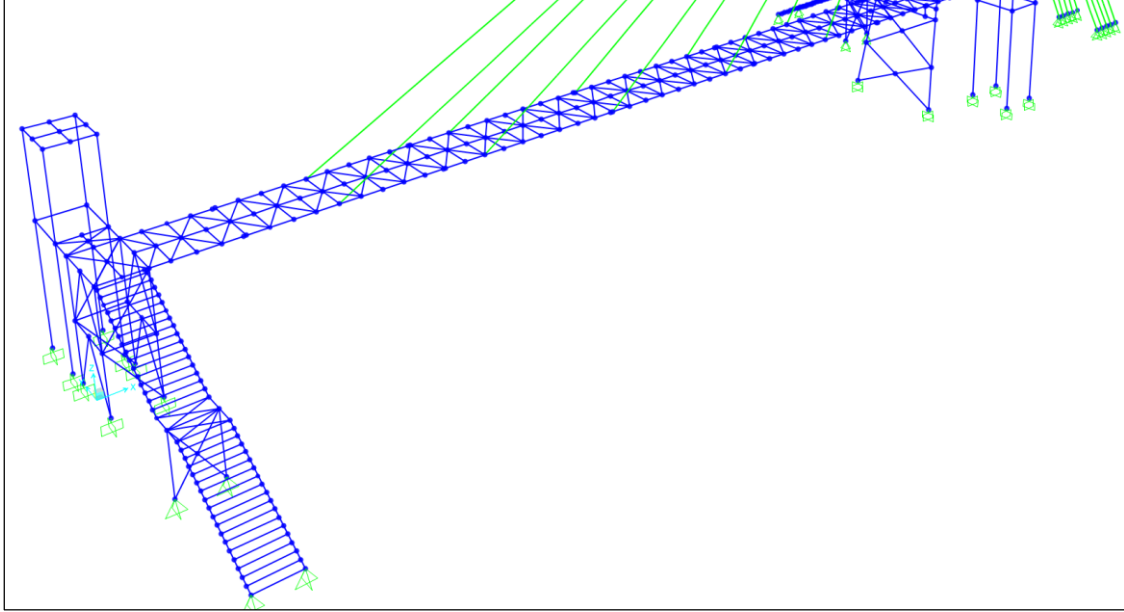
Deprem parametreleri SAP2000 programına girildikten sonra, Şekil 5.65’deki ekran oluşur.



Şekil 5.65. TBDY-2018’e ait deprem parametreleri

Mesnetleme koşulları

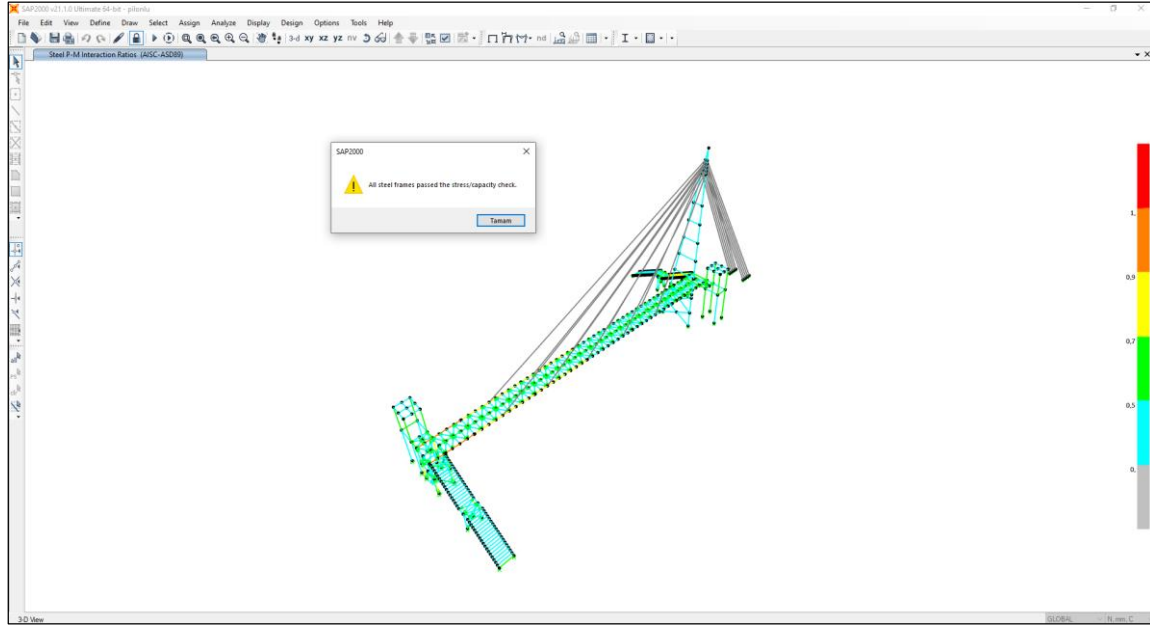
Sistemde 14 ankastre ve 18 sabit mesnet (10 tanesi halat bağlantısı) olmak üzere toplamda 32 mesnet vardır. Bu mesnetler Şekil 5.66'daki görüntüde verilmiştir.



Şekil 5.66. Pilonlu sistem için mesnet koşulları

5.4.4. TS-648'e göre analiz sonucu

Eski yönetmelik ile yaptığımız analiz sonrasında Şekil 5.67'deki görüntüyü elde ederiz. Burada tüm kesitlerin yeterli kapasitede olduğu ekrana gelen uyarı kutucuğunda görülmektedir.



Şekil 5.67. AISC-ASD89'a göre 3 boyutlu analiz görüntüsü

Sistemin normal kuvvet, kesme kuvvet, eğilme momenti, kapasite kullanım oranları ve düşey deplasman değeri aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentleri

Pilonlu sistem için çizelge oluşturulurken 5 ayrı gruba ayrılmıştır. Bunlar kule, platform, kolon, asansör kulesi ve merdiven elemanlarıdır. Eski yönetmelikle yapılan analiz sonucu SAP2000 programından elde edilen normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri Çizelge 5.27'de verilmiştir.

Çizelge 5.27. AISC-ASD89'a göre maksimum iç kuvvetler

Eleman	Kesit	Normal Kuvvet (kN)	Eleman No	Kesme Kuvveti (kN)	Eleman No	Eğilme Momenti (kNm)	Eleman No
KULE ELEMANLARI							
Kule	HL1200*500	-1020,658	247	-37,199	247	-504,574	254
Kule	HL1200*500/HL500*500 Değişken	-799,042	46	-90,573	46	-506,195	46
Kiriş	HE240A	-14,042	66	6,323	65	7,071	64
Çapraz	CHS273,0*6	83,135	366	-3,423	366	6,142	363

Çizelge 5.27 (devam) AISC-ASD89'a göre maksimum iç kuvvetler

PLATFORM ELEMANLARI							
Kiriş	HE450A	357,258	150	233,514	151	-418,111	159
Orta Kiriş	IPE100	17,362	568	0,040	559	0,001	559
Tali Kiriş	HE450A	-72,744	793	11,788	701	10,461	701
Tali Kiriş	IPE160	-85,477	792	-11,903	531	-7,677	769
Çapraz	L70*7	-23,195	653	0,066	10	0,030	10
KOLON ELEMANLARI							
Kolon	HE240A	989,065	39	-8,873	48	24,843	48
Kiriş	HE240A IPE160	21,182	160	2,853	164	4,105	164
Çapraz	HE240A	525,856	36	0,606	31	0,526	31
Çapraz	CHS139,7*5	-46,555	216	0,122	170	0,097	170
ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI							
Kolon	RHS200*6	-89,49	139	-8,361	7	20,564	205
Kiriş	RHS200*6	12,707	187	-41,807	15	19,263	33
MERDİVEN ELEMANLARI							
Basamak	Basamak	82,924	338	-3,986	279	4,423	279
Kiriş	UPN300	-66,774	256	48,765	339	-39,530	339
Sahanlık	L60*6	17,975	408	0,055	228	0,028	228
Sahanlık	IPE160	9,557	156	-7,093	399	-3,944	154
Kolon	HE240A	-63,165	219	4,309	157	-12,064	157
Çapraz	CHS139,7*5	-40,136	404	0,076	224	0,032	224

Kapasite oranları kontrolü

AISC-ASD89'a göre elde edilen kapasite oranları gruplarına göre Çizelge 5.28'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.28. AISC-ASD89'a göre maksimum kapasite oranları

Eleman	Kesit	Kapasite Oranı	Eleman No	Kombinasyon
KULE ELEMANLARI				
Kule	HL1200*500	0,326	247	G+Q+S+T
Kule	HL1200*500/HL500*500 Değişken	0,447	46	G+Q+S+Ey+0,3Ex
Kiriş	HE240A	0,200	64	G+Q+S+Ey+0,3Ex
Çapraz	CHS273,0*6	0,216	366	G+Q+S+T
PLATFORM ELEMANLARI				
Kiriş	HE450A	0,933	159	G+Q+S+Ex+0,3Ey
Orta Kiriş	IPE100	0,104	568	G+Q+S+Ex+0,3Ey
Tali Kiriş	HE450A	0,517	793	G+Q+S+T
Tali Kiriş	IPE160	0,770	166	G+Q+S+T
Çapraz	L70*7	0,446	653	G+Q+S+T

Çizelge 5.28 (devam) AISC-ASD89'a göre maksimum kapasite oranları

KOLON ELEMANLARI				
Kolon	HE240A	0,989	30	G+Q+S-T
Kiriş	HE240A IPE160	0,506	164	G+Q+S-T
Çapraz	HE240A	0,496	35	G+Q+S+Ex+0,3Ey
Çapraz	CHS139,7*5	0,206	216	G+Q+S+T
ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI				
Kolon	RHS200*6	0,688	189	G+Q+S+Ex+0,3Ey
Kiriş	RHS200*6	0,538	186	G+Q+S+Ex+0,3Ey
MERDİVEN ELEMANLARI				
Basamak	Basamak	0,859	279	G+Q+S+T
Kiriş	UPN300	0,778	236	G+Q+S+T
Sahanlık	L60*6	0,824	411	G+Q+S+T
Sahanlık	IPE160	0,256	154	G+Q+S+T
Kolon	HE240A	0,313	157	G+Q+S-T
Çapraz	CHS139,7*5	0,150	404	G+Q+S+T

Düşey deplasman kontrolü

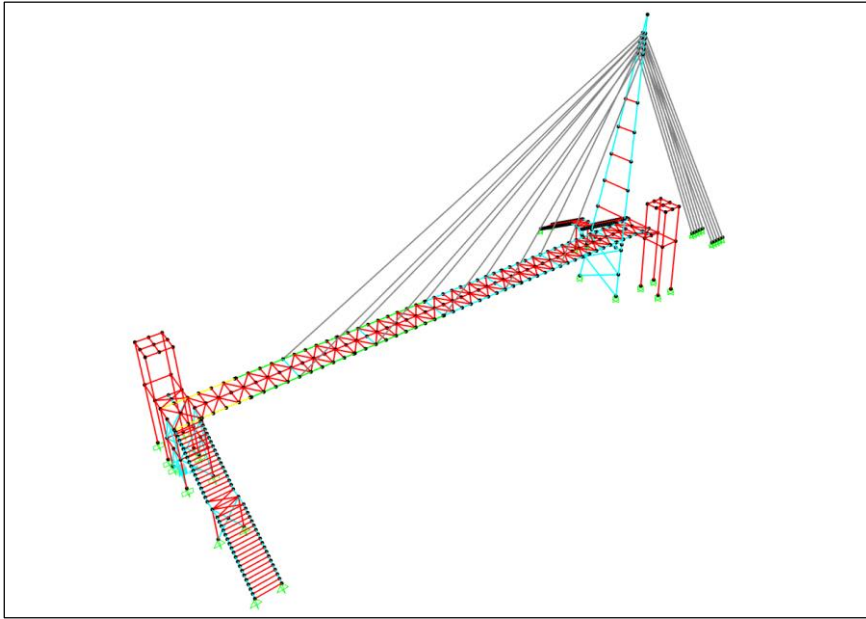
TS-648'e göre oluşan maksimum deplasman değeri Çizelge 5.29'da verilmiştir. Ulaşılan sonuca göre sistemde meydana gelen maksimum düşey deplasman değeri izin verilen sınır değerini aşmaktadır.

Çizelge 5.29. TS-648'e göre düşey deplasman kontrolü

Düğüm Noktası	Kiriş Açıklığı, l (mm)	Deplasman(mm)	İzin verilen deplasman (mm) ($l/300$)	Kombinasyon
415	50800	237,28	169,33	G+Q+S-T

5.4.5. ÇYTHYE-2018'e göre analiz sonuçları

Sistemin yeni yönetmelikle analiz sonucuna baktığımızda Şekil 5.68'de çoğu kesitin uygun olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.68. AISC 360-10'a göre 3 boyutlu analiz modeli

Normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momentleri

AISC 360-10'a göre analiz edilen sistemde meydana gelen iç kuvvetler ve eleman numaraları Çizelge 5.30'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.30. AISC 360-10'a göre maksimum iç kuvvetler

Eleman	Kesit	Normal Kuvvet (kN)	Eleman No	Kesme Kuvveti (kN)	Eleman No	Eğilme Momenti (kNm)	Eleman No
KULE ELEMANLARI							
Kule	HL1200*500	-1315,074	247	-120,309	254	-520,972	254
Kule	HL1200*500/HL500*500 Değişken	-1045,06	361	74,434	96	-510,643	361
Kiriş	HE240A	-19,288	66	-16,044	66	15,175	64
Çapraz	CHS273,0*6	-97,053	366	-2,791	358	-7,448	358
PLATFORM ELEMANLARI							
Kiriş	HE450A	442,287	159	305,782	151	-555,387	159
Orta Kiriş	IPE100	24,345	568	0,055	559	0,014	559
Tali Kiriş	HE450A	-96,995	793	16,1	793	14,630	793
Tali Kiriş	IPE160	-113,995	792	-16,326	531	10,552	763
Çapraz	L70*7	-33,434	653	0,092	10	0,042	10
KOLON ELEMANLARI							
Kolon	HE240A	1360,703	375	-9,39	373	32,915	373
Kiriş	HE240A IPE160	31,01	160	3,887	164	5,622	164
Çapraz	HE240A	709,367	32	0,848	31	0,736	31
Çapraz	CHS139,7*5	-69,502	216	0,171	170	0,136	170

Çizelge 5.30 (devam) AISC 360-10'a göre maksimum iç kuvvetler

ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI							
Kolon	RHS200*6	-111,067	206	-13,835	204	29,351	204
Kiriş	RHS200*6	16,129	4	56,021	137	25,909	33
MERDİVEN ELEMANLARI							
Basamak	Basamak	66,339	338	-5,009	279	5,228	279
Kiriş	UPN300	-75,486	256	60,017	339	-53,783	339
Sahanlık	L60*6	20,179	408	0,077	228	0,039	228
Sahanlık	IPE160	10,47	156	-9,958	399	-5,204	154
Kolon	HE240A	-82,91	219	5,027	157	-14,074	157
Çapraz	CHS139,7*5	-44,895	404	0,107	224	0,045	224

Kapasite oranları kontrolü

Yeni yönetmeliğe göre analizi yapılan sistemde oluşan kapasite oranı değerleri kombinasyonlarıyla birlikte Çizelge 5.31'de verilmiştir.

Çizelge 5.31. AISC 360-10'a göre maksimum kapasite oranları

Eleman	Kesit	Kapasite Oranı	Eleman No	Kombinasyon
KULE ELEMANLARI				
Kule	HL1200*500	0,231	246	1,2G+Q+1,6Wy+0,5S-T
Kule	HL1200*500/HL500*500 Değişken	0,166	359	1,2G+Q+1,6Wy+0,5S-T
Kiriş	HE240A	0,247	64	1,2G+Q+Ey+0,3Ex+0,2S+T
Çapraz	CHS273,0*6	0,108	362	1,2G+Q+Ey+0,3Ex+0,2S+T
PLATFORM ELEMANLARI				
Kiriş	HE450A	0,761	159	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Orta Kiriş	IPE100	0,049	568	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Tali Kiriş	HE450A	0,034	793	1,2G+Q+Ey+0,3Ex+0,2S+T
Tali Kiriş	IPE160	0,367	781	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Çapraz	L70*7	0,402	653	1,2G+Q+Ey+0,3Ex+0,2S+T
KOLON ELEMANLARI				
Kolon	HE240A	0,869	375	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Kiriş	HE240A IPE160	0,241	164	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Çapraz	HE240A	0,441	31	1,2G+1,6Q+0,5S-T
Çapraz	CHS139,7*5	0,102	216	1,2G+Q+1,6Wy+0,5S+T
ASANSÖR KULESİ ELEMANLARI				
Kolon	RHS200*6	0,464	189	1,2G+Q+Ex+0,3Ey+0,2S+T
Kiriş	RHS200*6	0,416	184	1,2G+Q+Ex+0,3Ey+0,2S+T
MERDİVEN ELEMANLARI				
Basamak	Basamak	0,672	279	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Kiriş	UPN300	0,369	236	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Sahanlık	L60*6	0,551	411	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Sahanlık	IPE160	0,200	154	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Kolon	HE240A	0,178	219	1,2G+1,6Q+0,5S+T
Çapraz	CHS139,7*5	0,055	404	1,2G+1,6Q+0,5S+T

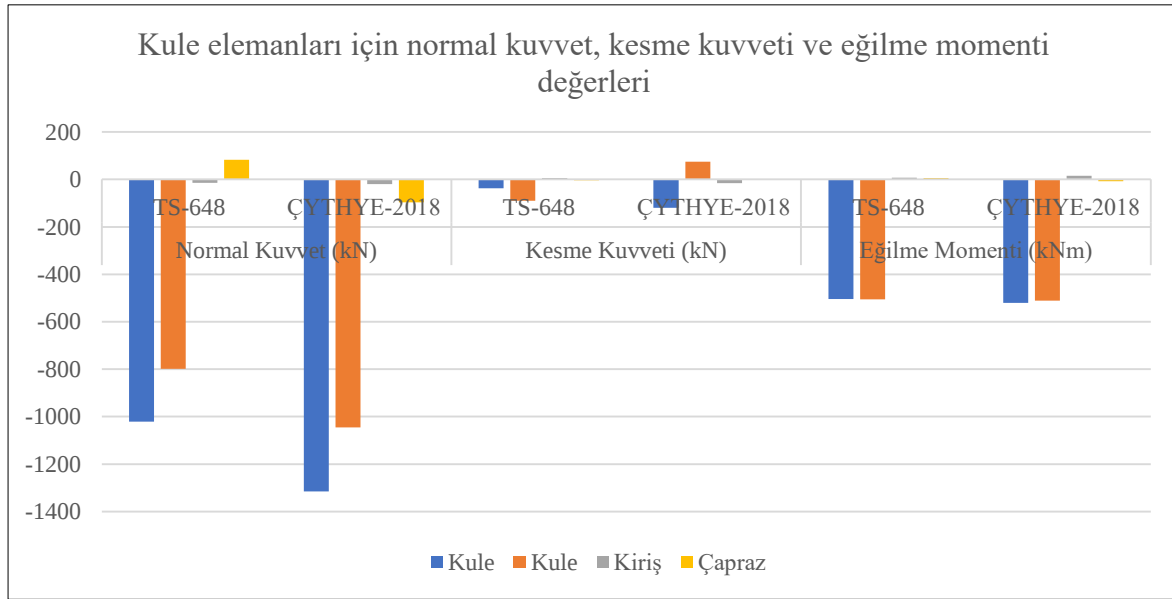
Düşey deplasman kontrolü

TBDY-2018'e göre meydana gelen maksimum düşey deplasman değeri Çizelge 5.32'de gösterilmiştir. Yeni yönetmelikte de maksimum düşey deplasman değeri izin verilen düşey deplasman değerinin üzerinde kalmaktadır.

Çizelge 5.32. TBDY-2018'e göre düşey deplasman kontrolü

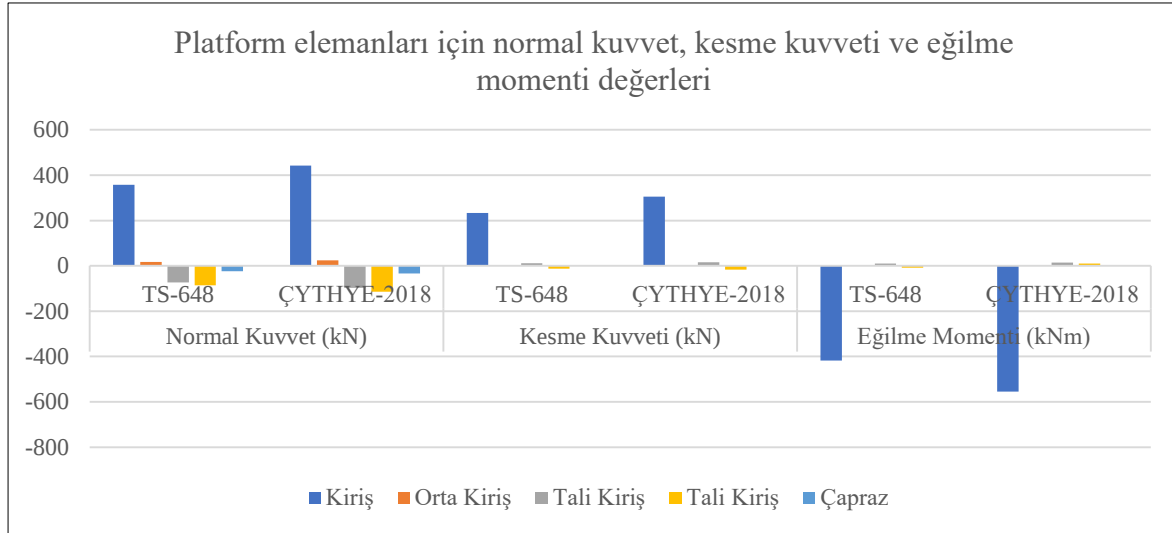
Düğüm Noktası	Kiriş Açıklığı, l (mm)	Deplasman(mm)	İzin verilen deplasman (mm) ($l/360$)	Kombinasyon
413	50800	206,50	141,11	G+Q

5.4.6. Eleman gruplarına göre normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinin karşılaştırılması



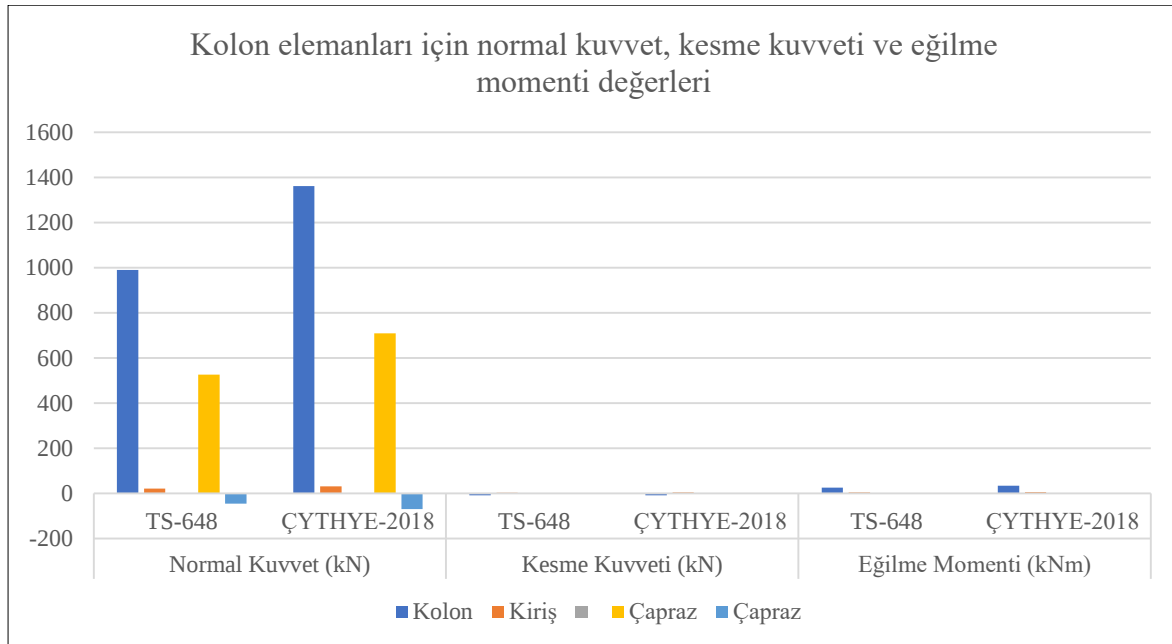
Şekil 5.69. Kule elemanları iç kuvvetler

Şekil 5.69'a göre kule elemanlarının ana kolonlarının sabit enkesitli olan HL1200*500 profilinde (grafikteki mavi sütunlar) normal kuvvet değeri %29, kesme kuvveti %223 ve eğilme momenti %3 artmıştır. Kule devamını oluşturan kolonlarda (grafikteki turuncu sütunlar) normal kuvvet %31 artmış, kesme kuvveti %18 azalmış ve eğilme momenti neredeyse aynı kalmıştır. Kuleyi birleştiren kirişlerde normal kuvvet %37, kesme kuvveti büyüklük olarak %154 ve eğilme momenti %115 oranda artmıştır. Kule kolonlarının en alt kısmındaki çaprazlarda normal kuvvet büyüklük olarak %17 oranında artmış, kesme kuvveti %18 azalmış, eğilme momenti ise %21 oranında büyüklük olarak artmıştır.



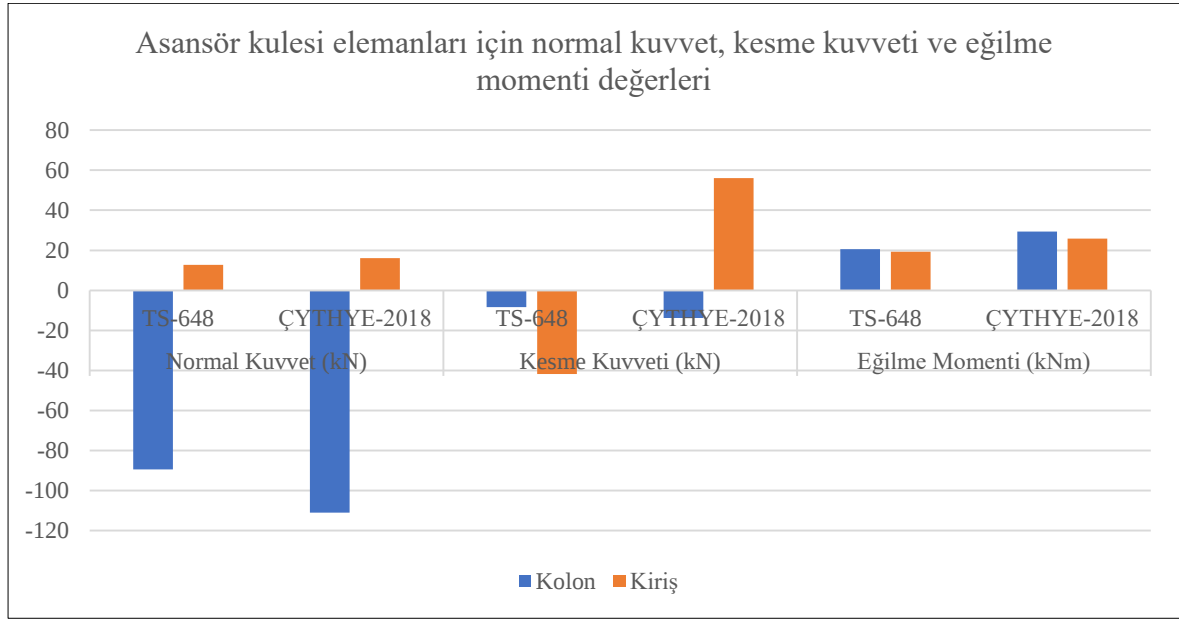
Şekil 5.70. Platform elemanları için iç kuvvetler

Platform ana kirişinde normal kuvvet %24, kesme kuvveti %31 ve eğilme momenti %33 artmıştır. Orta kirişte normal kuvvet %40 artmış, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri sıfıra çok yakın olup, ihmal edilebilir düzeydedir. Tali kirişlerde normal kuvvet %33, kesme kuvvetleri %37 ve eğilme momentleri %37-40 oranında büyüklük olarak artmıştır. Platform çaprazlarında normal kuvvette %44 oranında artış olup, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri sıfıra çok yakındır.



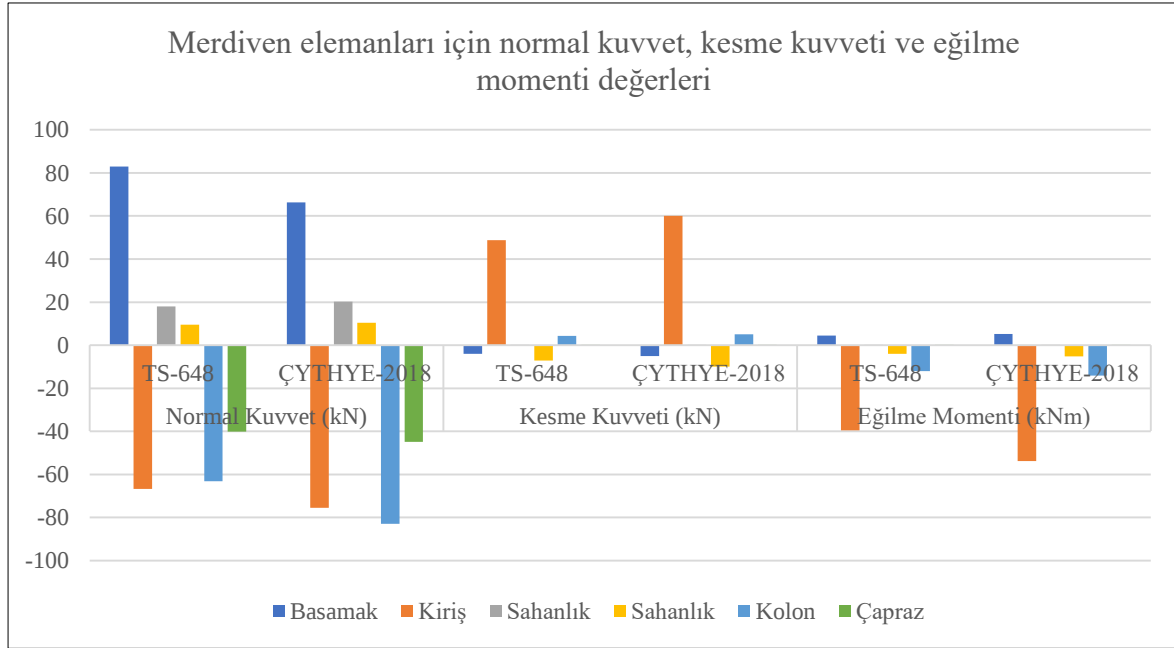
Şekil 5.71. Kolon elemanları için iç kuvvetler

Platformu destekleyen kolon elemanlarının normal kuvvet değerinde %38 oranında bir artış olmuştur. Ana kolonların kesme kuvvetinde %6 ve eğilme momentinde %32 artış vardır. Kirişlerin normal kuvvet değerleri %46, kesme kuvveti ve eğilme momenti %36-37 civarında artmıştır. Çapraz elemanlarda normal kuvvet sırasıyla %35 ve %49 değerinde artmıştır, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri küçük miktarda olup artış oranı %40 kadardır.



Şekil 5.72. Asansör kulesi elemanları için iç kuvvetler

Asansör kulesi kolonlarında normal kuvvet %24, kesme kuvveti %26, eğilme momenti %43 artmıştır. Kirişlerde ise normal kuvvet %27, kesme kuvveti büyüklük olarak %34, eğilme momenti ise %35 kadar artmıştır.



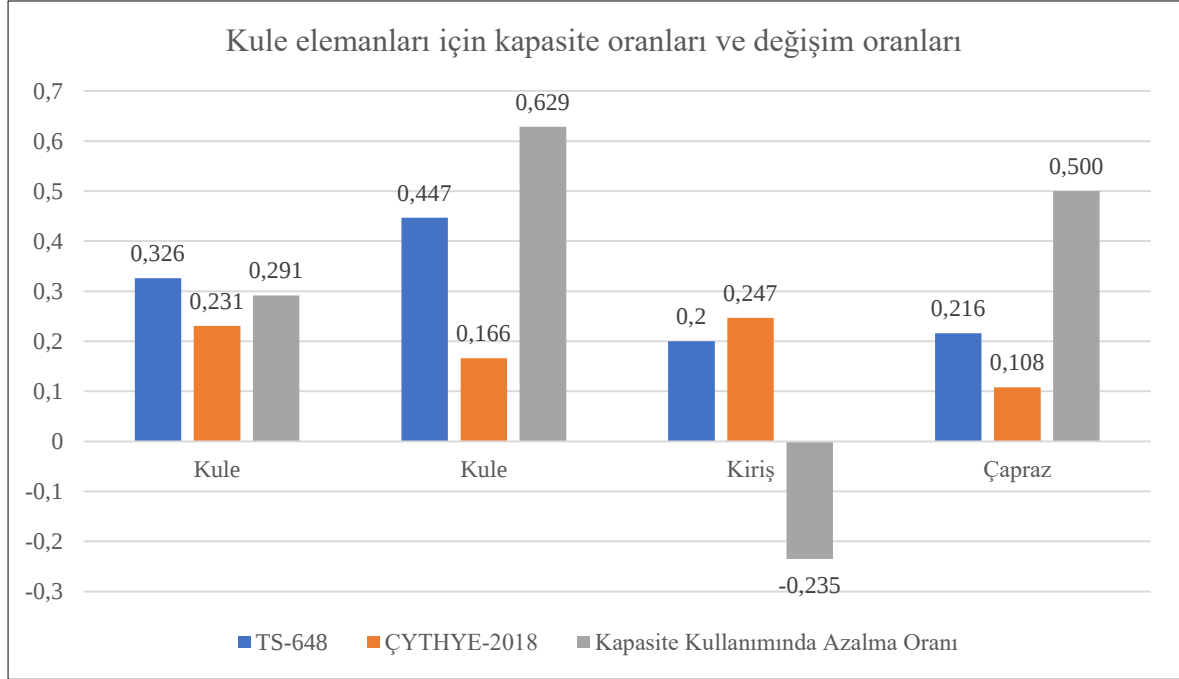
Şekil 5.73. Merdiven elemanları için iç kuvvetler

Merdiven basamaklarının normal kuvvetinde %20 azalma olmakla beraber, kesme kuvveti %26 ve eğilme momenti %18 artmıştır. Basamak yanlarındaki kirişlerde normal kuvvet değeri %13, kesme kuvveti %23 ve eğilme momenti %36 miktarda artmıştır. Sahanlık çaprazlarında (gri) normal kuvvet %12, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri çok küçük olup %40 oranda artmıştır. Sahanlık kirişlerinde değerler sırasıyla %10, %40 ve %32 oranında artmıştır. Sahanlığı taşıyan kolonlarda normal kuvvet %31, kesme kuvveti ve eğilme momenti %17 oranda artmıştır. Kolonları destekleyen çaprazlarda ise normal kuvvet %12, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri %41 oranda artmıştır.

Özet olarak grafiklere detaylı bir şekilde baktığımızda kuvvet ve moment değerlerinin eski yönetmeliğe kıyasla, yeni yönetmelikte daha yüksek değerler çıktığını görebiliriz.

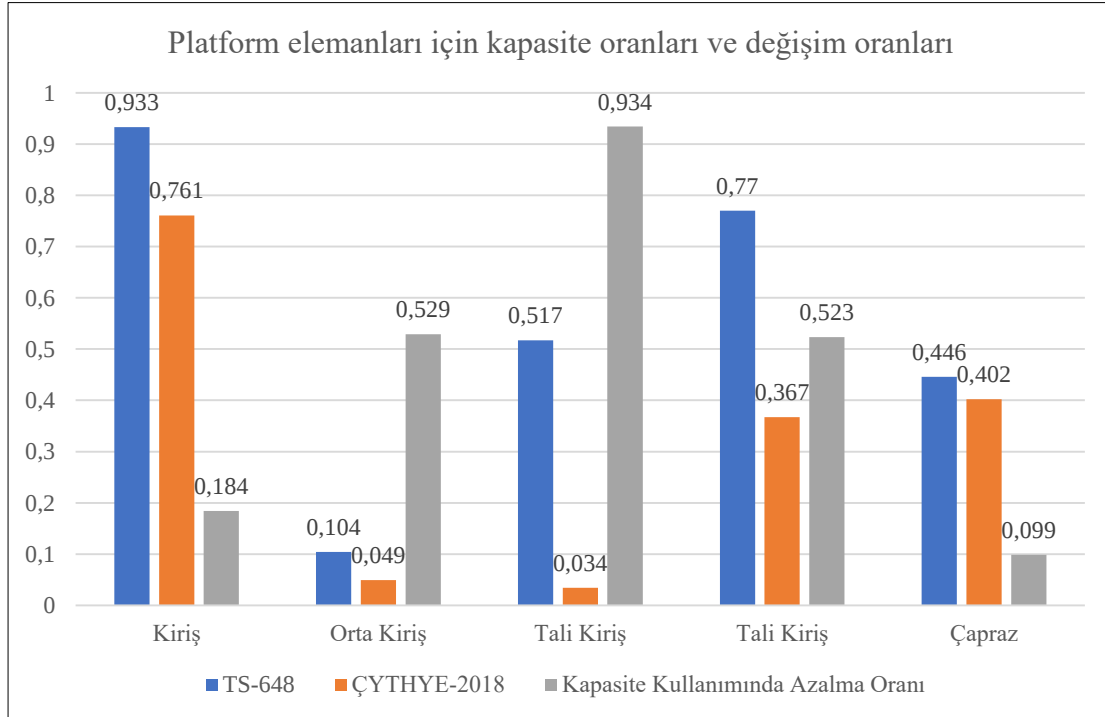
5.4.7. Kapasite oranlarının karşılaştırılması

Tez çalışmasının bu bölümünde kemer tipi çelik yaya üst geçidinin her iki yönetmelikle yapılan analizler sonucu elde edilen kapasite oranları kıyaslamalı olarak grafikler ile gösterilmiştir. Bu iki yönetmelikteki kapasite kullanım oranlarında meydana gelen değişimler de beraberinde verilmiştir.



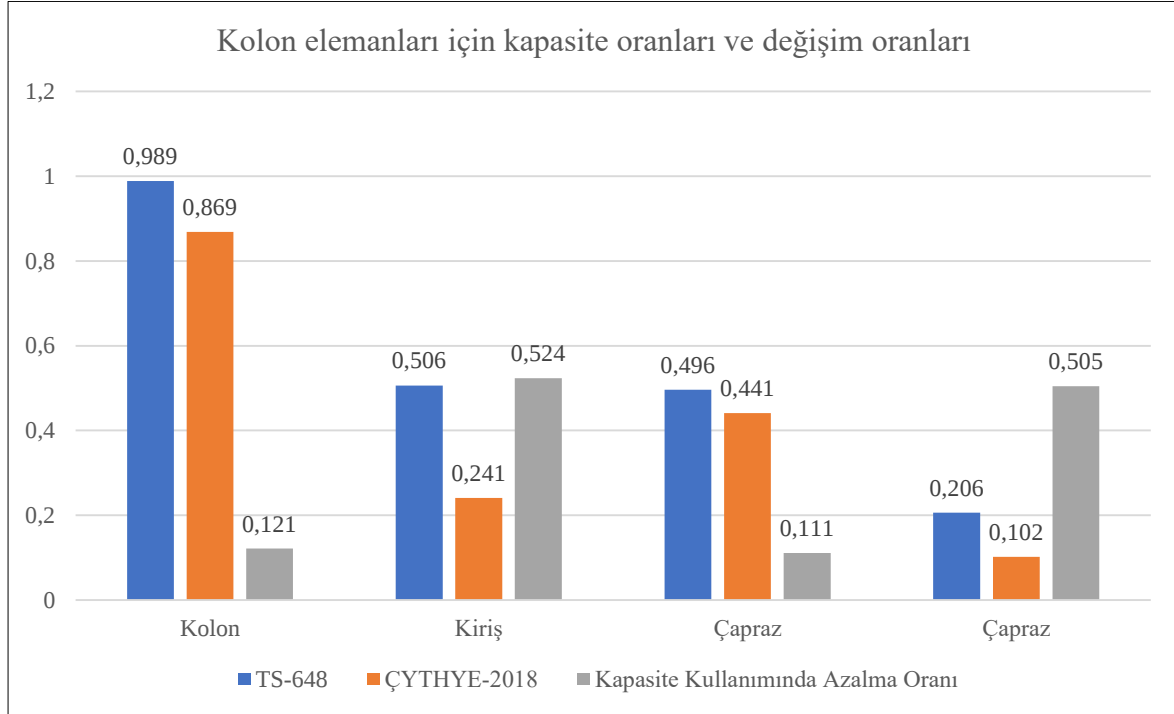
Şekil 5.74. Kule elemanları için kapasite oranları

Kule elemanlarının kolonlarında eski yönetmeliğe göre sırasıyla %29 ve %63 azalma, kirişlerde %23 değerinde bir artış ve çaprazlarda %50 oranında bir kapasite kullanım azalması olmuştur.



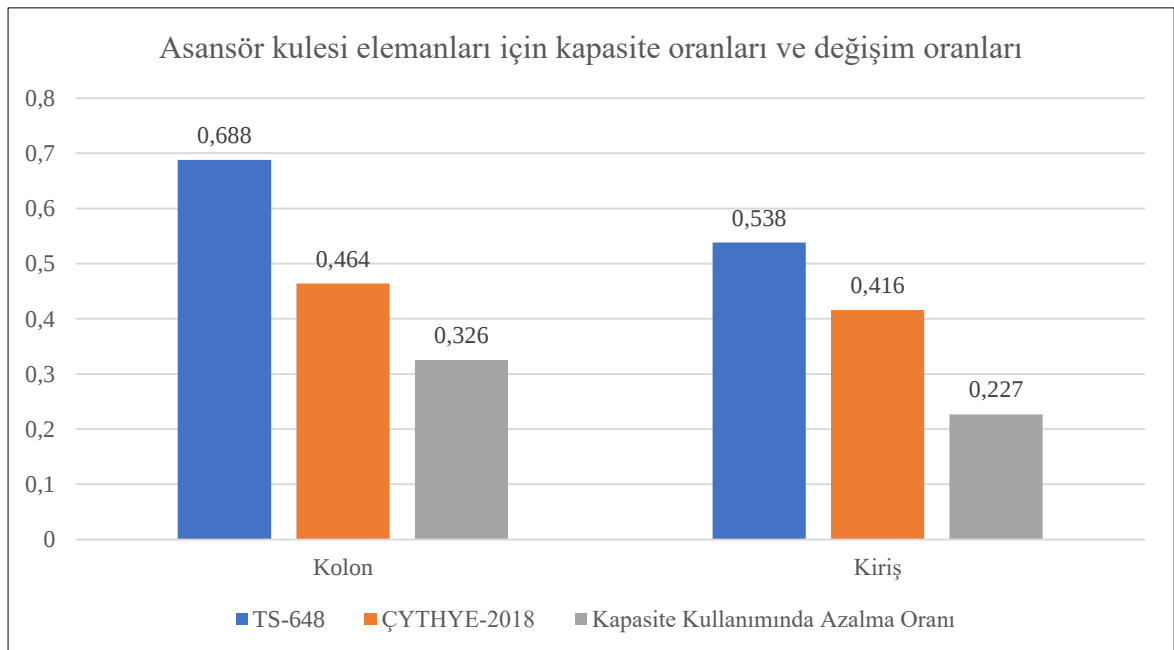
Şekil 5.75. Platform elemanları için kapasite oranları

Platform kirişinde %18, orta kirişte %53, tali kirişlerde %93 ve %52, çaprazlarda %10 değerinde azalma olmuştur.



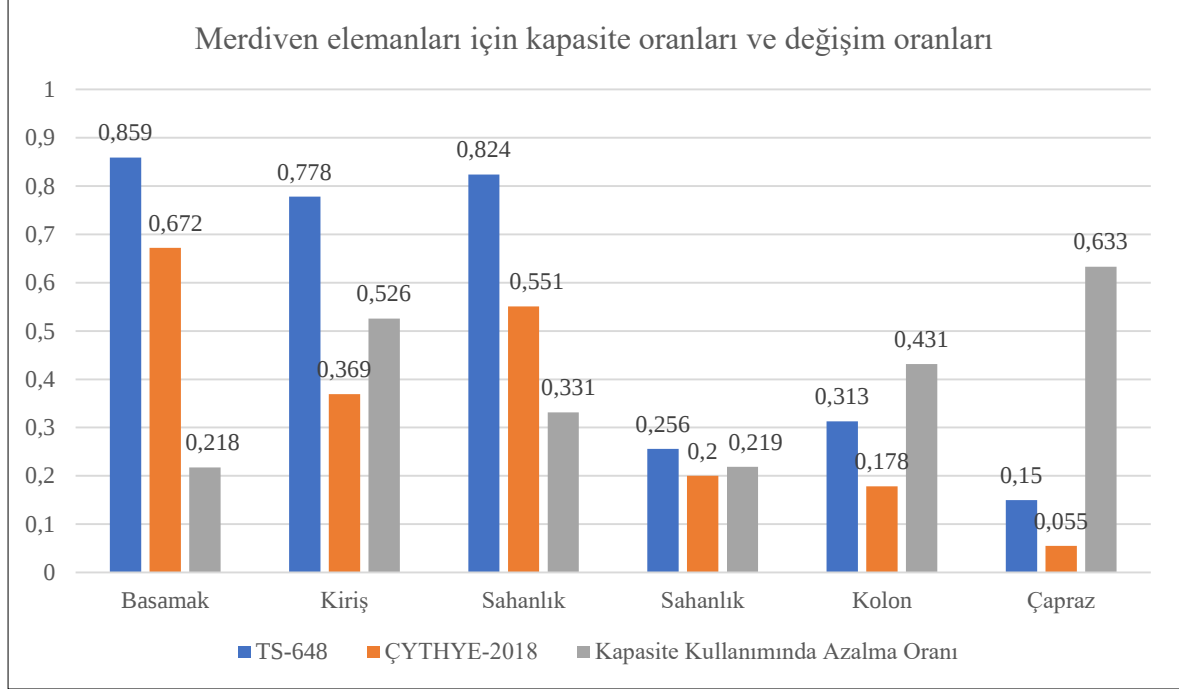
Şekil 5.76. Kolon elemanları için kapasite oranları

Platformu destekleyen kolonlarda %12, kirişlerinde %52, çaprazlarda ise sırasıyla %11 ve %50 oranda bir azalma meydana gelmiştir.



Şekil 5.77. Asansör kulesi elemanları için kapasite oranları

Asansör kulesinin kolonlarında %33, kirişlerinde %23 oranında kapasite kullanımı azalmıştır.



Şekil 5.78. Merdiven elemanları için kapasite oranları

Merdiven basamaklarında %22, kirişlerinde %53, sahanlık çaprazlarında (3. kısım) %33, sahanlık kirişlerinde %22, sahanlığı taşıyan kolonlarda %43 ve bu kolonların çaprazlarında %63 oranında kapasite kullanımı azalmıştır.

Grafikleri incelediğimizde, yeni yönetmelikle yapılan analizde kesitlerin kapasite oranlarının daha düşük çıktığı görülmektedir.

5.4.8. Düzenleme ve tonaj farkı

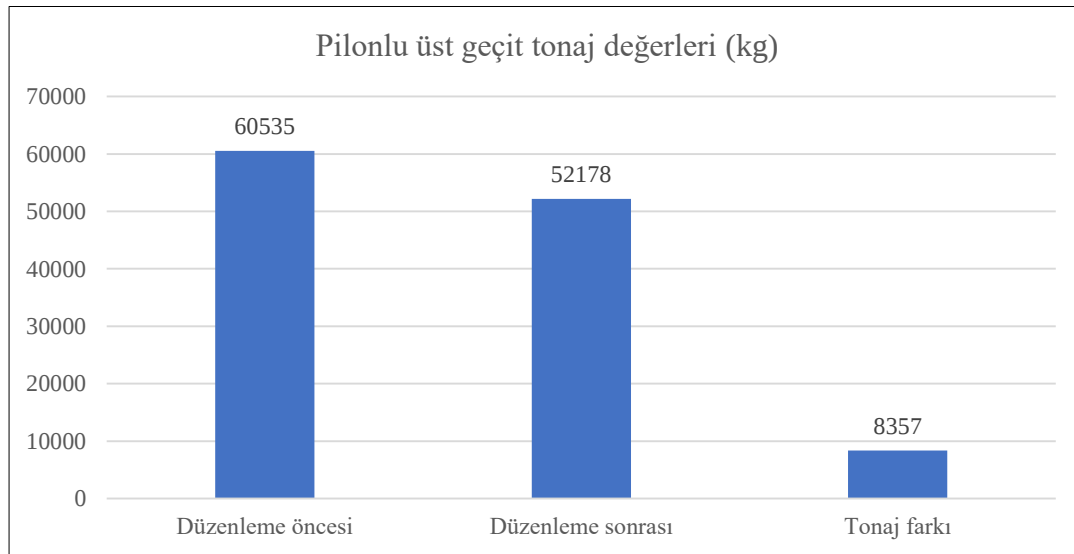
Pilonlu sistemde de diğer iki sistemdeki gibi EK-2’de verilen tablo kullanılarak enkesit koşullarını sağlamayan kesitler düzenlenerek SAP2000 programında değiştirilmiştir.

Aynı zamanda kullanım kapasitesi olan kesitler enkesit koşullarını sağlayacak şekilde küçültülmüştür. Bu kesitlerin hangileriyle değiştiği ve değiştikten sonraki kapasite oranlarında meydana gelen değişimler Çizelge 5.33’te verilmiştir.

Çizelge 5.33. Kesitlerin ekonomiklik bakımından düzenlenmesi

Eleman	Düzenleme Öncesi		Düzenleme Sonrası	
	Kesitler	Kapasite Oranları	Kesitler	Kapasite Oranları
Kule	HL1200*500	0,218	HL800*350	0,351
Kule	HL1200-500	0,158	HL800-350	0,381
Kule - Kiriş	HE240A	0,185	HE400A	0,159
Kule - Çapraz	CHS273*6	0,108	CHS139,7*4	0,326
Platform - Ana Kiriş	HE450A	0,761	HE400A	0,879
Platform - Orta Kiriş	IPE100	0,049	IPE140	0,055
Platform - Tali Kiriş	HE450A	0,034	HE400A	0,043
Platform - Tali Kiriş	IPE160	0,367	IPE220	0,246
Platform - Çapraz	L70*7	0,402	D76,1*3,2	0,299
Kolon - Kolon	HE240A	0,869	HE400A	0,519
Kolon - Kiriş	HE240A IPE220	0,241	HE400A	0,117
Asansör - Kolon	RHS200*6	0,464	RHS120*8	0,872
Asansör - Kiriş	RHS200*6	0,416	RHS120*8	0,811
Merdiven - Kiriş	UPN300	0,369	UPN200	0,943
Merdiven - Kolon	HE240A	0,179	HE400A	0,129

Düzenlemeler tamamlandıktan sonra tonaj değerleri SAP2000 programından elde edilmiştir ve Şekil 5.79’da verilmiştir.



Şekil 5.79. Pilonlu üst geçit için tonaj değerleri

Şekil 5.79’a göre yeni yönetmelikle analiz edilmiş sistem düzenlendiğinde, toplam tonajda takribi %14 oranında bir azalma olmuştur.

Düzenlemeden sonra düşey deplasman değeri 206,50 mm olarak hesaplanmıştır. Düzenleme öncesinde 227,35 mm olarak hesaplanmıştı. İki değer de sınır değeri olan 141,11 mm değerinin üzerinde kalmıştır.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında çelik yapılar yönetmelikleri (ÇYTHYE-2018 ve TS-648) ve deprem yönetmeliklerine göre (TBDY-2018 ve DBYBHY-2007) orta ayaklı, kemer tipi ve pylonlu üst geçit incelenmiştir. Çelik yapılar yönetmeliklerindeki tasarım yöntemleri ve kuvvet etkisindeki elemanların tasarım prensipleri incelenmiştir. Çalışmada zemin sınıfı, deprem tehlike haritaları, bina önem katsayıları, tasarım yöntemleri açısından benzerlik ve farklılıkları ortaya koyulmuştur. Aynı zamanda TBDY-2018 ile gelen yeni tanımlar ve bölümlere yer verilmiştir.

Eski deprem ve çelik yönetmelikleriyle tasarlanmış projeler, yeni yönetmeliğin *yük ve dayanım katsayıları ile tasarım hesap yöntemi* ile tekrar tasarlanarak aralarındaki farklar şekil ve çizelgelerle gösterilmiştir. Ardından elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

İlk sistemimiz, orta ayaklı üst geçit eski deprem ve çelik yapılar yönetmelikleriyle analiz edildiğinde sistemin yeterli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Fakat yeni yönetmeliklerle yapılan analizde enkesit koşullarını sağlamayan kesitler olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi ise yeni yönetmeliklerde enkesit koşullarının farklı olmasıdır. Maksimum iç kuvvetler kıyaslandığında, yeni yönetmelikte yapı elemanlarında oluşan normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri daha fazla çıkmıştır. Buna rağmen kapasite oranları düşmüştür. Bunun sebebi ise, yeni çelik yapılar yönetmeliğinde plastik mukavemet momenti değerine göre hesap yapılmasıdır. Dolayısıyla kesitlerin kapasitesi daha yüksek çıkmaktadır. Ardından kapasite kullanım fazlalığı olan kesitler enkesit koşullarına da uyacak şekilde küçültülerek sistem yeniden boyutlandırılmıştır. Bu sayede toplam tonajda azalma olacağı sonucuna varılmıştır. Aynı şekilde hem kemer tipinde ve hem de pylonlu sistemlerde aynı sonuçlara varılmıştır.

Eski yönetmeliğe göre her üç sistemde de en yüksek iç kuvvet aktaran ilk 6 eleman grubuna bakarak yapılan hesaba göre, sistemlerin kapasite kullanım oranında ortalama olarak %28 oranında azalma olmuştur. Tonaj değerlerinde ise, orta ayaklı üst geçit projemizde %26, kemer tipi üst geçitte %20 ve pylonlu üst geçitte ise %14 oranında azalma olmuştur. Ortalama olarak tonajda %20 oranında bir azalma olduğu sonucuna varılmıştır. Üst geçitlerin tonaj azalma oranlarının farklı olmasının sebebi üst geçitlerin taşıyıcı sistemlerinin birbirinden

farklı tasarlanmasıdır. Dolayısıyla ÇYTHYE-2018 ile tasarlanan sistemler, TS-648'e göre daha ekonomik tasarımlara izin vermektedir.

Özet olarak;

- Yeni deprem ve çelik yapılar yönetmeliğiyle tasarlanan bir sistemde normal kuvvet, kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri eski yönetmeliğe göre genellikle daha yüksek gelmektedir.
- ÇYTHYE-2018 ve TBDY-2018 yönetmelikleriyle tasarlanan sistemler TS-648 ve DBYBHY-2007 ile tasarlanan sistemlere göre hem iç kuvvetler açısından hem de elemanların kapasite oranları açısından daha iyi sonuçlar vermektedir.
- Yeni yönetmelikle ekonomik tasarımlar yapmak mümkündür. Dolayısıyla yeni yönetmelik çelik yapıların tercih edilmesinde önemli bir rol oynayacaktır.

Bu avantajlar doğrultusunda kamu yararına kullanılacak çelik yapıların ÇYTHYE-2018 ile tasarlanması yapının maliyetini azaltacaktır ve kamunun yararına olacaktır.

KAYNAKLAR

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 23-215.
- Akkök, R. E. (2015). *Çelik Yapı Tasarımında Kullanılan Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarının Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 47-49.
- Aksu, Ö. V. (2014). Yaya üst geçitlerinde tasarım ölçütlerinin irdelenmesi: Trabzon kenti örneği. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. 64(1), 12-28.
- Ar, E. (2009). *Çelik Yapıların Tasarım Metodları ve Bunların Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 172-177.
- Arslangiray, B. (2008). *Çelik Yapılarda Farklı Standartların Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 87-89.
- Asfuroğlu, S. (2018). *Çok Katlı Çelik Binaların İtme Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 109-111.
- Ateş, A. (2006). *Çelik Yapıların Deprem Analizi ve 1997 ile 2006 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 169-174.
- Aydın, M. R. ve Günaydın, A. (2017, 11-13 Ekim). *Çelik yapılar açısından Türkiye bina deprem yönetmeliği taslağına bir bakış*, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansında sunuldu, Eskişehir.
- Balkan, G. (2007). *Türk, Amerikan ve Avrupa Çelik Standartlarının İncelenmesi ve Kıyaslanması*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 114-138.
- Başaran, M. K. (2009). *Depreme Dayanıklı Çelik Yapılar için Mevcut Yönetmeliklerin Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 151-153.
- Bayazıt, Ç. (2016). *Betonarme ve Çelik Üstgeçitlerinin Yapısal Olarak Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 64-67.
- Bingöl, C. (2014). *Ağır Sanayi Yapısının AISC 360-10 ve TS-648 Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırmalı Boyutlandırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 87-89.
- Bozkurt, M. B. (2009). *Büyük Açıklığa Sahip Bir Uçak Hangarının Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 155-156.
- Ceylan, Ö. G. (2007). *10 Katlı Çelik Bir Büro Binasının EUROCODE 3 Göre Karşılaştırmalı Boyutlandırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 144-147.

- Çakmaklı, C. (2019). *Çelik Yüksek Bir Binanın TBDY-2018'e Göre Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 83-86.
- Çelik, S. V. (2019). *Çelik Konstrüksiyon Sanayi Yapılarının Eski ve Yeni Yönetmeliklere Göre Karşılaştırmalı Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 69-71.
- Deliktaş, M. (2020). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) ile Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018) Revizyonlarının Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 136-137.
- El Haj Ahmad, M. (2018). *Çelik Çerçeve Binalarda Doğrusal Hesap Yöntemlerinin TDY-2006, EC8, ASCE 7/16 ve TBDY-2019 Deprem Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 148-151.
- Erdal, H. İ. (2005). *Köprülerde Kontrol ve Bakım Yöntemleri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 74-75.
- Ergün, İ. (2017, 26-27 Ekim). *Çelik yapı imalatında geçerli uluslararası standartlar ve mevzuat*, Uluslararası Katılımlı 7. Çelik Yapılar Sempozyumunda sunuldu, Gaziantep.
- Hava, Ş. (2019). *Betonarme Bir Binanın Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile TDY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 217-220.
- Irgaç, F. (2019). *Çok Katlı Çelik Çerçeve Türü Bir Taşıyıcı Sisteminde Eski ve Güncel Yönetmelik Uygulamalarının Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 127-132.
- Kacko Sangola, S. F. (2019, 24-26 Ekim). *SAP2000 Kullanılarak Gaziantep'teki Kentsel Dönüşüm Projesinin Yeni Deprem Yönetmeliğine Uygunluğunun Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, 79.
- Kocabaş, S. (2005). *Çelik Yapıların SAP2000 Programı ile Analiz ve Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 102-105.
- Mavi, E. E. (2011). *Bir Yaya Üst Geçidinin Çelik Taşıyıcı Sistem Olarak Hesabı, Çizimi ve Maliyet Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 88-89.
- Mum, M. (2015). *İstanbul'da Yaya Üst Geçitlerinin Güvenliği ve Kaza Risk Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 98-99.
- Nemutlu, Ö. F. (2019). *2007-2018 Deprem Yönetmeliklerinin ve Amerikan Deprem Yönetmeliğinin Deprem Hesapları Açısından Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 79-82.

- Öz, D. (2018). *Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Kuralları Doğrultusunda Çelik Yapıların Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 168-170.
- Özarslan, Ö. (2006). *Proje Uygulamalı Olarak Çelik Yapılarda 1998 ABYYHY ile 2006 DBYBHY'in Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 82-86.
- Sancıoğlu, S., Arıbaş, S., Bayram, B., Şimşek, M., ve Çarbaş, S. (2019). *Çelik bir binada kullanılan çapraz tiplerinin deprem etkisi altında analizi*, 8. Uluslararası Çelik Yapılar Sempozyumunda sunuldu, Konya.
- Sütiçen, M. (2008). *Ülkemizde Şehiriçi Yaya Köprülerinde Malzeme Kullanımı ve Detay Sorunları*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 103-106.
- T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı. (2007). *Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik - 2007*. Ankara: Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2-132.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2018). *Çelik yapıların tasarım, hesap ve yapım esaslarına dair yönetmelik - 2018*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 42-219.
- Tansel, M. (2010). *Çok Katlı Çelik Yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Analiz ve Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 151-154.
- Tolan, B. (2011). *Çelik Yapı Tasarımında Türk Standartlarının AISC 360-05 ve 07-05 Yaklaşımlarına Göre İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 79-81.
- Topkaya, C. (2016, Kasım). *Çelik yapıların tasarım, hesap ve yapım esasları yönetmeliği*. Yeni Çelik Yapılar Yönetmeliği Seminerinde sunuldu, Ankara.
- Tuğrul, A. (2011). *Çok Katlı Çelik Yapıların İnteraktif Olarak Ekonomik Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 69-71.
- Tunç, G. ve Tanfener, T. (2016). *2007 ve 2016 Türkiye bina deprem yönetmeliklerinin örneklerle mukayesesi*, 3. Ulusal Yapı Kongresi Bildiri Kitabı, 153-166.
- Türk, B. (2016). *Merkezi Çelik Çaprazlı Çerçeve Taşıyıcı Sistemin Tasarım Kurallarının ve Performansının Değerlendirilmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 123-124.
- Türk Standartları Enstitüsü. (1980). *Çelik yapıların hesap ve yapım kuralları*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, 4-47.
- Türk Standartları Enstitüsü. (1997). *Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, 6-23.
- Türk Standartları Enstitüsü. (2007). *Yapılar üzerindeki etkiler - bölüm 1-3: genel etkiler - kar yükleri (Eurocode 1)*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, 10-18.

- Türk Standartları Enstitüsü. (2007). *Yapılar üzerindeki etkiler - bölüm 1-4: genel etkiler - rüzgâr yükleri (Eurocode 1)*. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, 9-29.
- Tütüncü, B. (2019). *Çok Katlı Bir Çelik Yapının Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018'e Göre Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 155-158.
- Ülker, M. (2014). *AISC 360-10 ve Türk Deprem Yönetmeliği (DBYBHY,2007)'ne Göre Çelik Yapıların Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 85-86.
- Ülker, M. ve Savaş, S. (2018). AISC 360-10 ve türk deprem yönetmeliğine göre çelik yapıların tasarımı. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(1), 21-32.
- Ünal, M. Ç. (2015). *Çelik Yapıların Farklı Standartlara Göre Karşılaştırmalı Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 109-110.
- Zervent, A. (2009). *Çelik Yapıların Tasarım Metodlarının Değerlendirilmesi: TS 648, LRFD, EUROCODE 3*, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 207-221.
- Zorlu, M. ve Akbaş, B. (2017, 26-27 Ekim). *Yeni Türkiye bina deprem yönetmeliğine göre çelik yapı tasarımı*, Uluslararası Katılımlı 7. Çelik Yapılar Sempozyumunda sunuldu, Gaziantep.

EKLER

EK-1 ÇYTHYE-2018 TABLO 5.1B – Eğilme Momentinin Basınç Bileşeni Etkisindeki Enkesit Parçaları için Genişlik/Kalınlık Oranları

	Durum	Tanım	Genişlik/ Kalınlık Oranı, λ	Genişlik / Kalınlık Oranı Sınır Değerleri		Enkesit
				λ_{cp} (kompakt / kompakt olmayan)	λ_{cr} (kompakt olmayan / narin)	
Rijitleştirilmemiş Enkesit Parçası	10	Hadde I-profiller, U-profiller ve T-enkesitli elemanların başlıkları	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	Tek ve çift simetri eksenli yapma I-enkesitli elemanların başlıkları	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ [a] [b]	
	12	Tek korniyerlerin kolları	b/t	$0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	Zayıf eksen etrafında eğilme etkisindeki tüm I-enkesitli elemanlar ve U-profiller	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	T-enkesitli elemanların gövdeleri	d/t	$0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Rijitleştirilmiş Enkesit Parçası	15	U-profillerin ve çift simetri eksenli I-elemanların gövdeleri	h/t_w	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16	Tek simetri eksenli I-enkesitli elemanların gövdeleri	h/t_w	$\frac{h}{h_y} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \leq \lambda_{cr}$ $\left(0.54 \frac{M_o}{M_y} - 0.09\right)$ [c]	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17	Üniform cidar kalınlıklı kutu enkesitli elemanların başlıkları	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	Takviye levhaları ve birleşim araçları arasında kalan diyafram levhaları	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	Kutu enkesitli elemanların gövdeleri	h/t	$2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20	Boru enkesitli elemanlar	D/t	$0.07 \frac{E}{F_y}$	$0.31 \frac{E}{F_y}$	
	21	Yapma kutu enkesitlerin başlıkları	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

EK-1 (devam) ÇYTHYE-2018 TABLO 5.1B – Eğilme Momentinin Basınç Bileşeni Etkisindeki Enkesit Parçaları için Genişlik/Kalınlık Oranları

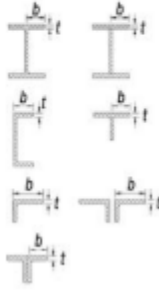
TABLO 5.1B – EĞİLME MOMENTİNİN BASINÇ BİLEŞENİ ETKİSİNDEKİ ENKESİT PARÇALARI İÇİN GENİŞLİK / KALINLIK ORANLARI (DEVAM)

[a]	: $k_c = 4/\sqrt{h/t_w}$ ve $0.35 \leq k_c \leq 0.76$
[b]	: Narin gövdeli I-enkesitli elemanlar için ve kompakt veya kompakt olmayan gövdeli, $W_{ext} / W_{exc} \geq 0.7$ olan, yapma I-enkesitli elemanların kuvvetli eksenleri etrafında eğilme etkisinde olması halinde, $F_L = 0.7F_y$.
	Kompakt veya kompakt olmayan gövdeli, $W_{ext} / W_{exc} < 0.7$ olan, yapma I-enkesitli elemanların kuvvetli eksenleri etrafında eğilme etkisinde olması halinde ise, $F_L = F_y W_{ext} / W_{exc} \geq 0.5F_y$.
[c]	: M_y , en dış lifin akmasına karşı gelen eğilme momenti ve M_p , plastik eğilme momenti ($M_p = F_y W_{px}$).
E	: Çelik elastisite modülü, (200000 MPa).
F_y	: Yapısal çelik karakteristik akma gerilmesi.
W_{ext}	: x-ekseni etrafında çekme bölgesi için elastik mukavemet momenti.
W_{exc}	: x-ekseni etrafında basınç bölgesi için elastik mukavemet momenti.
W_{px}	: x-eksenine göre plastik mukavemet momenti.
TE	: Elastik tarafsız eksen
PTE	: Plastik tarafsız eksen

EK-2 TBDY-2018 Tablo 9.3'e göre Enkesit Koşulları

Eleman Tanımı	Narinlik Oranı	Sınır değerler		Açıklama
		Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar, λ_{hd}	Süneklik Düzeyi Sınırlı Elemanlar, λ_{md}	
Rijitleştirilmiş Elemanlar	Dikdörtgen kutu kesitler	b/t		
	Yapma dikdörtgen kutu kesitler ve I kesitinden kutu şeklinde teşkil edilmiş kesitlerin başlıkları	b/t		
	I kesitinden kutu şeklinde teşkil edilmiş kesitlerin yan levhaları ve çapraz eleman olarak kullanılacak yapma kutu kesitler	h/t		
	Çapraz eleman olarak kullanılacak I veya yapma I kesitlerin gövdeleri	h/t_w		
	Kiriş veya kolon olarak kullanılacak I veya yapma I kesitlerin gövdeleri ^[b]	h/t_w		
Rijitleştirilmiş Elemanlar	Kiriş veya kolon olarak kullanılacak I kesitlerinden kutu şeklinde teşkil edilen enkesitlerin yan levhaları	h/t		
	Kiriş veya kolon olarak kullanılacak yapma kutu enkesitlerin gövdeleri	h/t		
	Boru enkesitli elemanlar	D/t		

EK-2 (devam) TBDY-2018 Tablo 9.3'e göre Enkesit Koşulları

Eleman Tanımı	Narinlik Oranı	Sınır değerler		Açıklama
		Süneklik Düzeyi Yüksek Elemanlar, λ_{hd}	Süneklik Düzeyi Sınırlı Elemanlar, λ_{md}	
Rijitleştirilmemiş Elemanlar I veya yapma I kesitlerin başlıkları, U veya T kesitler, korniyer (L) veya ayrıklı çift korniyerlerin kolları, sürekli birleşik çift korniyerlerin kolları	b/t	$0.30 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Kutu enkesitli kompozit elemanların cidarları	b/t	$1.4 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$2.26 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Boru enkesitli kompozit elemanların cidarı	D/t	$0.076 \frac{E}{F_y}$	$0.15 \frac{E}{F_y}$	

^[1] Kiriş veya kolon olarak kullanılan dikdörtgen kutu enkesitlerde, yapma kutu enkesitler ve I kesitinden kutu şeklinde teşkil edilen kesitlerin başlıklarında enkesit koşulunun sınır değeri $1.12 \sqrt{E/F_y}$ olarak alınacaktır.

^[2] $C_a \leq 0.125$ için süneklik düzeyi yüksek moment aktaran çerçevelerdeki I kesitlerde, enkesit koşulunun (h/t_w) sınır değeri $2.45 \sqrt{E/F_y}$ 'yi aşamaz. $C_a \leq 0.125$ için süneklik düzeyi sınırlı moment aktaran çerçevelerdeki I kesitlerde ise enkesit koşulunun (h/t_w) sınır değeri $3.76 \sqrt{E/F_y}$ 'yi aşamaz.

^[3] Kiriş veya kolon olarak kullanılan boru profillerdeki enkesit koşulunun sınır değeri $0.07E/F_y$ olarak alınabilir.

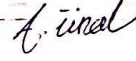
EK-3. Ankara Büyükşehir Belediyesine verilen proje talep dilekçesi ve temin edilen projeler için verilen izin

**ANKARA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE BAŞKANLIĞI
FEN İŞLERİ DAİRE BAŞKANLIĞI
ETÜD VE PROJE ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ'NE
ANKARA**

Adı Soyadı : Akın ÜNAL
Telefon : 0530 224 8016
Adres : Mebusevler Mah. Döğol Cad. No: 25/16 Ankara/ÇANKAYA
e-mail : akinunal19@gmail.com

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde 188332202 numaralı tezli yüksek lisans öğrencisiyim. Tez konusu olarak Ankara'nın Çankaya ilçesindeki 2016 yılı öncesi çelik yaya üst geçitlerini incelemekteyim (Eski yönetmelik ile tasarlanan). Tezim için çelik yaya üst geçitlerinin mimari ve statik projeleri gerekmektedir. Gerekli kolaylığın sağlanmasını saygıyla talep ederim.

Akın ÜNAL



Fen İşleri Dairesi Başkanlığı	
Tarih	10 Şubat 2020
Sayı	E-22719

EK-3 (devam) Ankara Büyükşehir Belediyesine verilen proje talep dilekçesi ve temin edilen projeler için verilen izin



T.C.
ANKARA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE BAŞKANLIĞI
Fen İşleri Dairesi Başkanlığı
Etüd ve Proje Şube Müdürlüğü

Sayı : 68713620-755.01-E.18647

26/02/2020

Konu : Yüksek lisans tez çalışması için üstgeçit
proje talebi

Sayın Akın ÜNAL
(Mebusevler Mah. Döğol Cad. No:25/16 Çankaya/ANKARA)

İlgi : 10/02/2020 tarihli dilekçeniz.

İlgide kayıtlı dilekçenizde, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans öğrencisi olduğunuz ve Yüksek Lisans Tez Çalışmanızın konusunun "Ankara'nın Çankaya İlçesindeki 2016 Yılı Öncesi Çelik Yaya Üstgeçitlerinin İncelenmesi" olduğundan bahsedilerek, Tez çalışmanızda kullanılmak üzere yaya üstgeçitleri Mimari ve Statik Projeleri talep edilmektedir.

Başkanlığımızca yapılan değerlendirmede; talebiniz doğrultusunda yaya üstgeçidi mimari ve statik projeleri ,Yüksek Lisans Tez çalışmanızda kullanılmak üzere tarafınıza gönderilmektedir. Bilgilerinize rica ederim.

e-imzalıdır

Erol GÜNDÜZ
Fen İşleri Dairesi Başkanı

Ek: CD

Adres: Hipodrom Cad. No:5 Yenimahalle / ANKARA

Telefon: (0312) 507 10 45 Faks: (0312) 507 20 11

Kep Adresi: ankara Buyuksehir Belediyesi@hs01.kep.tr Elektronik Ağ: <http://www.ankara.bel.tr/>

5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu'na uygun olarak Güvenli Elektronik İmza ile üretilmiştir.

Evrak teyidi <https://ebyssorgu.ankara.bel.tr> adresinden 8GUU-699T-0HLT kodu ile yapılabilir.

Recep AYDAR

Mühendis

Dahili :

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÜNAL, Akın
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 18.04.1994, Çorum



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	19 Mayıs Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2016
Lise	Çorum Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016-2018	AL-KA İnşaat	Şantiye Şefi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Durmuş, G., Ünal, A. (2019, 18-19 July). *The investigation of the sustainability of the existing steel pedestrian overpasses according to the new steel structure regulation: the sample of ankara city*. Paper presented at the 4th International Sustainable Buildings Symposium, Dallas, Texas.

Hobiler

Kitap okumak, müzik, yürüyüş, e-spor, saksafon çalmak



GAZİ GELECEKTİR...