

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmada; yardımlarından ve elik yapılar hakkındaki engin bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, çıkmazlara girdiğimde bana yol gsteren değerli hocam sayın Prof. Dr. M. Sedat HAYALOĞLU'NA teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yüksek lisan başvurusu yapmama vesile olan değerli meslektaőım inşaat mühendisi Sayın Bedirhan YILMAZ'A teőekkürlerimi borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

<b>TEŞEKKÜR</b> .....	I
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	II
<b>ÖZET</b> .....	V
<b>ABSTRACT</b> .....	VI
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	VII
<b>TABLO</b>	VIII
<b>ŞEKİL</b>	IX
<b>SEMBOL</b>	X
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	3
<b>3. MATERYAL VE METOT</b> .....	7
3.1. Boyutlandırmanın Temel İlkeleri.....	7
3.1.2. Yapı Güvenliği Kavramı.....	8
3.1.3. Emniyet Faktörü İlkesi.....	9
3.1.4. Taşıma Gücü İlkesi .....	11
3.1.5. Tasarım Kuralları .....	13
3.2. Eurocode3 Yönetmeliğinin Esasları .....	14
3.2.1. Nihai Limit Haller.....	14
3.2.1.1. Kesit Kapasiteleri.....	14
3.2.1.2. Çekme Durumu .....	14
3.2.1.3. Basınç Durumu .....	15
3.2.1.4. Eğilme Momenti .....	15
3.2.1.5. Eğilme Ve Eksenel Kuvvet.....	16
3.2.2. Eğilme Etkisi Altındaki Elemanlar .....	17

3.2.2.1. Burkulmaya Karşı Dayanım .....	17
-Yanal Burulmalı Burkulma-Kaynaklı Ve Haddeli Kesitler .....	18
3.2.2.2. Basınç Etkisi Altındaki Elemanlar .....	19
3.2.2.3. Eğilme Ve Eksenel Basınç Kuvveti Etkisi Altındaki Elemanlar .....	20
3.3.    Lrfd Yönetmeliğinin Esasları.....	21
3.3.1.    En Kesitler .....	22
3.3.1.1.    Kompakt Kesitler .....	22
3.3.1.2.    Kompakt Olmayan Kesitler .....	22
3.3.1.3.    Narin Basınç Elemanları .....	22
3.3.2.    Yük Ve Dayanım Faktörleri.....	25
3.3.2.2.    Dayanım Faktörleri .....	27
3.3.3.    Çekme Elemanı Tasarımı.....	27
3.3.3.1.    Etkili Alan.....	27
3.3.3.2.    Tasarım Çekme Dayanımı .....	29
3.3.4.    Basınç Elemanlarının Tasarımı.....	29
3.3.4.1.    Dayanım Tahkiki .....	29
-Direk Tasarım .....	29
-Narinlik Dikkate Alınarak Dayanım Tahkiki .....	30
3.3.4.2.    Eğilme Burkulması İçin Tasarım Basınç Dayanımı .....	30
3.3.5.    Eğilme Elemanlarının Tasarımı .....	33
3.3.5.1.    Akma.....	34
3.3.5.2.    Yanal Burulma Burkulması .....	34
-Çift Simetrik Kesiler Ve $L_b \leq L_r$ İle U Kesitler.....	34
-Çift Simetrik Kesitler Ve $L_b > L_r$ İle U Kesitler.....	36
-T Profiller Ve Çift Korniyerler .....	36
3.3.5.3.    Eğilme Ve Eksenel Kuvvet.....	37
3.4.    Asd Yönetmeliğinin Esasları .....	38

3.4.1. Boyutlamaya Esas Yük Kombinasyonları .....	38
3.4.2. Kesitlerin Sınıflandırılması .....	38
3.4.3. Gerilmelerin Hesabı .....	44
3.4.4. Müsaade Edilebilir Gerilmelerin Hesabı .....	44
3.4.4.1. Çekme Durumunda Müsaade Edilebilir Gerilme .....	44
3.4.4.2. Basınç Durumunda Müsaade Edilebilir Gerilme .....	45
-Eğilmeli Ve Burulmalı Burkulma.....	46
3.4.4.3. Eğilme Durumunda Müsaade Edilebilir Gerilme .....	46
-Kuvvetli Eksende Eğilme .....	46
-Genel Kesitler .....	48
3.4.5. Gerilme Oranı .....	48
3.4.5.1. Eksenel Yük Ve Eğilme Momenti İçin Birleşik Gerilme Oranı .....	48
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>51</b>
4.1. Sayısal Uygulamalar .....	51
4.1.1. Sistem Ve Yük Bilgileri.....	51
4.1.1.1. Düşey Yükler .....	54
4.1.1.2. Yatay Yükler.....	54
4.1.1.3. Deprem Karakteristikleri .....	54
4.1.1.4. Kesit Seçimi Ve Ataması.....	55
4.1.2. Sistemde Atanan Elemanlar Ve Tasarım Yapılması.....	55
4.1.2.1. Lrfd İçin Atanan Kesitlerin Listesi .....	57
4.1.2.2. Asd İçin Atanan Kesit Listesi .....	64
4.1.2.3. Eurocode3 İçin Atanan Kesit Listesi .....	66
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>69</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>73</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>75</b>

## ÖZET

### ÇOK KATLI ÇELİK YAPILARIN İNTERAKTİF OLARAK EKONOMİK TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdurrahim TUĞRUL

DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2011

Günümüzde yapıların boyutlandırılmasında kullanılan yönetmeliklere temel teşkil eden iki farklı felsefe bulunmaktadır. Bunlardan ilki emniyet gerilmeleri yöntemi ikincisi ise taşıma gücü yöntemidir. Emniyet gerilmeli yöntemi çok eski yıllardan beri kullanılan bir yöntemdir. Taşıma gücü yöntemi ise gerek betonarme yapılarda, gerek ise de çelik yapılarda son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, boyutlandırmanın temel ilkeleri, yapı güvenliği kavramı açıklanmış, yönetmeliklerde kullanılan taşıma gücü yöntemi ve emniyet gerilmeleri yöntemi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Uygulamalarda ise süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerde oluşan 15 katlı bir yapının taşıyıcı elemanları; düşey ve deprem yükleri altında Eurocode3, AISC-ASD ve AISC-LRFD yönetmeliklerine göre ayrı ayrı boyutlandırılmıştır. Boyutlandırmada Sap2000 programı kullanılmıştır. Böylece, her üç yönetmelik kullanılarak yapılan çözümlerde, yapı elemanları interaktif olarak değiştirilerek daha ekonomik tasarımlar (daha hafif yapılar) araştırılmıştır. Ayrıca, her üç yönetmeliğe göre elde edilen çözümlerde kıyaslanmıştır. Buna göre en ekonomik çözümü AISC-LRFD yönetmeliğine göre yapılan tasarım vermiştir.

**Anahtar Sözcükler:**Eurocode3, ASD, LRFD, Emniyet gerilmeleri yöntemi, taşıma gücü yöntemi, ekonomik tasarım, çok katlı çelik yapılar.

## **ABSTRACT**

### **INTERACTIVELY ECONOMIC DESIGN OF MULTI-STOREY STEEL STRUCTURES**

**MSC THESIS**

**Abdurrahim TUĞRUL**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
UNIVERSITY OF DİCLE**

**2011**

There are two philosophies today which are bases for the designing of structures. The first one is allowable stress design method, and the second is limit states design method. Allowable stress design method has enjoyed a long history of usage. Limit states design method is commonly used in both reinforced concrete and steel structures recently.

In the scope of this study, basic principles of design and structural safety concept are explained and general information about allowable stress design and limit states design methods, which are used in the specifications, is given. In the applications, members of 15-storey building consists of high level ductile steel frames are sized separately according to the Eurocode3, AISC-ASD and AISC-LRFD specifications under the vertical and earthquake loads. Sap2000 software is used in the designs. Thus, by changing the structural members interactively more economical designs (lighter structures) are investigated using the three specifications. Moreover, the designs of the three specifications are compared. Accordingly, the most economic solution is obtained using AISC-LRFD specification.

**Keywords:** Eurocode3, ASD, LRFD, Allowable Stress Design, Limit States Design, Economic Design, Multi-storey Steel Structures.

## ÇİZELGE LİSTESİ

<b><u>Çizelge No</u></b>	<b><u>Sayfa No</u></b>
<b>Çizelge 3.1.</b> Düzeltme katsayısı 1 (E.C. 3Part 1.1)	18
<b>Çizelge 3.2.</b> Düzeltme katsayısı 2 (E.C. 3Part 1.1)	19
<b>Çizelge 3.3.</b> Düzeltme katsayısı 3 ( E.C. 3Part 1.1)	21
<b>Çizelge 3.4.</b> Basınç Elemanları İçin Genişlik Kalınlık Sınırlaması	23
<b>Çizelge 3.5.</b> Dayanım kapasite katsayıları	27
<b>Çizelge 3.6.</b> AISC-ASD89 yönetmeliğine göre profil eksenlerinin tanımı	39
<b>Çizelge 3.7.</b> (a) AISC-ASD97 yönetmeliğine göre kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları	40
<b>Çizelge 3.8.</b> UBC-ASD97 yönetmeliğine göre özel sismik şartlar uygulandığında kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları	43
<b>Çizelge 4.1.</b> LRFD için 1. atama kesitleri	57
<b>Çizelge 4.2.</b> LRFD için 2. atama kesitleri	58
<b>Çizelge 4.3.</b> LRFD için 3. atama kesitleri	59
<b>Çizelge 4.4.</b> LRFD için 4. atama kesitleri	60
<b>Çizelge 4.5.</b> LRFD için 5. atama kesitleri	61
<b>Çizelge 4.6.</b> LRFD için 6. atama kesitleri	62
<b>Çizelge 4.7.</b> ASD için 5. ve son atama kesitleri	64
<b>Çizelge 4.8.</b> Eurocode3 için 6. ve son atama kesitleri	66
<b>Çizelge 4.9.</b> Elde edilen ağırlıkların oranı	68

## TABLO LİSTESİ

### **Tablo No**

### **Sayfa No**

**Tablo 4.1**

Uygulama Parametreleri

55



## ŞEKİL LİSTESİ

<b><u>Şekil No</u></b>	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 3.1. Dayanım ve yük etkileri için normal dağılım idealizasyonu	12
Şekil 3.2. Yük ve dayanım farkı dağılımı grafiği	13
Şekil 3.3. Eğilme burkulması	30
Şekil 3.4. Kolonun burulma burkulması	32
Şekil 3.5. Burulma eğilme burkulması	32
Şekil 3.6. Çizelge 3.7.'deki en kesit büyüklükleri tanımları	42
Şekil 4.1. Sistemin üç boyutlu görünümü	52
Şekil 4.2. Sistemin kat planı	53
Şekil 4.3. Sistemin önden görünüşü	53
Şekil 4.4. 6. Atama tasarımı sonucu sistemin durumu	63
Şekil 4.5. 5. Atama tasarımı sonucu sistemin durumu	65
Şekil 4.6. 6. Atama tasarımı sonucu sistemin durumu	67
Şekil 4.7. Tasarım sonuçları	68

## SEMBOL LİSTESİ

$A$	: Kesit alanı
$A_e$	: Narin kesitler için etkili kesit alanı
$A_f$	: Başlık alanı
$A_g$	: Brüt kesit alanı
$A_{v22}, A_{v33}$	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki kayma alanları
$A_w$	: Gövde kayma alanı,
AISC	: America İnstitute Of Steel Construction
ASD	: Allowable Strees Design
$B_1$	: Yanal ötelemeye yol açmayan momentler için moment çarpanı
$B_2$	: Yanal ötelemeye yol açan momentler için moment arttırma çarpanı
$C_b$	: Eğilme katsayısı
$C_m$	: Moment katsayısı
$C_w$	: Çarpılma sabiti
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
$E$	: Elastisite modülü
$EI_z$	: Eğilme rijitliği
$F_a$	: Müsaade edilebilir aksenal gerilme
$F_b$	: Müsaade edilebilir eğilme gerilmesi
$F_{b33}, F_{b22}$	: Kuvvetli ve zayıf yönde müsaade edilebilir eğilme gerilmeleri
$F_{cr}$	: Kritik basınç gerilmesi
$G$	: Kayma modülü
$F_v$	: Müsaade edilebilir kayma gerilmesi
$F_y$	: Malzemenin akma gerilmesi
$K$	: Etkili boy çarpanı
$K_{33}, K_{22}$	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki etkili boy $K$ çarpanları
$J$	: Kesit için burulma sabiti
$L_b$	: Elemanın yanal mesnetlenmemiş boyu
$L_p$	: Tüm plastik kapasite için sınırlayıcı yanal mesnetlenmemiş boy
$L_r$	: Elastik olmayan yanal burulmalı burkulma için sınırlayıcı yanal mesnetlenmemiş boy
$M_{cr}$	: Elastik burkulma momenti
$M_{lt}$	: Yanal ötelemeye yol açan çarpanlarla arttırılmış momentler

$M_{nt}$	: Yanal ötelemeye yol açmayan çarpanlarla arttırılmış momentler
$M_{n33}, M_{n22}$	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki nominal eğilme dayanımı
$M_{ob}$	: Köşebent kesitler için Yanal-burulma momenti
$M_{r33}, M_{r22}$	: Kuvvetli ve zayıf yönlerdeki sınırlayıcı burkulma momentleri
$M_u$	: Elemandaki çarpanlarla arttırılmış moment
$M_{u33}, M_{u22}$	: Elemandaki çarpanlarla arttırılmış kuvvetli ve zayıf momentler
$M_{33}, M_{22}$	: Elemandaki kuvvetli ve zayıf yönlerde eğilme momentleri
$M_{ob}$	: Köşebent kesitler için yatay torsiyon momenti
$P$	: Elemandaki aksenal kuvvet
TUSCA	: Türkiye Yapısal Çelik Derneği
UBC	: Uniforme Building Code
$W$	: Mukavemet momenti
$\chi$	: Burkulma azaltma katsayısı



## **1. GİRİŞ**

Ülkemizde çelik yapıların önündeki en büyük engellerden biri; standart ve teknik şartname gereksiniminin yeterince karşılanmaması olmuştur. Tasarım konusunda bu sorun kısmen giderilmiş olsa da imalat ve uygulama safhasında standartlar ve teknik şartnameler yetersiz kalmaktadır. Bu nedenlerle genelde diğer ülkelerin şartnamelerinden yararlanılmaktadır. Günümüzde yapı sistemlerinin tasarlanmasında birçok ülkenin kendine özgü yönetmelikleri bulunmaktadır. Bu çalışmada çeşitli standartlar dikkate alınarak tasarlanacak çok katlı bir çelik yapının interaktif olarak en ekonomik çözümü irdelenmeye çalışılacaktır. Yapılan bu çalışmada analiz ve tasarım programı olarak SAP2000 Advanced V14.0.0 (2009) kullanılacaktır.

Ülkemizde çeliğin kullanımı, demir yolu köprüleri, cebri borular, baraj kapakları, silolar ve endüstriyel yapılarla sınırlı kalmıştır. Çelik yapı yerine betonarme yapıların kullanılmasına gerekçe olarak çelik yapı maliyetinin daha fazla olması gösterilmektedir. Ancak; çelik çerçeveli yapıların %50'ye ulaşan hafiflikleri, azalan deprem yükleri ile birlikte taşıyıcı sistem ve temel boyutlarının da küçülmesi sağlandığından bu gerekçenin çok da haklı bir gerekçe olmadığı görülmektedir. Gelişmiş ülkelerde çelik yapı daha çok tercih edilen yapılardır (Akbaş, 2003).

Birçok ülkede yapılan statik çözümlerlerde farklı standartlar kullanılmaktadır. Ülkemizde kullanılan çelik standartları; T.S 648 (1980), T.S. 4561 (1985) ve DBYBHY (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007)'dir. Avrupa ülkelerinde kullanılan Eurocode 3 (1993) ve Amerika'da kullanılan AISC 360-05 (2005) standartlarıdır.

T.S. 4561(1985), çelik yapıların plastik teoriye göre hesap yöntemlerini kapsar. Plastik teoriye göre hesap, elastoplastik malzemedeki yapılmış elemanları olan taşıyıcı sistemlerin projelendirilmesinde taşıma sınır durumu kıstas alınarak uygulanan kesit boyutlandırma metodudur. Bu standart; değişken yüklerin etkisinde olmayan yapıların düğüm noktalarının sistem düzlemi dışındaki yer değiştirmeleri önlenmiş sistemlerin ve aynı düzlemdeki çelik çubuklardan oluşan bir ve iki katlı düzlem sistem ya da düzlem sistem elemanlarının plastik teoriye göre hesap kurallarını kapsar. Bu standart uluslararası standartlar ve ekonomik ilişkilerimiz bulunan yabancı ülkelerin standartlarındaki esaslar göz önünde bulundurularak, yarar görülen hallerde, olabilen

yakınlık ve benzerlikler sağlanarak ve esasların ülkemiz şartları ile bağdaştırılarak oluşturulmuştur. Bu standart Ekim 1985 yılında TÜRK STANDARTLARI ENSTİTÜSÜ tarafından yayınlanmıştır.

Eurocode; 1975 yılında Avrupa Komitesi tarafından eylem programı dâhilinde yapılmaya karar verilmiştir. Eurocode 3 çelik için inşaat mühendisliği çalışmalarını ve yapı dizaynı kurallarını kapsar. Bu standardın oluşturulmasında, İngiliz standartları esas alınmıştır. Avrupa Birliği'ne üye birçok ülkede bu standart geçerlidir.

ANSI/AISC 360-05(2005); Amerikan Çelik Yapılar Enstitüsü'nün çelik için malzeme ve yapı uygulama kural ve sınırlarını gösteren standardıdır. Bu standart, genel koşullar, tasarım koşulları, stabilite analizi ve tasarımı, çekmeye maruz elemanların tasarımı, basınca maruz elemanların tasarımı, eğilmeye maruz elemanların tasarımı, kaymaya maruz elemanların tasarımı, kombine yükler ve burulma etkisi altındaki elemanların tasarımı, kompozit elemanların tasarımı, bağlantı elemanlarının tasarımı, titreşim ve kalite kontrol bölümlerinden oluşmaktadır. AISC; standardı iki başlık altında toplanmıştır. Bunlar LRFD(2005); (Load and Resistance Factor Design) Yük ve Dayanım Çarpanları Tasarımı (yapıya yüklenen yükler, arttırılmış yüklerden küçük olmalı) ve ASD(2005), (Allowable Stress Design) Güvenlik Gerilmeleriyle Tasarımdır.

Bu çalışmada incelenecek olan çok katlı yapının ekonomik çözümü araştırılırken bu standartlardan yararlanılıp SAP2000 Advanced V14.0.0(2009) programı yardımı ile en ekonomik çözümü irdelenecektir.

## **2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Son zamanlarda çelik yapılara olan talep doğrultusunda önem ve çalışmalarda artış göstermiştir. 2000 yılı ile 2011 yılları arasında TMMOB bünyesinde toplam 5 demir çelik kongresi ve 3 Ulusal Çelik yapılar sempozyumu düzenlemiştir, dördüncüsü ise 2011 yılı Ekim ayında düzenlenecektir. Türkiye Yapısal Çelik Derneği (TUSCA) çelik yapılarla ilgili ulusal ve uluslararası gelişmeler ve çalışmaları konu edinen aylık bültenler yayınlamakla beraber, teknik yayınlar çıkarılmaktadır. Üniversitelerimizde çelik yapılar ile ilgili yapılmış olan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bir kısmı aşağıda verilmiştir.

Arat (1999), tarafından yapılan çalışmada, uzay kafes sistemlerin statik hesabı üzerine genel bir çalışma ve uzay kafes sistemlerde günümüzde kullanılan teknik detaylar ve bunların sonucunda düzlem kafes sistemlerle ekonomi ve zaman açısından bir karşılaştırma yapılmış ve bunun sonucunda da büyük açıklıkların aşılmasında uzay sistemlerin daha ekonomik olduğu belirtilmiştir.

Gündüz (2002), tarafından yapılan çalışmada, mesnetleme şartları çubuk boyları ve yüklemeler özdeş tutulmaya çalışılarak iki doğrultulu dik (B1), iki doğrultulu eğik (B2) ve çapraz iki doğrultulu sistemler; otuz metre, kırk iki metre ve altmış metre açıklıklar için SAP2000 programı kullanılarak parametrik yaklaşımla analiz edilmiştir. Hangi sistemin hangi açıklıklarda daha ekonomik sonuçlar verdiği araştırılmıştır.

Keleşoğlu (2002), bulanık kümeler kullanılarak lineer olmayan uzay kafes sistemlerin çok amaçlı optimizasyonu yapılmıştır. Kafes sistemlerin analizinde ANSYS paket programı kullanılmıştır. Çok amaçlı bulanık optimizasyon tekniğinin algoritması ANSYS parametrik boyutlandırma dili ile yazılmıştır. Geliştirilen algoritmanın uygulanabilirliği, Rao'nun (1992) makalesindeki üç çubuklu düzlem kafes sistemin çözümü ile gösterilmiştir. Boyutlandırma probleminin formülasyonunun da amaç fonksiyonu olarak minimum ağırlık ve minimum deplasmanlar göz önüne alınmıştır.

Kocabaş (2005), Tek ve çok açıklıklı endüstri yapıları ile çok katlı çelik yapıların analizi, tasarımı, kesit ve birleşim hesapları ayrıntılı olarak yapmış ve uygulama projeleri oluşturmuştur. Tasarım için çeşitli yöntemler denemiş ve uygun kesitler elde etmeyi amaçlamıştır. Üst yapı statik hesabın yapılmasında SAP2000, yapı

## ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

---

temel statik hesaplarında İdeCAD, çizimlerin hazırlanmasında AutoCAD programlarından yararlanmıştır.

Güner (2007), Çok katlı çelik yapıların deprem performansının belirlenmesi ve doğrusal olmayan davranışın incelenmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Çok katlı çelik yapıları temsil etmek üzere iş merkezi olarak kullanılması düşünülen örnek bir yapının, taşıyıcı sistem modeli üzerinde farklı parametreler dikkate alarak ülkemizdeki yönetmelik ve standartlara göre boyutlandırılmış; taşıyıcı sistemlerin deprem performansları ve deprem etkileri altındaki doğrusal olmayan davranışlarını ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Şirikçi (2006), Çelik taşıyıcılı bir sisteminin elastik ve plastik hesap yöntemlerine göre analizlerini yapıp karşılaştırmıştır. Ayrıca aynı sistemi betonarme olarak da modelleyip maliyet karşılaştırmaları yapmıştır. Farklı karkas sistemlerin ekonomik analizlerini yapmak amacıyla Kahramanmaraş'ta yapılmakta olan bodrum+zemin kat+ asma kat+9 normal kat+ çatı kattan oluşan konut+ işyeri olarak yapılan 18m ye 21 metre boylarında 40.7 metre yüksekliğindeki bina incelenmiştir. Binanın; Betonarme karkas, Elastik Dizayn Çelik karkas ve Plastik Dizayn Çelik karkas maliyetleri karşılaştırılmıştır.

Çağatay (2006), İstanbul da bulunan ve betonarme olarak inşa edilmiş olan Metrocity binasını, süneklik düzeyi yüksek dış merkez güçlendirilmiş çerçevesel çelik yapı olarak tasarlamıştır. Yaptığı tasarım sonucu yapının yapım süresi, maliyet ve yatırımın geri dönüşü bakımından incelemiş ve çelik yapının betonarmeye oranla daha avantajlı olduğunu gösteren bir çalışma yapmıştır.

Ateş (2006), Çelik yapıların analiz ve tasarım kurallarını 1997 ve 2006 deprem yönetmeliklerini karşılaştırarak irdelenmiştir. 8 Katlı bir çelik yapının her iki yönetmeliğe göre deprem yükleri etkisi altındaki davranışını incelemiştir. Analizler SAP 2000 programı ile yapılmıştır.

Şen (2006), Çelik yapıların performansa dayalı tasarım yöntemleri üzerinde durmuş, kapasite spektrum metodu ve deplasman katsayıları metodunu kullanarak performans değerlendirilmesi yapmıştır. Bu çalışma sonucunda geliştirilmekte olan performansa dayalı tasarım analiz metodlarının 'kapasite spektrum metodu' ve



‘deplasman katsayıları metodu’ kendi aralarında tutarlı sonuçlar vermediği değerlendirilmiştir.

Çileli (2008), 20 katlı merkezi ve dışmerkezi çapraz düzenleri ile tasarladığı yapıları çözümlenerek tasarım koşulları ve süneklik düzeylerini karşılaştırmıştır. Bu çalışmada çözümlenmesi yapılan yedi adet farklı çapraz düzenli yapı içinde en uygun sistemin, dışmerkez Ters V çaprazlı sistem olduğu tespiti yapılmıştır.

Aslangiray (2008), Çelik yapılar için kullanılan en önemli uluslararası standartlar ve ülkemizde kullanılan standartlar arasında karşılaştırmalar yapmış, örnek yapı üzerinde çözüm yaparak sonuçları irdelemiştir.

Bulut (2008), Çaprazlı çok katlı çelik yapıların doğrusal olmayan davranışını Eurocode 1,3,4 ve 8 yönetmeliklerine göre incelemiş, dizayn ve süneklik düzeylerini karşılaştırmıştır. Eurocode yönetmeliklerine göre 11 katlı çelik ofis binasının Merkezi ters V, Merkezi X, Dış merkez V, Dış merkez ters V ve Moment çerçevesi sistemi dikkate alınarak doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri ayrı ayrı yapılarak her bir sistemin süneklik durumları araştırılmıştır.

Aydinoğlu ve ark. (2009), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik açıklamalar ve örnekler kitabını Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı adına hazırlamışlardır.

Bu tez çalışmasında ise çok katlı çelik bir yapının farklı yönetmeliklere göre ekonomik tasarımı yapılarak hem yönetmelikler karşılaştırılacak, hem de en ekonomik (en hafif) çözümün hangi yönetmeliğe göre elde edileceği irdelenecektir. Sayısal uygulamada 15 katlı çerçeve sisteme sahip bir çelik yapı tasarlanıp; ASD, LRFD ve Eurocode3’e göre ayrı ayrı tasarımı yapıldıktan sonra en hafif çözümün hangi yönetmeliğe göre elde edileceği irdelenecektir.



### **3. MATERYAL VE METOT**

#### **3.1. Boyutlandırmanın Temel İlkeleri**

Hâlihazırda yapıların boyutlandırılmasında kullanılan iki temel ilke vardır. Bunlardan ilki emniyet faktörü ilkesi, ikincisi ise yük ve mukavemet faktörü ilkesidir (Deren ve ark. 2002).

Bunlardan ilki, yani emniyet faktörü ilkesi son yüzyıl süresince belli başlı boyutlandırma ilkesi olarak kullanılmıştır. Son yirmi yıl içinde ise boyutlandırmada yavaş yavaş daha rasyonel ve olasılık teorisine dayalı bir ilke olan taşıma gücü yöntemi de kullanılmaya başlanmıştır. Yapıların ve onların yük taşıyıcı elemanlarının hizmet süresi içinde kendilerinden beklenen fonksiyonu gösterebilmeleri için yeterli mukavemet ve rijitliğe sahip olmaları gerekir. Boyutlandırma sırasında yapılara servis yüklerini taşıyabilmeleri için gerekenin üstünde bir miktar rezerv mukavemet sağlanmalıdır. Yani yapı ve elemanları aşırı yüklemelere karşı yeterli dayanıma sahip olmalıdır (Deren ve ark., 2002).

Bir yapıda aranan en önemli özellik, yapının öngörülen yüklerin olası en elverişsiz etkime durumunda geçmeden ayakta kalabilmesi ve kullanım (servis) yükleri altında yapı elemanlarında aşırı deformasyon, çatlama ve titreşim oluşmamasıdır (Ersoy, 2001).

Aşırı yükleme hali, bir yapının boyutlandırıldığı amaç dışında kullanılmasından, örneğin mesken olarak boyutlandırılmış bir yapının ofis olarak kullanılmasından, yapının dış yükler altındaki analizinde yapılan aşırı basitleştirilmelerden veya inşa yöntemlerinde boyutlandırma sırasında göz önüne alınanlardan farklılıklar göstermesi sonucu oluşabilir. Bütün bunlara ilaveten, inşa edilen yapının boyutlandırmada öngörülen seviyeden daha düşük seviyede mukavemete sahip olma ihtimalide mevcuttur (Deren ve ark. 2002).

Yapısal elemanların boyutlarında ve malzeme kalitelerinde oluşabilecek sapmalar, eleman mukavemetlerinin hesaplanandan daha düşük olmasına sebep olabilir. Yapım sırasında oluşabilecek boyut sapmaları imalat toleransları içinde kalması koşulunda bile yapı mukavemetini düşürebilir.

#### **3.1.2. Yapı Güvenliği Kavramı**

Yapı güvenliğinin temel amacı, dayanımın en az yük etkisine eşit veya ondan daha büyük olmasını sağlamaktır. Burada “dayanım” ve “yük etkisi” terimleri en genel anlamda kullanılmıştır. Dayanım, bir elemanın moment, kesme ve burulma kapasitesi olabileceği gibi, yer değiştirmeler sınırlamasını belirleyen bir değer de olabilir. Yük etkisi terimi de, elemana etkileyen moment, kesme kuvveti, burulma momenti gibi zorlamalar olabileceği gibi, bu zorlamalar altında oluşan deformasyon da olabilir (Ersoy 2001).

En genel haliyle dayanım  $R$  ve yük etkisi de  $F$  ile gösterilirse, yapı güvenliği aşağıdaki denklemdeki gibi ifade edilebilir;

$$R \geq F \quad (3.1)$$

Denklem (3.1)'de dayanım ( $R$ ) ve yük etkisi ( $F$ ) deterministik değişkenler olsaydı, bu denklemle yapı güvenliği kolay ve doğru bir şekilde belirlenebilirdi. Son 40 yılda dayanım ve yük etkileri üzerine yapılan yoğun araştırmalar, her iki etkinin de “rastgele” olaylar olduğunu ve büyük değişim gösterdiklerini kanıtlamıştır. Yapıya etkileyen yük etkilerinin sabit olmayıp zaman içinde büyük değişim gösterdiği, 20.yüzyılın başından beri biliniyordu (Ersoy, 2001). Ancak, yük türlerinin çok büyük bir çoğunluğu için yeterli istatistiksel veri olmadığından, yük yönetmeliklerinde geçmiş deneyim ve sınırlı gözlemlere dayanan, genellikle fazla güvenli yönde değerler verilmiştir. Son 40 yılda yüklerin daha gerçekçi olarak saptanmasına yönelik araştırmalar sonunda yapılara etkileyen yükler için yeterli istatistiksel veri toplanmasını sağlamıştır. Bu araştırmalar sonunda yapılara etkileyen yükler için tek bir değer önermenin olanaksız olduğu, bunların dağılımlarından edilen ortalama değerlerin, genellikle bugün yönetmeliklerde elde edilen değerlerden daha düşük olduğu gözlenmiştir. Ancak, uzun bir gözlem süresi sonunda elde edilen değerlerden bazılarının da, öngörülen yönetmelik değerlerini aştığı görülmüştür. Bugün birçok yük türleri için elimizde istatistiksel değerlendirmeler için yeterli sayılabacak veriler olmasına karşın, bazı yük türleri için yeterli veri yoktur ve yakın bir gelecekte de olması beklenmemektedir. Yeterli veri olmayan yükler için, deprem etkisi örnek olarak gösterilebilir. Yeterli veri birikimi deprem sayısına bağlı olduğundan, istenilen düzeye ulaşmak yıllar alacaktır (Ersoy, 2001). Yapının gerçek dayanımının saptanabilmesi için yoğun çalışmalar yapılmış olup, bu konuda oldukça yeterli bilgi, veri toplanabilmiştir. Bu verilerin

değerlendirilmesi sonucu yapı ve yapı elemanlarındaki gerçek dayanımın, tasarımda öngörülenden çok farklı olabileceği ve dayanımın yapıdan yapıya elemandan elemana değişebileceği görülmüştür. Gerçek dayanımın ve yük etkilerinin hesaplananlardan değişik olmasına sebep olan bazı etkenler aşağıdaki gibi sayılabilir:

-Yapı malzeme dayanımları hesaplarda öngörülenlerden düşük olabilir. Örneğin çelik akma dayanımları yönetmeliklerde öngörülenlerden % 5-10 oranında değişik olabilir.

-Eleman boyutlarında üretim ve montaj sırasında boyutlarda, dayanım hesabına esas kesite göre farklılıklar olabilir.

-Yapı malzemeleri dayanımları zamanla değişebilmektedir. Örneğin durabilite koşullarının sağlanamaması ve yorulmayla birlikte malzeme dayanımları düşmektedir.

-Yapılar için mesnet koşullarını doğru olarak belirlemek olanaksızdır.

-Günümüzde yapı dayanımını etkileyen bütün faktörler bilinmemektedir.

Bilinmeyen faktörlerin varlığı, hesaplanan dayanımın yaklaşık olmasına sebep olmaktadır.

### **3.1.3. Emniyet Faktörü İlkesi**

Emniyet gerilmeleri yapısal güvenlik koşulu ifadesi en basit güvenlik koşulu ifadesini sağlayacak şekilde aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\frac{R_n}{\gamma/\phi} = \sum F_i \quad (3.2)$$

(3.2) denkleminde  $\gamma/\phi$  emniyet faktörüdür. Bu emniyet faktörü ilkesi bir kiriş için ele alınır, sol tarafta emniyet faktörü ile bölünmüş nominal kiriş eğilme momenti kapasitesi, sağ tarafta ise elemana etkileyen dış yüklerden dolayı eğilme momenti yer alacaktır. Burada  $R_n$ : nominal kiriş eğilme momenti kapasitesi,  $F_i$ : dış yüklerden dolayı etkileyen eğilme momenti etkisidir (Deren ve ark. 2008).

$$\frac{M_n}{(\text{Emniyet Faktörü})} \geq M \quad (3.3)$$

(3.3) denklemini düzenlenip, denklemin her iki yanını kesitin  $W$  mukavemet momentine bölünür ise ve  $M_n$  momenti yerine kesitin mukavemet momenti ile akma gerilmesi çarpımı ( $W \times \sigma_F$ ) konursa denklem (3.3) aşağıdaki şekli alır;

$$\frac{W \times \sigma_F}{W \times v_F} \geq \left[ \sigma = \frac{M}{W} \right] \quad (3.4)$$

(3.4) ifadesinde, ifadenin sol tarafı emniyet gerilmesi  $\sigma_{em}$  olarak, ifadenin sağ tarafı ise  $\sigma$  kiriş üzerinde çalışan gerilme olarak değerlendirilerek, bu hal için yapısal güvenlik koşulu aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\sigma_{em} \geq \sigma \quad (3.5)$$

Emniyet Faktörü ilkesinde, yapısal güvenlik koşullarında kullanılan Emniyet Faktörü, olasılık teorisine dayalı yöntemlerle bulunmamıştır. AISC (American Institute of Steel Construction), DIN (Deutsches Institut Für Norme) standartları veya benzer yaygın standartlarca yıllardır benimsenmiş olan emniyet faktörü değerleri, mühendislik deneyimleri ile saptanmıştır. Emniyet Faktörü değeri şu şekilde elde edilebilir; gerçek yükün boyutlandırmada göz önüne alınmış olan dış yükü  $\Delta Q$  kadar aştığını, boyutlandırmada hesaba katılan yapı mukavemetinin, gerçekte gerçekleştirilmiş olan yapı mukavemetinden  $\Delta R_n$  kadar küçük olduğunu kabul edelim. Bu durumda yapı güvenliğine alt sınır durum aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$R_n - \Delta R_n = Q + \Delta Q \quad (3.6)$$

Denklemi düzenlenir, denklemin sol tarafı  $R_n$ , denklemin sağ tarafı ise  $Q$  parantezine alınır ise;

$$R_n(1 - \Delta R_n / R_n) = Q(1 + \Delta Q / Q) \quad (3.7)$$

(3.7) nolu denklem elde edilmiş olur. (3.7) nolu denklem düzenlenir ise;

$$\frac{R_n}{Q} = \frac{1 + \Delta Q / Q}{1 - \Delta R_n / R_n} \quad (3.8)$$

(3.8) nolu denklem elde edilir. (3.8) nolu denklemde yapı dayanımının  $R_n$  dış yüke oranı  $Q$  emniyet faktörü,  $v_F$  olarak ifade edilir. (3.8) nolu denklemde  $v_F$  yazılır ise, emniyet faktörü değeri  $v_F$  aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$v_F = \frac{1 + \Delta Q / Q}{1 - \Delta R_n / R_n}$$

(3.9) Bu ifade incelenirse, emniyet faktörüne aşırı yükleme ve mukavemet değerindeki azalmanın etkisi değerlendirilebilir. Eğer aşırı yükleme nominal dış yük değerini %40 fazlası olarak yani  $\Delta Q / Q = 0.40$ , mukavemet değerindeki azalma nominal değerini %18'i olarak kabul edilirse, emniyet faktörü değeri (3.9) nolu denklem kullanılarak;

$$v_F = \frac{1+0.4}{1-0.18} = 1.71 \text{ olarak elde edilir.}$$

Bu değer, Alman (DIN) şartnamelerinde 1.Yükleme Hali için kullanılan emniyet faktörü değeridir. Ancak görüldüğü gibi, göçmeye karşı gerçek güvenliği göstermemektedir.

### **3.1.4. Taşıma Gücü İlkesi**

Son 20 yıl içinde kullanılmaya başlanan daha rasyonel ve olasılık teorisine dayalı bir yöntem olan taşıma gücü ilkesinde yapı güvenliği tam olarak sağlanmaktadır. Avrupa çelik dizayn yönetmeliği Eurocode3'te ve Amerikan yönetmeliği Yük ve Dayanım Çarpanı Tasarım'ı yönteminde (LFRD'de) taşıma gücü ilkeleri kullanılmaktadır (Ar 2009).

Farklı yük tiplerinin, farklı oluşma olasılıkları ve farklı derecede değişkenlikleri vardır. Yüklerin beklenen şiddetin üstünde oluşma şekillerinin ve olasılıklarının da farklı olduğu düşünülmelidir. Bu sebepten ötürü farklı yükler için farklı yük kombinasyonları kullanılmalıdır.

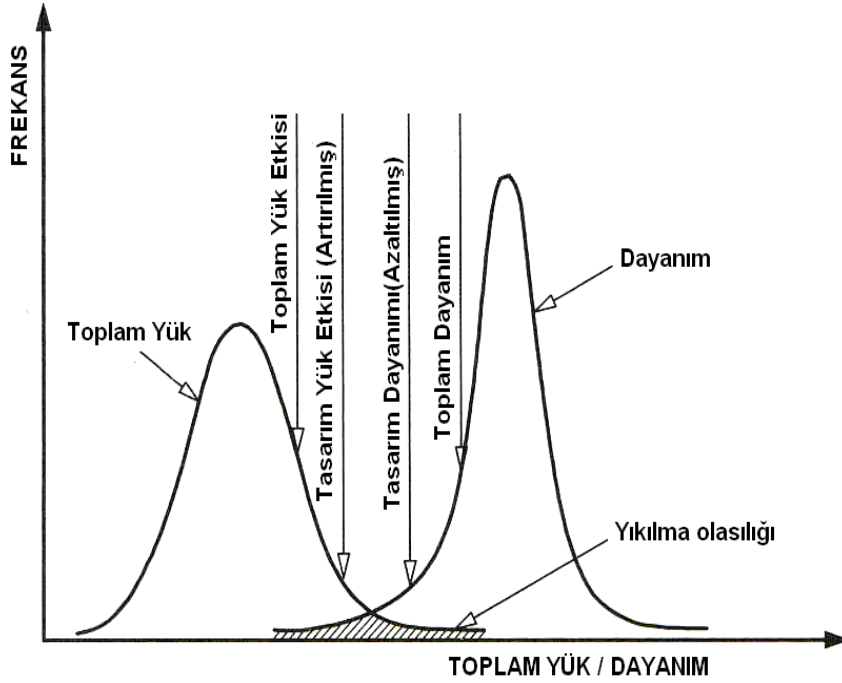
Taşıma gücü ilkesine göre tasarımda, yapıya uygulanan yükün yapının dayanımını aşmaması sağlanmalıdır. Tasarım yükü bir moment, burulma momenti, aksel kuvvet veya kesme kuvveti değerleri, karakteristik yük değerlerinin  $F_k$  aynı tip yüklerin toplam etkisi şeklinde, kısmi yük katsayıları  $\gamma_{G,Q}$  ile artırılarak yüklerin değişkenlikleri ve yapısal davranış hesaba katılarak hesaplanabilir. Tasarıma esas dayanım  $R_k/\gamma_M$  değeri ise karakteristik dayanım  $R_k$ 'nın kısmi katsayı  $\gamma_M$  değerine bölünmesi ile dayanımdaki değişkenlik hesaba katılarak hesaplanabilir. Öyleyse temel yapı güvenliği ifadesi en basit şekliyle denklem (3.10) ile ifade edilebilir;

$$\Sigma \gamma_{G,Q} \times (\text{etkiyen karakteristik yükler} \leq \text{karakteristik dayanım } \gamma_M) \quad (3.10)$$

(3.10) nolu denklem incelendiğinde, denklem belirli bir ifade olsa da yük ve malzeme katsayıları genellikle olasılık modellerden yararlanılarak, yüklerin ve malzeme karakteristiklerinin istatistik değerleri göz önüne alınarak belirlenir. Günümüzde, dayanımla ve yüklerin belirlenmesiyle ilgili yeterince deneysel ve teorik çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu yeterince veri bilgisine ulaşılmıştır. Bu verilerin değerlendirilmesi sonucunda dayanımda ve bazı yük çeşitlerinin şiddetlerinde gözlenen değişimlerin, yaklaşık olarak normal dağılımla ifade edilebileceği anlaşılmıştır. Bu

arada bazı yüklerin ise dağılım eğrilerinin normal dağılıma uymadığı gözlenmiştir. ”Yük” ve “Dayanım” parametreleri keyfi değişkenler olarak kabul edilip şekil 3.1.’deki gibi normal dağılım idealizasyonu yapılabilir (Ar 2009).

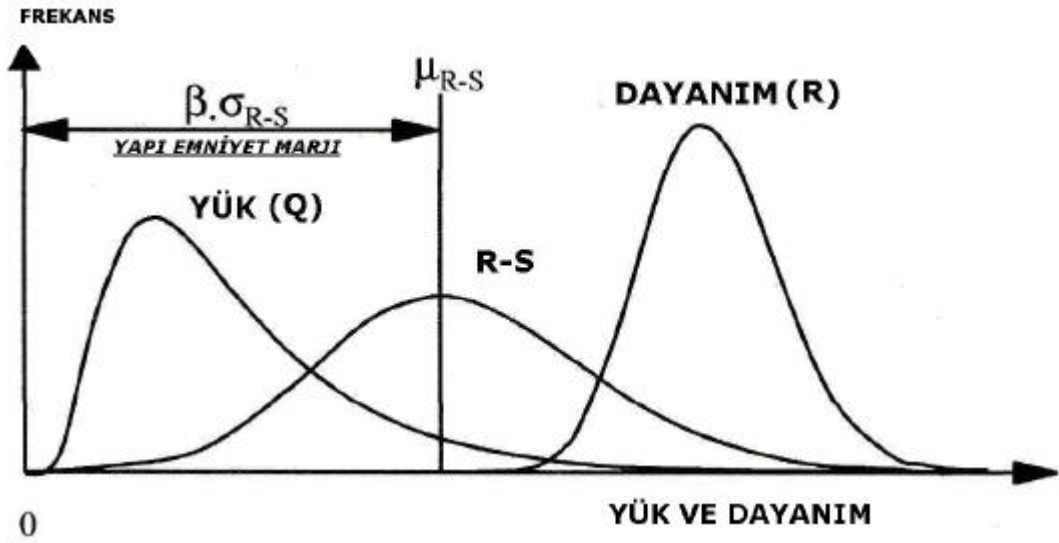
Şekil 3.1. incelendiğinde R yapı direnci, S dış yükünden büyük olursa bir emniyet marjından söz edilebilecektir. R yapının direnci, S dış yükünü büyük oranda aşmadıkça, R’nin S’den küçük olma ihtimali her zaman vardır. Taralı bölüm yıkılma olasılığını göstermekte olup, R fonksiyonunun S fonksiyonundan küçük olduğu durumları göstermektedir. Normal dağılım idealizasyonları R/S veya R-S fonksiyonları şeklinde incelenebilir, böylece yıkılma olasılıkları ve yapı güvenlik marjları izlenebilir.



Şekil 3.1. Dayanım ve yük etkileri için normal dağılım idealizasyonu

Şekil 3.2. R-S fonksiyonlarının güvenlik marjlarını izlemek için kullanılabilir. Şekil 3.2. incelendiğinde düşey frekans çizgisi ve R-S fonksiyonunun ortalama değeri arasında kalan mesafe, R-S fonksiyonunun standart sapması  $\sigma_{R-S}$  ile  $\beta$ 'nin çarpımı olarak ifade edilir. Burada  $\beta$  güvenlik indisi olarak isimlendirilir. Güvenlik indisi  $\beta$  büyüdükçe yapının güvenlik marjında artar.





Şekil 3.2. Yük ve Dayanım Farkı Dağılımı Grafiği

### 3.1.5. Tasarım Kuralları

Çelik yapı taşıyıcı sistemlerinde esas olarak dört tip taşıyıcı eleman vardır. Bular;

a) Çekme çubukları; Boylama doğrultuda çekme kuvveti taşıyan çubuklara denir.

b) Basınç çubukları; Boylama doğrultuda basınç kuvveti taşıyan çubuklara denir.

Bu çubuklarda (burkulma, yanal burkulma ve buruşma hesapları da ayrıca yapılır)

c) Kirişler

d) Kafes kirişler; Çekme ve basınç çubuklarından oluşan taşıyıcı sistemlere denir.

Olarak sıralanabilir (Deren ve ark. 2008).

Tasarım kuralları aynı mantıkta olmalarına rağmen değişik yönetmeliklerde emniyet kat sayıları ve güvenli tarafta kalma durumuna göre kat sayılar değişiklik gösterir ve sonunda farklı sonuçlar elde edilir.

Bu tezin sayısal örneğinde ASD, LRFD, Eurocode3, yönetmelikleri baz alınarak çözüm yapıldığından bu yönetmelikler incelenecektir. Bu yönetmeliklerin formülleri Çelik Yapı Boyutlama Kılavuzu kitabından elde edilmiştir.

## 3.2. Eurocode3 Yönetmeliğinin Esasları

### 3.2.1. Nihai Limit Haller

Eurocode3 standardında kesitlerin sınıflarına göre dış etkenlere gösterebileceği limit dayanımlar bu bölümde sunulacaktır.

#### 3.2.1.1. Kesit Kapasiteleri

Bu bölümde kesitlerin taşıma gücü açısından farklı dış yüklerin etkisi altında göstermeleri gereken mukavemetin sınır şartları ve bu şartlara bağlı gerekli formüller sunulmuştur.

Eurocode'da en kesitler 4 sınıfa ayrılır (Kuyucak 1999).

Bu kesitler;

1. Sınıf en kesitler: plastik analiz için istenen dönme kapasiteleri ile birlikte plastik mafsallı oluşturabilen en kesitlerdir.

2. Sınıf en kesitler: plastik moment mukavemetlerini geliştirebilen ama sınırlandırılmış dönme kapasitesine sahip en kesitlerdir.

3. Sınıf en kesitler: çelik elemanın en dış basınç lifinde hesaplanan gerilmesi akma dayanımına erişebilen en kesitlerdir ama bölgesel burkulması plastik moment dayanımının gelişmesini önlemektedir.

4. Sınıf en kesitler: bölgesel burkulması, akma gerilmesine kesitin bir ya da daha fazla bölümünde ulaşmadan önce ortaya çıkan en kesitlerdir.

#### 3.2.1.2. Çekme Durumu

Tasarım çekme gerilmesi  $N_{Ed}$ 'nin, dizayn çekme dayanım gerilmesine ( $N_{t,Rd}$ ) oranı 1'den küçük olmalıdır;

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.11)$$

Kutu kesitlerde dizayn çekme dayanımı  $N_{t,Rd}$  aşağıda verilen eşitlikleri sağlamalıdır.

Brüt alanın tasarım plastik dayanımı için;

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{MO}} \quad (3.12)$$

Kutu kesitlerde net kesit alanı için tasarım sınır dayanımı için;

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \quad (3.13)$$

### 3.2.1.3. Basınç Durumu

Tasarım basınç gerilmesi  $N_{Ed}$  aşağıda verilen eşitliği sağlamalıdır.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.14)$$

Üniform basınç kuvveti için tasarım basınç dayanımı  $N_{c,Rd}$  aşağıda verilen eşitliği sağlamalıdır.

1,2 ve 3. Sınıf kesitler için;

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{MO}} \quad (3.15)$$

4. sınıf kesitleri için;

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{MO}} \quad (3.16)$$

$N_{ed}$  = Dizayn çekme gerilmesi

$N_{t,Rd}$  = Dizayn çekme dayanım gerilmesi

$N_{pl,Rd}$  = Brüt Kesitin normal kuvvetler etkisi altında dizayn plastik dayanım kuvveti

$N_{u,Rd}$  = İçi boş elemanlarda net kesitin normal gerilmeler altındaki nihai dizayn dayanımı

A = Kesit alanı

$A_{net}$  = Net kesit alanı

$A_{eff}$  = Etkin kesit alanı

$f_y$  = Akama gerilmesi

### 3.2.1.4. Eğilme Momenti

Eğilme momenti, kesit dayanım eğilme momentinden küçük olmalıdır;

$$\frac{M_{ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.17)$$

$M_{c,Rd}$  = Kesit dayanım eğilme momenti

$M_{ed}$ = Eğilme momenti

Kesit sınıflarına göre Kesit Dayanım Eğilme Momentinin bulunması;

1.ve 2. Sınıf kesitler için dayanım eğilme momentleri;

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl}f_y}{\gamma_{MO}} \quad (3.18)$$

3.sınıf kesitler için dayanım eğilme momenti;

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min}f_y}{\gamma_{MO}} \quad (3.19)$$

4.sınıf kesitler için dayanım eğilme momenti;

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el,min}f_y}{\gamma_{MO}} \quad (3.20)$$

$W_{pl}$ = Plastik kesit modülü

$W_{el,min}$ =Minimum elastik kesit modülü

$\gamma_{MO}$ =Kesit kısmi faktörü

### 3.2.1.5. Eğilme ve Aksel Kuvvet

1.ve 2. Sınıf Kesitler İçin;

Eksel kuvvetin uygulandığı anda bu kuvvetin etkisi plastik moment dayanımından küçük ya da eşit olmalıdır.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.21)$$

$M_{N,Rd}$ 'nin bulunması

Dikdörtgen kesitler için (eksel kuvvet durumu);

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \left[ 1 - \left( \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 \right] \quad (3.22)$$

Çift simetrlili I ve H kesitler (ve diğer başlıklı kesitler) için (eksel kuvvet durumu);

Bu tür kesitlerde plastik moment karşılaştırılması yapılmaz ve y-y ekseni için aşağıda verilen formüllerin her ikisinin de uygunluğuna bakılır.

$$N_{Ed} \leq 0,25 N_{pl,Rd} \quad (3.23)$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5h_w t_w f_y}{\gamma_{MO}} \quad (3.24)$$

Bu tür kesitlerde plastik moment karşılaştırılması yapılmaz ve z-z eksenini için aşağıda verilen formülün uygunluğuna bakılır.

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w t_w f_y}{\gamma_{MO}} \quad (3.25)$$

Eşit başlıklı standart olarak kaynaklanmış veya haddelenmiş ‘‘I’’ ve ‘‘H’’ kesitler için aşağıda verilen yaklaşımlar uygulanmalıdır.

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \frac{1-n}{1-0,5n} \text{ ve } M_{N,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd} \quad (3.26)$$

$$n \leq a \Rightarrow M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \quad (3.27)$$

$$n > a \Rightarrow M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \left[ 1 - \left( \frac{n-a}{1-a} \right)^2 \right] \quad (3.28)$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \quad (3.29)$$

$$a = \frac{A - 2bt_f}{A} \text{ ve } a \leq 0,5 \quad (3.30)$$

### 3.2.2. Eğilme Etkisi Altındaki Elemanlar

#### 3.2.2.1. Burkulmaya karşı dayanım

Asal eksenini etrafında eğilme etkisi altındaki elemanın yanıl burulmalı burkulma yapmaması için;

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.31)$$

şartını sağlamalıdır.

$M_{b,Rd}$  = Burulma tasarım momenti.

Burulma tasarım momentinin bulunması için;

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} \quad (3.32)$$

formülü uygulanır.

$W_y$  = Kesit modülü

1.ve 2. Sınıf kesitler için;

$$W_y = W_{pl,y} \quad (3.33)$$

3.Sınıf kesitler için;

$$W_y=W_{el,y} \quad (3.34)$$

4.Sınıf kesitler için;

$$W_y=W_{eff,y} \quad (3.35)$$

$\chi_{LT}$  = Yanal burulmalı burkulma için azaltma katsayısı.

Yanal Burulmalı Burkulma-Genel Durum

$$\chi_{LT}=\frac{1}{\phi_{LT}+\sqrt{\phi_{LT}^2-\bar{\lambda}_{LT}^2}} \text{ ve } \chi_{LT}\leq 1,0 \quad (3.36)$$

$$\phi_{LT}=0,5\left(1+\alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT}-0,2)+\bar{\lambda}_{LT}^2\right) \quad (3.37)$$

$$\bar{\lambda}_{LT}=\sqrt{\frac{W_{ffy}}{M_{cr}}} \quad (3.38)$$

$\alpha_{LT}$ =Düzeltilme katsayısı

$\alpha_{LT}$  düzeltilme katsayısının bulunması için aşağıda verilen tablo verileri kullanılır.

**Çizelge3.1.** Düzeltilme katsayısı 1 (E.C. 3Part 1.1)

KESİT	SINIR	DEĞER
HADDE PROFİLİ	I h/b≤2	0,21
	h/b>2	0,34
KAYNAK PROFİLİ	I h/b≤2	0,49
	h/b>2	0,76
DİĞER		0,76

### Yanal Burulmalı Burkulma-Kaynaklı ve Haddeli Kesitler

Bu durum için aşağıda verilmiş olan formüller kullanılacaktır;

$$\chi_{LT}=\frac{1}{\phi_{LT}+\sqrt{\phi_{LT}^2-(\beta\bar{\lambda}_{LT})^2}}, \chi_{LT}\leq 1,0 \text{ ve } \chi_{LT}\leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \quad (3.39)$$

$\phi_{LT}$  Çarpanının bulunması için;

$$\bar{\lambda}_{LT} = 0,5 \left( 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + (\beta \bar{\lambda}_{LT}^2) \right) \quad (3.40)$$

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4 \text{ (alabileceği en büyük değer)} \quad (3.41)$$

$$\beta = 0,75 \text{ (alabileceği en büyük değer)} \quad (3.42)$$

$\alpha_{LT}$  düzeltme katsayısının bulunması için aşağıda verilen tablo verileri kullanılır.

**Çizelge 3.2.** Düzeltme katsayısı 2 (E.C. 3 Part 1.1)

KESİT	SINIR	DEĞER
HADDE I PROFİLİ	$h/b \leq 2$	0,34
	$h/b > 2$	0,49
KAYNAK I PROFİLİ	$h/b \leq 2$	0,49
	$h/b > 2$	0,76

$M_{cr}$  = yanal burulmalı burkulma için kritik moment değeri

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_{22}}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_{22}} + \frac{L^2 G I_t}{\pi^2 E I_{22}}} \quad (3.43)$$

$$C_1 = 1,88 - 1,4 \Psi + 0,52 \Psi^2 \text{ ve } C_1 \leq 2,7 \quad (3.44)$$

$$\Psi = \frac{M_a}{M_b} \quad (3.45)$$

$M_a$  = Küçük uç momenti

$M_b$  = Büyük uç momenti

$C_1$ ; Kirişin herhangi bir bölgesindeki moment,  $M_b$  büyük uç momentinden büyük ise ve/veya kiriş ankastre ise 1,0 alınır

$\bar{\lambda}_{LT} \leq 0,4$  ise, elemanda yanal burulmalı burkulma kontrolüne gerek kalmaz.

### 3.2.2.2. Basınç Etkisi Altındaki Elemanlar

Basınç etkisi altındaki elemanlarda aşağıdaki kural sağlanmalıdır.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad (3.46)$$

$N_{Ed}$  = Basınç kuvvetinin tasarım değeri

$N_{b,Rd}$  = Basınç elemanının burulmaya karşı koyma tasarım değeri

Burulma dizayn dayanımı  $N_{b,Rd}$  'nin bulunması için

1,2 ve 3, sınıf kesitler için,

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad (3.47)$$

4. sınıf kesitler için,

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} \quad (3.48)$$

$\chi$  burkulma azaltma katsayısı için,

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \bar{\lambda}^2}} \leq 1,0 \quad (3.49)$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \quad (3.50)$$

1,2 ve 3. Sınıf kesitler için,

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \quad (3.51)$$

4. sınıf kesitler için,

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} \quad (3.52)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04 \Rightarrow \bar{\lambda} \leq 0,2 \quad (3.53)$$

Eşitliği de sağlanmalıdır.

$N_{cr}$  = Brüt kesit alanı üzerinde burulma durumunda elastik kritik kuvvet

$\alpha$  Düzeltme katsayısının bulunması için;

**Çizelge 3.3.** Düzeltme katsayısı 3 ( E.C. 3 Part 1.1 )

BURKULMA EĞRİSİ	$a_0$	A	b	C	d
DÜZELTME KATSAYISI	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

### 3.2.2.3. Eğilme ve Aksel Basınç Kuvveti Etkisi Altındaki Elemanlar

Eksenel basınç kuvveti ve eğilmeye maruz kalan kesitler aşağıda verilen eşitlikleri sağlamalıdır.



$$\frac{N_{Ed}}{\left[\frac{\chi_y N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right]} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\left[\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}\right]} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\left[\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}\right]} \leq 1 \quad (3.54)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\left[\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}\right]} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\left[\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}\right]} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\left[\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}\right]} \leq 1 \quad (3.55)$$

$N_{Ed}$ ,  $M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ ; z-z ve y-y eksenleri etrafında maksimum moment ve basınç kuvveti etkisi altında ki tasarım değerleridir.

$\Delta M_{y,Ed}$ ,  $\Delta M_{z,Ed}$  = “3.6.1.4. Eğilme ve Eksenel Kuvvet/4. Sınıf Kesitler” bölümüne göre eksende yer değiştirmeden kaynaklı oluşan moment.

$N_{Rk}$ ,  $M_{y,Rk}$ ,  $M_{z,Rk}$  sırası ile kesitin karakteristik basınç dayanımı ve y-y ve z-z eksenlerindeki eğilme momenti tasarıma kapasiteleridir.

$\chi_y$ ,  $\chi_z$  = “3.6.2.2. Basınç Etkisi Altındaki Elemanlar” bölümündeki eğik eğilmeden kaynaklı azaltma katsayıları.

$\chi_{LT}$  = “3.6.2.1. Eğilme Etkisi Altındaki Elemanlar” bölümündeki yanal burulmalı burkulmadan kaynaklı azaltma katsayısı. Burulma etkilerine maruz kalmayan elemanlarda 1,0 olarak alınmalıdır.

$k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$  = Etkileşim katsayıları

### 3.3. LRFD Yönetmeliğinin Esasları

AISC’de yer alan güvenlik gerilmeleri ile tasarım ve plastik tasarımından ziyade LRFD (yük ve dayanım çarpanları ile tasarımı) artık daha fazla tercih edilen bir tasarım yöntemi olmuştur. Bu yöntem ile analiz sonuçlarında hem hafif hem de daha ekonomik kesitler elde edilmektedir.

Yük ve dayanım katsayıları ile tasarımda yük artımı için katsayılar her bir yük için ayrı ayrı tanımlanmış olup dayanım için olan katsayılar elemanın şekline ve sınır durumuna göre değişmektedir.

Bu katsayılar:

Çekme çubuklarında

$\Phi_t = 0.90$  akmada

$\Phi = 0.75$  kopmada

Basınç çubuklarında  $\Phi_c = 0.85$

Kirişlerde  $\Phi_b = 0.90$

Birleşim araçlarında

$\Phi = 0.75$  çekmede

$\Phi = 0.65$  kaymada (Yardımcı, 2005)

### **3.3.1. En Kesitler**

LRFD Şartnamesinde en kesitler üç gruba ayrılır. Bunlar kompakt kesitler, kompakt olmayan kesitler ve narin basınç elemanları kesitleridir. Kompakt en kesitler için narinlik sınırı parametresi olarak  $\lambda_p$ , kompakt olmayan en kesitler için narinlik sınırı parametresi olarak  $\lambda_r$  kullanılmaktadır.

#### **3.3.1.1. Kompakt Kesitler**

Başlık elemanları, gövde levha ya da levhaların sürekli olarak birleştirilmiş olan ve kesiti basınca çalışan elemanları Çizelge3.4.'te verilen  $\lambda_p$  genişlik kalınlık oranlarını aşmayan kesitlere kompakt kesit denir.

#### **3.3.1.2. Kompakt Olmayan Kesitler**

Bir veya birden fazla basınç elemanının genişlik kalınlık oranı  $\lambda_p$ 'yi aşıyor ama  $\lambda_r$ 'yi aşmıyorsa kompakt olmayan kesitler olarak adlandırılır.  $\lambda_r$ 'nin değerleri de Çizelge3.4.'te verilmektedir.

#### **3.3.1.3. Narin Basınç Elemanları**

Eğer kesitin basınca çalışan düzlemsel elemanları yani genişlik kalınlık oranları kompakt olmayan kesitler için verilmiş  $\lambda_r$  değerlerini aşıyorsa narin kesitler olarak adlandırılır.

**Çizelge3.4.** Basınç Elemanları İçin Genişlik Kalınlık Sınırlaması

Basınç Elemanları İçin Genişlik Kalınlık Oranı Sınırlaması				
	Elemanın tanımı	Genişlik kalınlık oranı	Genişlik kalınlık oranı sınırlaması	
			$\lambda_p$ (kompakt)	$\lambda_r$ (kompakt değil)
Berkitilmemiş elemanlar	I kesitli hadde ürünleri ile eğilmeye çalışan U kesitlerin başlıkları	b/t	$0.38\sqrt{E/F_y}$ [c]	$0.83\sqrt{E/F_L}$ [e]
	Eğilmeye çalışan I kesitli kaynaklı yapma kırışlerin başlık elemanları	b/t	$0.38\sqrt{E/F_{yf}}$	$0.95\sqrt{E/(F_L/k_c)}$ [e], [f]
	Yapma elemanlardan hedeflenen başlıklar	b/t	uygulanmıyor	$0.64\sqrt{E/(F_y/k_c)}$ [f]
	basınca çalışan I kesitli hadde ürün başlıkları, basınç elemanlarından hedeflenen levhalar; Sürekli iletimdeki çift korniyerin kolları; basınca çalışan U kesitlerin başlıkları	b/t	uygulanmıyor	$0.56\sqrt{E/F_y}$
	Sadece bir kenarı boyunca basit mesnetli, rijitleştirilmemiş elemanlar, örneğin tek korniyerden oluşan basınç çubuklarının bir kolu, aralarında mesafe bulunan ve iki korniyerden oluşan basınç çubuklarının bir kolu	b/t	uygulanmıyor	$0.45\sqrt{E/F_y}$
	T profillerin gövde levhaları	d/t	$1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40\sqrt{E/F_y}$

Çizelge3.4. Basınç Elemanları İçin Genişlik Kalınlık Sınırlaması (devamı)

Basınç Elemanları İçin Genişlik Kalınlık Oranı Sınırlaması				
	Elemanın tanımı	Genişlik kalınlık oranı	Genişlik kalınlık oranı sınırlaması	
			$\lambda_p$ (kompakt)	$\lambda_r$ (kompakt değil)
Berkitilmiş elemanlar	Eğilmeye ya da basınca maruz kutu kesitlerin başlıkları, kaplama levha başlıkları ve birleşim araçları ve kaynakların yer aldığı çizgiler arasındaki üniform basınç için plastik analiz için	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $0.939\sqrt{E/F_y}$	$1.40\sqrt{E/F_y}$
	delikli kaplama levhalarının rijitleştirilmemiş genişliği[b]	b/t	uygulanmıyor	$1.86\sqrt{E/F_y}$
	Eğilme basıncı etkisindeki gövde elemanları[a]	h/t <sub>w</sub>	$3.76\sqrt{E/F_{Ly}}$ [c],[g]	$5.70\sqrt{E/F_y}$ [h]
	Eğilme ve ekeseysel basınç etkisindeki gövde elemanları	h/t <sub>w</sub>	$P_u/\Phi_b P_y \leq 0.125$ için [c],[g] $3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(1 - \frac{2.75P_u}{\Phi_b P_y}\right)$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(1 - 0.74 \frac{P_u}{\Phi_b P_y}\right)$
			$P_u/\Phi_b P_y > 0.125$ için [c],[g] $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(2.33 - \frac{2.75P_u}{\Phi_b P_y}\right) \geq 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	Diğer bütün üniform basınçlı rijitleştirilmiş elemanlar örneğin iki kenarı boyunca mesnetli	b/t	uygulanmıyor	$1.49\sqrt{E/F_y}$
		h/t <sub>w</sub>		
	Dairesel boşluklu kesit eksenel basınçta eğilmede	D/t	[d]	$0.11E/F_y$
uygulanmıyor			$0.311E/F_y$	
			$0.07 E/F_y$	

**Çizelge 3.4. Basınç Elemanları İçin Genişlik Kalınlık Sınırlaması (devamı)**

Hibrit kirişler için  $F_y$  yerine başlığın akma  $F_{yf}$  mukavemeti kullanılacaktır.

[b] En geniş delikte levhanın net alanı kabul edilir.

[c] 3 radyanın elastik olmayan dönme kapasitesi kabul edilir. Yüksek sismik bölgelerdeki yapılar için daha büyük dönme kapasitesi istenebilir.

[d] plastik tasarım için  $0.045E/F_y$  kullanılacaktır.

[e]  $F_L = (F_{yf} - F_r)$  ya da  $F_{yw}$ 'den küçük olanı, Ksi (MPa)

$F_r =$  başlıktaki artan basınç gerilmesi

= 10 ksi (MPa) hadde profiller için

= 16.5 ksi (114MPa) kaynaklı profiller için

[f]  $k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$  ve  $0.35 \leq k_c \leq 0.763$

[g] = Başlıkları eşit olmayan elemanlar için,  $\lambda_p$  kıyaslanırken  $h$  yerine  $h_p$  kullanılacaktır.

[h] başlıkları eşit olmayan elemanlar için Ek B5.1'e bakınız.

**3.3.2. Yük ve Dayanım Faktörleri**

Güvenlik gerilmeleri ile tasarım için aşağıdaki yükler ve yük kombinasyonları verilmiştir:

D: ölü yük. (Öz ağırlık ve kalıcı tesisatın oluşturduğu yük)

L: hareketli yük

$L_r$ : çatı hareketli yükü

W: rüzgar yükü

S: kar yükü

E: deprem yükü

R: yağmur veya buz yüküdür.

### 3.7.2.1. Yük Kombinasyonları

D

D+L+ (L<sub>r</sub> veya S)

D + (W veya E/1.4)

0.9D ± E/1.4

D + 0.75(1+(L veya S) + (W veya E/1.4))

veya güvenlik gerilmeleri 1/3 oranında arttırılarak

D + L + (L<sub>r</sub> + S )

D + L + (W veya E/1.4 )

D + L + W + S/2

D + L + S + W/2

D + L + S + E/1.4 olur.

LRFD Şartnamesi aşağıdaki formülle özetlenebilir:

$$\Sigma \gamma_i Q_i = \Phi R_n \quad (3.56)$$

Burada Q ve R değişkendir. Denklemin sol tarafı sistemin veya elemanların dayanımını, sağ tarafı ise etki eden yükleri gösterir. Tasarım dayanımını elde etmek için dayanım  $\Phi$  katsayısı ile, tasarım yüklerini elde etmek için de yükler  $\gamma_i$  katsayısı ile çarpılır.

Garajlar, kamu alanları ve hareketli yükün 100 psf (4.788 kPa ya da 488 kgf/m<sup>2</sup>)’den büyük olduğu yerlerde aşağıdaki 3., 4. ve 5. kombinasyonlarda L yükünün katsayısı 1.0 olur.

1.4D

1.2D + 1.6L + 0.5(L<sub>r</sub> veya S veya R)

1.2D + 1.6(L<sub>r</sub> veya S veya R) + (0.5L veya 0.8W)

1.2D + 1.3W + 0.5L + 0.5(L<sub>r</sub> veya S veya R)

1.2D ± 1.0E + 0.5L + 0.2S

$$0.9D \pm (1.3W \text{ veya } 1.0E)$$

Son kombinasyonda ölü yükler %10 azaltılarak hesaba alınır.

### 3.3.2.2. Dayanım Faktörleri

AISC-LRFD'ye göre analiz teorisindeki hataları gidermek için malzeme özelliklerindeki değişiklikler ve elemanların düzensizlik boyutları ve teorik güvenlik gerilmeleri dayanım ya da fazla kapasite katsayısı  $\Phi$  ile çarpılır. Çizelge3.5.'te verilen ve her zaman 1.0'den küçük olan bu katsayılar St. Louis'deki Washington Üniversitesi araştırmacıların önerilerine dayanmaktadır (Balkan, 2007).

**Çizelge3.5.** Dayanım kapasite katsayıları

Dayanım ya da $\Phi$ faktörleri	Durum
1.00	Pimlerin hedeflenen alanındaki kayması,etkiyen yükler altında gövde elemanının akması, kaymaya dayanıklı bulonların kesme değerleri
0,90	Eğilme ve kesmedeki kırılganlık,kaynak eksenine paralel gerilme ile köşe kaynakları,küt kaynak temel metali,çekme elemanının net kesitinin akması
0,85	Kolonlar,gövde buruşması, kenar mesafeleri ve deliklerde kayma kapasitesi
0,80	tam-penetrasyon küt kaynakların etkili alanındaki kesme, kısmi-penetrasyon küt kaynakların etkili alanlarına dik çekme
0,75	Çekmedeki bulonlar, çukur ya da yarık kaynağı, çekme elemanının net kesitindeki kırılma
0,65	A307 dışındaki bulonlarda kayma
0,60	Beton temellerde kayma

### 3.3.3. Çekme Elemanı Tasarımı

#### 3.3.3.1. Etkili Alan

Çekme yükü bağlayıcı ya da kaynaklarla direk olarak iletildiğinde etkili alan  $A_e$  net alan  $A_n$ 'ye eşit olur. Çekme yükü birleşim araçları ya da kaynaklarla elemanların en

kesitinin hepsine değil de bazısı boyunca iletilirse etkili alan aşağıdaki gibi hesaplanmalıdır:

a) Çekme yükü sadece bağlayıcılarla iletildiğinde

$$A_e = A_n U \quad (3.57)$$

U = indirgeme katsayısı

$$U = 1 - (x/l) \leq 0.9$$

x = bağlantı eksantrisitesi, mm

l = yükleme yönünde bağlantının uzunluğu, mm

b) Çekme yükü levha elemandan başka sadece boyuna kaynaklarla ya da enine kaynakla birlikte boyuna kaynakla iletildiğinde

$$A_e = A_g U \quad (3.58)$$

$$U = 1 - (x/l) \leq 0.9$$

A<sub>g</sub> = elemanın brüt alanı, mm<sup>2</sup>

c) Çekme yükü sadece enine kaynaklarla iletildiğinde

$$A_e = A U \quad (3.59)$$

A = direk bağlanan elemanın alanı, mm<sup>2</sup>

$$U = 1.0$$

d) Çekme yükü levhaya, levha ucundaki kenarların her ikisi boyunca boyuna kaynaklarla iletildiğinde

$$A_e = A_g U \quad (3.60)$$

$$l \geq 2w \quad U = 1.0$$

$$2w > l \geq 1.5w \quad U = 0.87$$

$$1.5w > l \geq w \quad U = 0.75$$

l = kaynak uzunluğu

w = kaynaklar arasındaki mesafe (levha genişliği)



Testlerle ya da diğer dönme kriterleri ile tahkik edildiğinde U'nun en büyük değerinin kullanılmasına izin verilir.

### **3.3.3.2. Tasarım Çekme Dayanımı**

Çekme elemanlarında  $\Phi_t P_n$  çekme dayanımı; brüt kesitteki akma ve net kesitteki kırılma sınır durumlarına göre elde edilen değerden daha az olmalıdır.

$A_e$  = etkili net alan,  $mm^2$

$A_g$  = elemanın brüt alanı,  $mm^2$

$F_y$  = belirlenen minimum akma gerilmesi, MPa

$F_u$  = belirlenen minimum çekme dayanımı, MPa olmak üzere

a) Brüt kesitte akma için;

$\Phi_t = 0.90$

$P_n = F_y A_g$  (3.61)

b) net kesitte kırılma için;

$\Phi_t = 0.75$

$P_n = F_u A_e$ 'dir. (3.62)

Eleman deliksiz tamamen kaynaklarla bağlandığında Denklem(3.61)'te etkili net kesit kullanılır. Kaynaklı uç bağlantılarla birlikte elemanda delikler de varsa ya da çukur ya da yarık kaynağı durumundaki kaynak bağlantısında delik boyunca net kesit Denklem(3.62)'de kullanılır.

### **3.3.4. Basınç Elemanlarının Tasarımı**

#### **3.3.4.1. Dayanım Tahkiki**

Çelik kolonun tasarımında iki farklı yol kullanılmaktadır. Bunlardan biri direk tasarım diğeri ise narinlik dikkate alınarak dayanımın tahkikidir.

#### **Direk Tasarım**

Kolonun tasarımında ilk yol direk tasarım işlemidir. Haddelenmiş ürünlerle kolonların direk tasarımı AISC-LRFD Şartnamesinin 3. Bölümündeki KL'nin bir

fonksiyonu olarak  $\Phi_c P_n$  tasarım basınç dayanımını gösteren kolon dayanım çizelgeleriyle kolaylaştırılmıştır.

### Narinlik Dikkate Alınarak Dayanım Tahkiki

Eğilme burkulmasının sınır durumuna dayanan kolon dayanımı için iki denklem vardır. Bunlardan biri elastik olmayan burkulma için, diğeri de elastik ya da Euler burkulması içindir. Denklem elastik olmayan aralık için ampiriktir ve elastik aralık için denklem bilinen Euler formülünün 0.877 ile çarpılmasıdır. Her iki denklem kalıcı gerilmelerin ve başlangıç düzlem dışı etkilerini içerir.

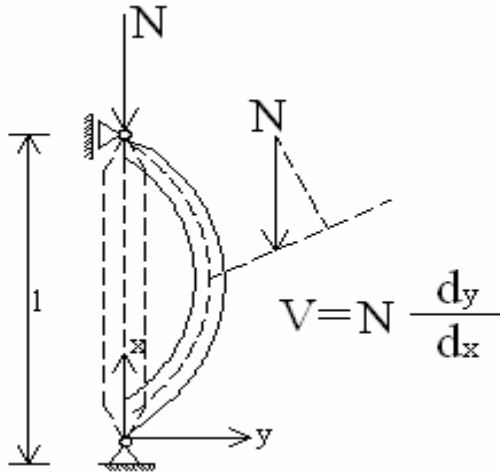
Elastik olmayan ve elastik dengesizlik arasındaki sınır;

$\lambda_c = 1.5$  ile belirlenir.

### 3.3.4.2. Eğilme Burkulması için Tasarım Basınç Dayanımı

Burkulma üç gruba ayrılır.

- 1) Kolonların eğilme burkulması
- 2) Kirişlerin yanal burkulması
- 3) Levhaların burkulması



Şekil 3.3. Eğilme Burkulması

Basınç gerilmelerinin olduğu bütün sistem ve elemanlarda dengesizlik meydana gelir. Başlangıçta düz olan basınca maruz elemanın eşit ve karşıt eksenel kuvvetlerle sıkışması burkulmanın en basit halidir.

Kritik yükte düz kolonun stabil dengesi sınırdadır ve dengeyi sağlayabilen kolonun az sehimlenmiş şekli ortaya çıkar (Şekil3.3.). Bu durumda herhangi bir kesitte eğilme meydana geldiğinde eğilme burkulması olur.

Basınca maruz ucu mafsallı herhangi bir kesitteki eğilme momenti;

$$M = N.y \quad (3.63)$$

denkleminde yola çıkarak basit eğilme teorileri ve diferansiyel denklemler kullanılarak

$$N_{cr,n} = \frac{n^2 \pi^2 EI_z}{l^2} \quad (3.64)$$

elde edilir.

Burada  $EI_z$  eğilme rijitliğidir.

LRFD şartnamesinde K, etkili uzunluk faktörü Bölüm C2'ye uygun olarak belirlenmelidir.

Eğer kolonun narinlik parametresi ( $\lambda_c$ ) 1.5K değerini aşmıyorsa LRFD şartnamesi Bölüm A5.1'de sınırlandırıldığı gibi plastik analiz ile tasarım yapılabilir.

Elemanlarının genişlik-kalınlık oranı  $\lambda_r$ 'den küçük olan basınç elemanlarının eğilme burkulması için tasarım dayanımı  $\Phi_c P_n$  olarak ifade edilir

$$\Phi_c = 0.85$$

$$P_n = A_g F_{cr} \quad (3.65)$$

$$\lambda_c \leq 1.5 \Rightarrow F_{cr} = (0.658 \lambda_c^2) F_y \quad (3.66)$$

$$\lambda_c > 1.5 \Rightarrow F_{cr} = \left( \frac{0.877}{\lambda_c^2} \right) F_y \quad (3.67)$$

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (3.68)$$

$A_g$  = elemanın brüt alanı, mm<sup>2</sup>

$F_y$  = belirlenen minimum akma gerilmesi, Mpa

E = Elastisite modülü, MPa

$K$  = etkili uzunluk faktörü

$l$  = elemanın yanal kuşaklanmamış uzunluğu, mm

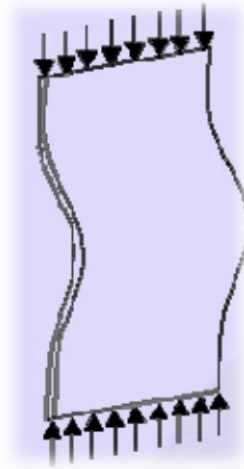
$r$  = burkulma aksı etrafında atalet yarıçapı, mm

Yukarda bahsedilen hesaplar kolonun eğilme burkulması içindir. Bunun dışında burulma burkulması ve eğilme-burulma burkulması kavramları da bulunmaktadır.



Şekil 3.4. Kolonun Burulma Burkulması

Şekil 3.4.'te görülen burulma burkulması kalın cidarlı elemanlarda görülür. Elemanın burulma sonucu burkulmasıdır.



Şekil 3.5. Burulma Eğilme Burkulması

Tek simetriği olan ya da simetrik olmayan en kesitlerde kayma merkezi etrafında burulma ile kayma merkezinin dönmesi kombine bir şekilde gerçekleşebilir. Bu durum burulma eğilme burkulması olarak ifade edilir. Şekil3.5.'te görülen burulma eğilme burkulmasında en kolay hasar gören eleman tek kollu korniyerdir.

Genişlik- kalınlık oranı  $\lambda_r$ 'den küçük olan çift kollu korniyer ve T profil basınç elemanlarının eğilme burulma burkulması için tasarım dayanımı  $\Phi_c P_n$  olarak ifade edilir.

$$\Phi_c = 0.85$$

$$P_n = A_g F_{crft} \quad (3.69)$$

$$F_{crft} = \left( \frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right) \quad (3.70)$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{Ar_0^2} \quad (3.71)$$

$r_0^2$  = kayma merkezi etrafındaki polar atalet yarıçapı, mm

$$H = 1 - \frac{y_0^2}{r_0^2} \quad (3.72)$$

$y_0$  = kayma merkezi ve merkez arasındaki mesafe, mm

$F_{cry}$ , eğilme burkulmasında olduğu gibi belirlenir. Sadece burkulma eksenini olarak y eksenini kabul edilir ve y eksenine göre atalet yarıçapı belirlenir.

$$\lambda_c = \frac{KL}{r_y \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (3.73)$$

### 3.3.5. Eğilme Elemanlarının Tasarımı

$M_n$  nominal eğilme mukavemeti, a) akma, b) yanal burulma burkulması, c) Başlık bölgesel burkulması ve d) gövde bölgesel burkulması sınır durumlarına göre elde edilen en düşük değerdir.

Sadece yanal desteklenen  $L_b \leq L_p$  olan kompakt kirişler için sadece akma sınır durumu uygulanabilir. Kuşaklanmayan kompakt kirişler, kompakt olmayan T profiller ve çift korniyerler için sadece akma ve yanal burulma burkulma sınır durumu uygulanabilir. Yanal burulma burkulması sınır durumu ikincil aksı etrafında eğilmeye

maruz olan elemanlar ya da kare ya da dairesel geometriye sahip elemanlara uygulanmaz.

### 3.3.5.1. Akma

Kirişin eğilme tasarım mukavemeti  $\Phi_b M_n$  akma sınır durumu ile belirlenir.

$$\Phi_b = 0.90$$

$$M_n = M_p \quad (3.74)$$

$M_p$  = plastik moment (homojen kesitler için  $= F_y Z \leq 1.5 M_y$ ), N-mm

$M_y$  = elastik gerilme dağılımından en dış lifteki akma başlangıcına göre moment (homojen kesitler için  $= F_y S$  ve hibrid kesitler için  $= F_{yt} S$ ), N-mm

### 3.3.5.2. Yanal Burulma Burkulması

Bu sınır durumu sadece esas eksenine eğilmeye maruz elemanlara uygulanabilir. Eğilme tasarım mukavemeti,  $\Phi_b M_n$  yanal burulma burkulması sınır durumuna göre belirlenir.

$$\Phi_b = 0.90$$

$M_n$  = aşağıdaki gibi belirlenen nominal eğilme mukavemeti

#### Çift simetrik kesiler ve $L_b \leq L_r$ ile U kesitler

Nominal eğilme mukavemeti:

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - M_r) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.75)$$

$L_b$  = basınç başlığının yanal deplasmana karşı tutulduğu noktalar arasındaki mesafe ya da en kesitin burulmasını önlemek için tutulan noktalar arasındaki mesafe, mm

$L_p$  = aşağıda tanımlandığı gibi yanal olarak tutulmayan uzunluğun sınırı, mm

$L_r$  = aşağıda tanımlandığı gibi yanal olarak tutulmayan uzunluğun sınırı, mm

$M_r$  = aşağıda tanımlandığı gibi burkulma momentinin sınırı, N-mm

$C_b$  = üniform olmayan moment diyagramı için değişim katsayısıdır.

Kirişin her iki ucu tutulduğunda:

$$C_b = \frac{12.5M_{\max}}{2.5M_{\max} + 3M_A + 4M_b + 3M_c} \quad (3.76)$$

$M_{\max}$  = tutulmayan parçada maksimum momentin tam değeri, N-mm

$M_a$  = tutulmayan parçanın çeyrek noktasındaki momentin tam değeri, N-mm

$M_b$  = tutulmayan giriş parçasının merkezindeki momentin tam değeri, N-mm

$M_c$  = tutulmayan giriş parçasının 1/3 noktasındaki momentin tam değeri, N-mm

$C_b$  bütün durumlar için 1.0 alınır. Denklem(3.74) ve (3.75)  $C_b = 1.0$  durumuna göre dir. Konsollar ve saçaklar için serbest uçlar tutulmadığında  $C_b = 1.0$ 'dir.

Tutulmayan uzunluk  $L_p$ 'nin sınırı aşağıdaki gibi belirlenir:

a) Hibrid kesit ve U profiller içeren I profil elemanlar için

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_{yf}}} \quad (3.77)$$

b) Rijit dikdörtgen çubuklar ve kutu kesitleri için

$$L_p = \left( \frac{0.13r_y E}{M_p} \sqrt{JA} \right) \quad (3.78)$$

$A$  = en kesit alanı,  $mm^2$

$J$  = burulma sabiti,  $mm^4$

$L_r$  yanal tutulma sınırı uzunluğu ve  $M_r$  burkulma momenti aşağıdaki gibi belirlenmelidir.

a) Çift simetrik I profiller ve U profiller için

$$L_r = \frac{r_y X_1}{F_L} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 F_L^2}} \quad (3.79)$$

$$M_r = F_L S_x \quad (3.80)$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} \quad (3.81)$$

$$X_2 = 4 \frac{C_w}{I_y} \left( \frac{S_x}{GJ} \right)^2 \quad (3.82)$$

$S_x$  = esas eks etrafında kesit modülü,  $mm^3$

$E$  = çeliğin elastisite modülü 200.000MPa

$G$  = çeliğin kayma modülü 77.200 MPa

$F_L = (F_{yf} - F_r)$  ya da  $F_{yw}$  'den küçük olanı, MPa

$F_r$  = başlıktaki basınç kalıcı gerilme, haddeli profiller için 69MPa, kaynaklı hazır profiller için 114MPa

$F_{yf}$  = başlığın akma gerilmesi, MPa

$F_{yw}$  = gövdenin akma gerilmesi, MPa

$I_y$  = y aksı etrafında atalet momenti  $mm^4$

$C_w$  = eğilme sabiti,  $mm^6$

b) Rijit dikdörtgen çubuklar ve kutu kesitleri için

$$L_r = \frac{2r_y E \sqrt{I_A}}{M_r} \quad (3.83)$$

$$M_r = F_{yf} S_x \quad (3.84)$$

### Çift simetrik kesitler ve $L_b > L_r$ ile U kesitler

Nominal eğilme mukavemeti

$$M_n = M_{cr} \leq M_p \quad (3.85)$$

$M_{cr}$  aşağıda tanımlandığı gibi kritik elastik momenttir.

a) Çift simetrik I profil elemanlar ve U profiller için:

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 I_y C_w} = \frac{C_b S_x X_1 \sqrt{2}}{L_b / r_y} \sqrt{1 + \frac{X_1^2 X_2}{2(L_b / r_y)^2}} \quad (3.86)$$

b) Rijit dikdörtgen çubuklar ve simetrik kutu kesitler için:

$$M_{cr} = \frac{57000 C_b \sqrt{I_A}}{L_b / r_y} \quad (3.87)$$

### T Profiller ve Çift Korniyerler

Simetri düzleminde yüklenen T profiller ve çift korniyerler için

$$M_n = M_{cr} \frac{\pi \sqrt{EI_y GJ}}{L_b} [B + \sqrt{1 + B^2}] \quad (3.88)$$

$M_n \leq 1.5 M_y$  çekmedeki gövde için

$M_n \leq 1.0 M_y$  basınçtaki gövde için



$$N = \pm 2.3(d/L_b) \sqrt{I_y/J} \quad (3.89)$$

B hesaplanırken gövde çekmede ise işaret pozitif, basınçta ise negatif olarak uygulanır. Kuşaklanmamış uzunluk boyunca herhangi bir yerde gövdenin ucu basınçta ise B'nin negatif değeri kullanılır.

### 3.3.5.3. Eğilme ve Eksenel Kuvvet

Eksenel kuvvet ve eğilmeye maruz kalan elemanlar için aşağıdaki formüller uygulanır. Elemanlara etki eden kuvvetler katsayılar ile çarpılıp toplandığında elde edilen sonucun 1'e eşit veya 1'den küçük olması gerekmektedir. Basınç ve eğilme kuvvetine maruz kalmış ve geometrik eksenlerinden herhangi biri etrafında eğilme yapan çift ve tek simetri eksenli elemanlar için aşağıdaki kontroller yapılır.

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2 \text{ için}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0 \quad (3.90)$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2 \text{ için}$$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0 \quad (3.91)$$

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \quad (3.92)$$

$$\lambda_c \leq 1.5 \text{ için}$$

$$F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y \quad (3.93)$$

$$\lambda_c < 1.5 \text{ için}$$

$$F_{cr} = \left( \frac{0.877}{\lambda_c^2} \right) F_y \quad (3.94)$$

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (3.95)$$

$\phi = 0.85$  (Basınç karşı koyma faktörü)

$A_g$ =Elemanın kesit alanı

$K$ = Uzunluk katsayısı

$p_n$ = Nominal gerilme mukavemeti

### 3.4. ASD Yönetmeliğinin Esasları

AISC’de yer alan güvenlik gerilmeleri ile tasarım standardında kesitlerin sınıflarına göre dış etkenlere karşı gösterebileceği limit dayanımlar ve kesit kapasiteleri bu bölümde sunulacaktır.

#### 3.4.1. Boyutlamaya Esas Yük Kombinasyonları

Boyutlama yük kombinasyonları yapı elemanları ile birleşimlerin boyutlamasında ve kontrolünde kullanılacak yük durumlarının çeşitli katsayılarla çarpılıp toplanmasıdır. ASD97 yönetmeliğine göre eğer yapı ölü yük, hareketli yük, rüzgar yükü ve deprem yükü taşıyorsa, rüzgar ve deprem yüklerinin yön değiştiren kuvvetler olduğu da göz önünde tutularak aşağıdaki yük kombinasyonları oluşturulur.

$$DL \quad (3.96)$$

$$DL + LL \quad (3.97)$$

$$DL \pm WL \quad (3.98)$$

$$DL + 0.75 LL \pm 0.75 WL \quad (3.99)$$

$$DL \pm EL/1.4 \quad (3.100)$$

$$0.9 DL \pm EL/1.4 \quad (3.101)$$

$$DL + 0.75 LL \pm 0.75 EL/1.4 \quad (3.102)$$

UBC-ASD97 yönetmeliğine deprem ve rüzgar yüklerini içeren yük kombinasyonları için boyutlandırmada müsaade edilebilir gerilmeler, düzgün müsaade edilebilir değerlerin 4/3 katı olarak arttırılmaz. Şartnamede özel tip elemanlar ve özel durumlar için ilave sismik yük kombinasyonları için de kontrol yapılır.

$$1.0 DL + 0.7 LL \pm \Omega_0 EL \quad (3.103)$$

$$0.85 DL \pm \Omega_0 EL \quad (3.104)$$

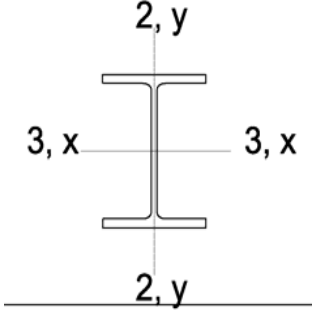
#### 3.4.2. Kesitlerin Sınıflandırılması

Eksenel basınç ve eğilme için müsaade edilebilir gerilmeler, kesitin kompakt, kompakt olmayan, narin veya aşırı narin şeklindeki sınıflandırmasına bağlıdır. Yönetmelikte yapısal elemanlar Çizelge 3.7.’de verilen genişlik/kalınlık sınırlaması

oranlarına göre sınıflandırır. Bu çizelgedeki kesit değerlerinin ve eksenlerin tanımı Şekil 3.6. ve Çizelge 3.6'da verilmiştir.

**Çizelge 3.6.** AISC-ASD89 yönetmeliğine göre profil eksenlerinin tanımı

2-2:	
Gövdeye paralel kesit eksenini,	
Borularda daha uzun olan boyutu,	
Tek köşebentlerin uzun olan kenarı veya	
Çift köşebentlerin karşı karşıya gelen	
Kenarları	
Bu, y-y eksenine aynıdır.	
3-3:	
2-2 eksenine dik olan eksendir. Bu, x-x	
eksenidir.	

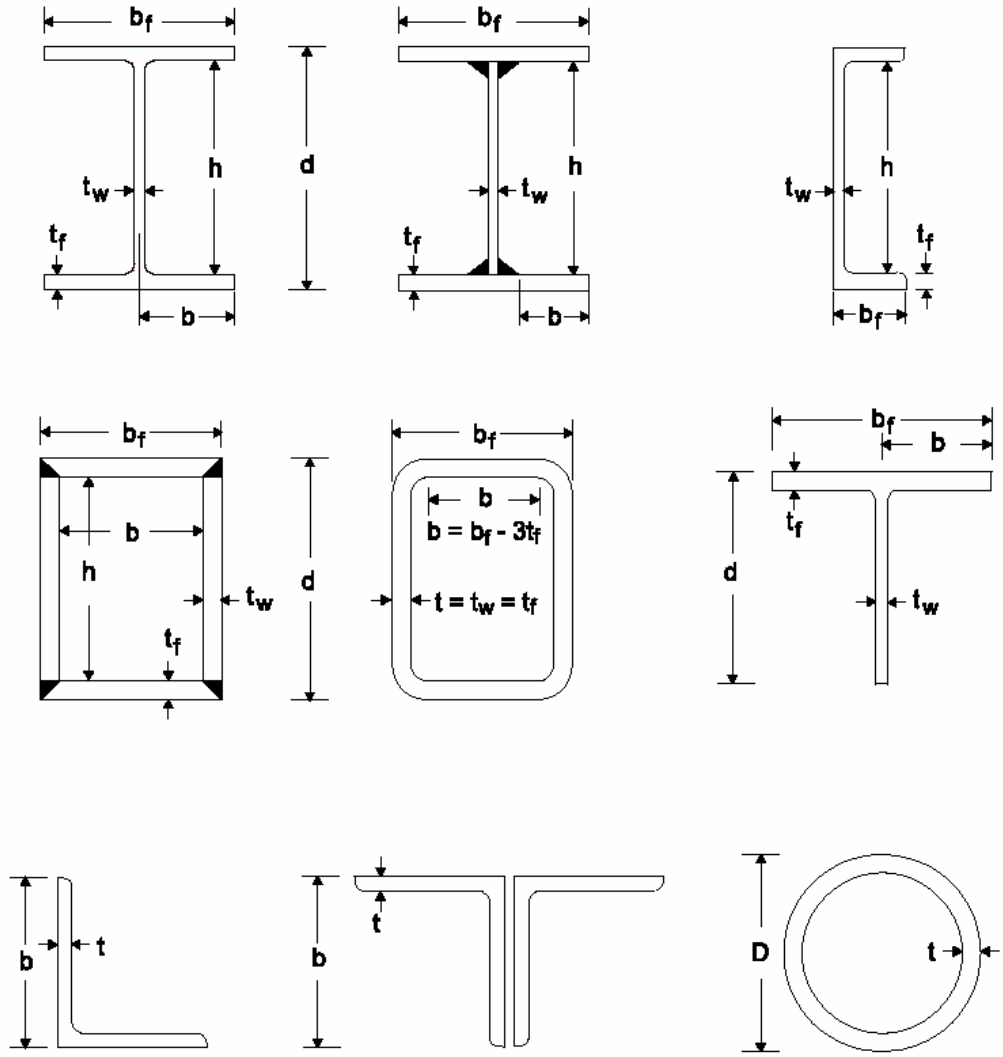


**Çizelge 3.7.** (a) AISC-ASD97 yönetmeliğine göre kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları

Kesitin tanımı	Kontrol Edilen oran	Kompakt kesit	Kompakt olmayan kesit	Narin kesit
I-kesitler	$b_f/2t_f$ (Hadde)	$\leq 65/\sqrt{F_y}$	$\leq 95/\sqrt{F_y}$	Sınır yok
	$b_f/2t_f$ kaynaklı	$\leq 65/\sqrt{F_y}$	$\leq 65/\sqrt{F_y/k_c}$	Sınır yok
	$d/t_w$	$\frac{f_a}{F_y} \leq 0.16$ için $\leq \frac{640}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 3.74 \frac{f_a}{F_y}\right)$	Sınır yok	Sınır yok
		$\frac{f_a}{F_y} > 0.16$ için $\leq 257/\sqrt{F_y}$		
$h/t_w$	Sınır yok	Sadece basınç ise $\leq 253/\sqrt{F_y}$ Aksi durumda $\leq 760/\sqrt{F_b}$	$\leq \frac{14000}{\sqrt{F_y(F_y+16.5)}}$  $\leq 260$	

Çizelge 3.7. (a) AISC-ASD97 yönetmeliğine göre kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları (devamı)

Kutu kesitler	$b/t_f$	$\leq 190/\sqrt{F_y}$	$\leq 238/\sqrt{F_y}$	Sınır yok
	$d/t_w$	I kesitler gibi	Sınır yok	Sınır yok
	$h/t_w$	Sınır yok	I kesitler gibi	I kesitler gibi
	Diğer	$t_w \geq t_f/2, d_w \leq 6b_f$	-	-
U kesitler	$b/t_f$	I kesitler gibi	I kesitler gibi	Sınır yok
	$d/t_w$	I kesitler gibi	Sınır yok	Sınır yok
	$h/t_w$	Sınır yok	I kesitler gibi	I kesitler gibi
	Diğer	Sınır yok	Sınır yok	Kaynaklı: $b_f/d_w \leq 0.25$ $t_f/t_w \leq 3.0$ hadde: $b_f/d_w \leq 0.5$ $t_f/t_w \leq 2.0$
T kesitler	$b/t$	$\leq 65/\sqrt{F_y}$	$\leq 95/\sqrt{F_y}$	Sınır yok
	$d/t_w$	uygulanmaz	$\leq 127/\sqrt{F_y}$	Sınır yok
	Diğer	Sınır yok	Sınır yok	Kaynaklı: $b_f/d_w \geq 0.5$ $t_f/t_w \geq 1.25$ hadde: $b_f/d_w \geq 0.5$ $t_f/t_w \geq 1.10$
Çift köşebent	$b/t$	Uygulanmaz	$\leq 76/\sqrt{F_y}$	Sınır yok
Tek köşebent	$b/t$	Uygulanmaz	$\leq 76/\sqrt{F_y}$	Sınır yok
Borular	$D/t$	$\leq 3300/F_y$	$\leq 3300/F_y$	basınçta $\leq 13000/F_y$ . Eğilme için sınır yok.
Dört köşe	-	Kompakt varsayılmıştır		
Dörtgen veya dairesel	-	Kompakt olmayan varsayılmıştır		
Genel	-	Kompakt olmayan varsayılmıştır		



Şekil 3.6. Çizelge 3.7.'deki en kesit büyüklükleri tanımları

Eksenel basınç ve eğilme için müsaade edilebilir gerilmeler, kesitlerin sınıflandırılmasına bağlıdır. Genelde boyutlandırma kesitlerinin UBC-ASD97 yönetmeliğini sağlamak için kompakt olması gerekmez. Ancak belirli özel sismik durumlar için özel narinlik şartlarını sağlamak ve kompakt olmak zorundadır. UBC yönetmeliğinde kompakt "sismik" olarak kesitlerin sınıflandırılması için gereken bu özel şartlar çizelge 3.8.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.8.** UBC-ASD97 yönetmeliğine göre özel sismik şartlar uygulandığında kesitlerin sınıflandırılmasında basınç elemanları için genişlik-kalınlık oranları sınırları

Kesitin tanımı	Genişlik/kalınlık oranı ( $\lambda$ )	Sismik(Deprem hesabı için özel şartlar)	Atıfta bulunan yönetmelik
I kesitler	$b_f/2t_f$ (kirişler)	$\leq 52/\sqrt{F_y}$	UBC 2213.7.3(SMRF) UBC 2213.10.2 (EBF)
	$b_f/2t_f$ (kolonlar)	$F_y \leq 36$ için 8.5 $36 \leq F_y \leq 42$ için 8.0 $42 \leq F_y \leq 45$ için 7.4 $45 \leq F_y \leq 50$ için 7.0 $50 \leq F_y \leq 55$ için 6.6 $55 \leq F_y \leq 60$ için 6.3 $F_y > 60$ için 6.0	UBC 2213.7.3 (SMRF) UBC 2213.9.5 (SCBF)
Kutu kesitler	$b / t_f$ ve $h_c / t_w$ (kolon)	$\leq 110/\sqrt{F_y}$	UBC 2213.7.3 (SMRF) UBC 2213.9.5 (SCBF)
	$b / t_f$ ve $h_c / t_w$ (çapraz)	$\leq 110/\sqrt{F_y}$	UBC 2213.8.2.5(BF) UBC 2213.9.5(SCBF)
Tek köşebent	$b/t$ (çapraz)	$\leq 52/\sqrt{F_y}$	UBC 2213.8.2.5(BF) UBC 2213.9.5(SCBF)
Çift köşebent	$b/t$ (çapraz)	$\leq 52/\sqrt{F_y}$	UBC 2213.8.2.5(BF) UBC 2213.9.5(SCBF)
Borular	$D/t$ (çapraz)	$\leq 1300/F_y$	UBC 2213.8.2.5(BF) UBC 2213.9.5(SCBF)
U kesitler	$b / t_f$ $h_c / t_w$	Özel şart yok Özel şart yok	-
T kesitler	$b_f / 2t_f$ $d / t_w$	Özel şart yok Özel şart yok	-
Dört köşe	-	Özel şart yok	-
Dörtgen Dairesel	veya -	Özel şart yok	-
Genel	-	Özel şart yok	-

### 3.4.3. Gerilmelerin Hesabı

Narin olmayan kesitlerin her bir yük kombinasyonu için hesaplanan eleman gerilmeleri genelde tüm kesit alanı özelliklerine bağlıdır:

$$f_a = P/A \quad (3.105)$$

$$f_{b33} = M_{33} / S_{33} \quad (3.106)$$

$$f_{b22} = M_{33} / S_{22} \quad (3.107)$$

$$f_{v2} = V_2 / A_{v2} \quad (3.108)$$

$$f_{v3} = V_3 / A_{v3} \quad (3.109)$$

Eğer kesit; narin elemanlarla berkitilmiş bir elemana ait narin bir kesit ise, örneğin I kesitindeki narin bir gövde gibi, U ve kutu kesitler veya kutu kesitlerde narin başlıklar gibi bu durumda gerilmelerin hesaplanmasında kullanılacak etkin mukavemet momenti azaltılmış gövde ölçülerine ve azaltılmış başlık ölçülerine bağlı olarak hesaplanır (CSI 2002).

$$f_a = P/A \quad (3.110)$$

$$f_{b33} = M_{33} / S_{eff,33} \quad (3.111)$$

$$f_{b22} = M_{33} / S_{eff,22} \quad (3.112)$$

$$f_{v2} = V_2 / A_{v2} \quad (3.113)$$

$$f_{v3} = V_3 / A_{v3} \quad (3.114)$$

### 3.4.4. Müsaade Edilebilir Gerilmelerin Hesabı

ASD97' ye göre basınç, çekme, eğilme ve kayma hallerindeki müsaade edilebilir gerilmeler, kompakt, kompakt-olmayan ve narin kesitler için aşağıdaki tanımlandığı gibi hesaplanır. Sismik kesitler için müsaade edilebilir gerilmeler kompakt kesitlerdekine benzer şekilde hesaplanır.

#### 3.4.4.1. Çekme Durumunda Müsaade Edilebilir Gerilme

Müsaade edilebilir aksenal çekme gerilmesi değeri  $F_a$ ,  $0.6 F_y$  olarak kabul edilir.

$$F_a = 0.6 F_y \quad (3.115)$$



### 3.4.4.2. Basınç Durumunda Müsaade Edilebilir Gerilme

Müsaade edilebilir aksenal basınç gerilmesi eğilmeli burkulma ve eğilmeli-burulmalı burkulma değerlerindedir en küçüğüdür.

#### Eğilmeli Burkulma

Müsaade edilebilir aksenal basınç gerilmesi değeri  $F_a$ , tüm kesit özellikleri ve buna ilişkin  $C_c$  değerine bağlı olarak bulunan narinlik oranı  $Kl/r$  ' ye bağlıdır. Burada;

$\frac{Kl}{r}$  değeri  $\frac{K_{33}I_{33}}{r_{33}}$  ve  $\frac{K_{22}I_{22}}{r_{22}}$  ' nin değerleri arasından büyük olanına eşit alınır, ve

$$C_c = \sqrt{(2\pi^2 E)/F_y} \text{ dir.} \quad (3.116)$$

Kompakt ve kompakt-olmayan elemanlarda  $F_a$  değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\frac{Kl}{r} \leq C_c \text{ ise} \quad F_a = \frac{\left\{1.0 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right\} F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}} \quad (3.117)$$

$$\frac{Kl}{r} > C_c \text{ ise} \quad F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \quad (3.118)$$

Kompakt ve kompakt-olmayan kesitlerde  $Kl/r$  değerinin 200'den büyük olması durumunda, hesaplanan  $F_a$  değeri (3.117) denklemi kullanılarak hesaplanan  $F_a$  değerinden büyük olmayacak şekilde tasarlanması gerekir.

Narin boru kesitler hariç tüm narin kesitlerde  $F_a$  değeri Denklem (3.118) ve (3.119) göre hesaplanır:

$$\frac{Kl}{r} \leq C'_c \text{ ise} \quad F_a = \frac{\left\{1.0 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c'^2}\right\} F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8C_c'} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c'^3}} \quad (3.119)$$

$$\frac{Kl}{r} > C'_c \text{ ise} \quad F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \quad (3.120)$$

Burada;

$$C'_c = \sqrt{(2\pi^2 E)/QF_y} \quad (3.121)$$

### Eğilmeli ve Burulmalı Burkulma

Müsaade edilebilir aksenal basınç gerilmesi değeri  $F_a$ , eğilmeli-burulma burkulması ve burulma burkulması değerlerinin sınır değerlerinden aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$(Kl / r)_e \leq C'_c \text{ ise, } F_a = \frac{\left\{ 1.0 - \frac{(Kl / r)_e^2}{2C'_c{}^2} \right\} F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r) - (Kl/r)^3}{8C'_c{}^3}} \quad (3.122)$$

$$(Kl / r)_e > C'_c \text{ ise } F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2} \quad (3.123)$$

#### 3.4.4.3. Eğilme Durumunda Müsaade Edilebilir Gerilme

Müsaade edilebilir eğilme gerilmesinin bağlı olduğu kriterler; kesitin geometrik şekli, eğilme eksenini, kesitin kompakt olup olmadığı ve boy parametresidir.

##### I-Kesitler

Tüm I-kesitleri için boy parametresi, yanal berkitilmemiş boy  $l_{22}$  olarak alınır ve bu değer kritik boy  $l_c$  ile karşılaştırılır. Kritik boy,

$$l_c = \min \left[ \frac{76b_f}{\sqrt{F_y}}, \frac{20000A_f}{dF_y} \right] \quad (3.124)$$

olarak tanımlanır.

##### Kuvvetli Eksende Eğilme

Eğer  $l_{22}$  değeri  $l_c$  den küçükse müsaade edilebilir kuvvetli yöndeki eğilme gerilmesi kompakt ve kompakt olmayan kesitlerde kesitlerin kaynaklı imatlı mı yoksa çekme mamulü mü olduğuna bağlı olarak ve  $f_y$  nin 65 ksi'dan büyük olup olmadığına bağlı olarak belirlenir.

Kompakt kesitler için:

$$f_y \leq 65 \text{ ksi} \quad \text{ise} \quad F_{b33} = 0.66F_y \quad (3.125)$$

$$f_y > 65 \text{ ksi} \quad \text{ise} \quad F_{b33} = 0.60F_y \quad (3.126)$$

Kompakt olmayan kesitler için:

Eğer profil hadde mamulü ve  $f_y \leq 65 \text{ ksi (N)}$  ise,

$$F_{b33} = \left( 0.79 - 0.002 \frac{b_f}{2t_f} \sqrt{F_y} \right) F_y \quad (3.127)$$

Eğer profil kaynaklı mamul ve  $f_y \leq 65$  ksi (N) ise;

$$F_{b33} = \left( 0.79 - 0.002 \frac{b_f}{2t_f} \sqrt{\frac{F_y}{k_c}} \right) F_y \quad (3.128)$$

$$\text{Eğer } f_y > 65 \text{ ksi (N) ise} \quad F_{b33} = 0.60F_y \quad (3.129)$$

Olarak alınır, ve eğer berkitilmemiş boy  $l_{22}$ ,  $l_c$  den büyükse o zaman hem kompakt hem de kompakt-olmayan I-kesitler için müsaade edilebilir eğilme gerilmesi  $l_{22}/r_T$  oranına bağlıdır ve

$$\frac{l_{22}}{r_T} \leq \sqrt{\frac{102 \times 10^3 C_b}{F_y}} \quad \text{için} \quad F_{b33} = 0.60 F_y \quad (3.130)$$

$$\sqrt{\frac{102 \times 10^3 C_b}{F_y}} < \frac{l_{22}}{r_T} \leq \sqrt{\frac{510 \times 10^3 C_b}{F_y}} \quad \text{için} \quad F_{b33} = \left[ \frac{2}{3} - \frac{F_y (l_{22}/r_T)^2}{1530 \times 10^3 C_b} \right] F_y \leq 0.60 F_y \quad (3.131)$$

$$\frac{l_{22}}{r_T} > \sqrt{\frac{510 \times 10^3 C_b}{F_y}} \quad \text{için} \quad F_{b33} = \left[ \frac{170 \times 10^3 C_b}{(l_{22}/r_T)^2} \right] \leq 0.60 F_y \quad (3.132)$$

$F_{b33}$  Denklem (3.132)'den elde edilecek değerden daha küçük olmayacak şekilde alınır.

$$F_{b33} = \frac{12 \times 10^3 C_b}{l_{22} (d/A_f)} \leq 0.60 F_y \quad (3.133)$$

$$C_b = 1.75 + 1.05 \frac{M_a}{M_b} + 0.3 \left( \frac{M_a}{M_b} \right)^2 \leq 2.3 \quad (3.134)$$

Burada,

$M_a$  ve  $M_b$  berkitilmemiş parçanın uç momentleridir ve  $M_a$  sayısal olarak  $M_b$ 'den daha küçüktür;

$\frac{M_a}{M_b}$  çift eğrili eğilme için pozitif ve tek eğrilikli eğilme için negatiftir.

Ayrıca eleman üzerindeki momentlerden herhangi biri  $M_b$  den büyükse  $C_b$  1.0 olarak alınır. Ayrıca düğüm noktası yer değiştirmesine karşı çaprazlanan çerçeveler için ve konsollar için de  $C_b$  1.0 alınır.

Kuvvetli eksenleri etrafında bükülen narin elemanlarda müsaade edilebilir eğilme gerilmesi, kompakt-olmayan kesitlerde de aynı şekilde belirlenir.

### Genel Kesitler

Genel kesitler için hem kuvvetli hem de zayıf yöndeki müsaade edilebilir eğilme gerilmesi,

$$F_b = 0.60F_y \text{ olarak hesaplanmıştır.} \quad (3.135)$$

### 3.4.5. Gerilme Oranı

#### 3.4.5.1. Eksenel Yük ve Eğilme Momenti için Birleşik Gerilme Oranı

Müsaade edilebilir eksenel ve eğilme gerilmesi değerleri ile çarpanlarla arttırılmış eksenel ve eğilme eleman gerilmelerinin hesaplanmasıyla her yük kombinasyonu için aşağıdaki gibi bir etkileşim gerilme oranı elde edilir.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{m33}f_{b33}}{\left[1 - \frac{f_a}{F'_{e33}}\right]F_{b33}} + \frac{C_{m22}f_{b22}}{\left[1 - \frac{f_a}{F'_{e22}}\right]F_{b22}} \leq 1 \text{ ve} \quad (3.136)$$

$$\frac{f_a}{Q(0.60F_y)} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}} \leq 1 \quad (3.137)$$

Yük kombinasyonu rüzgâr yükü veya sismik yük içeriyorsa  $F'_e$  ve  $0.60 F_y$  değerleri 4/3 katı olarak arttırılmaz.

Gerilme oranı özel sismik yük kombinasyonları için hesaplandığında basınç halinde kolon eksenel müsaade edilebilir gerilmesi,  $F_a$  yerine  $1.7 F_a$  olarak alınır.

$f_a$  basınç ve  $f_a/F_a \leq 0.15$  ise, birleşik gerilme oranı,

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}} \leq 1 \quad (3.138)$$

$f_a$  çekme veya sıfır ise, birleşik gerilme oranı aşağıdakilerin büyük olanıdır,

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}} \quad \text{ve} \quad \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}} \quad (3.139)$$

Ancak ilk denklemden  $F_{b33}$  veya  $F_{b22}$  nin  $0.60 F_y$  den daha az olmaması gerekir. İkinci denklem eksenel basıncın faydalı etkisi olmaksızın eğilmeli burkulmayı göz önüne alır.

Tek köşebent kesitler için, birleşik gerilme oranı asal eksenlerdeki özellikler göz önüne alınarak hesaplanır. I, kutu, U, T, çift köşebent, boru, daire ve dikdörtgen kesitlerde asal eksenler geometrik eksenlerle üst üste düşer.

AISC-ASD yönetmeliğinin tersine deprem ve rüzgâr yüklerini içeren kombinasyonlar için boyutlandırmada müsaade edilebilir gerilmeler düzenli müsaade edilebilir değerin  $4/3$  katı olarak arttırılmaz.



## **4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **4.1. SAYISAL UYGULAMALAR**

Ekonomik tasarımın araştırıldığı bu çalışmada standartlar olarak ASD, LRFD, ve Eurocode3'e göre sistemler SAP2000 programı yardımı ile çözümlenerek elde edilen çözümler karşılaştırılıp en ekonomik çözümün hangi standarda göre elde edildiği irdelenmiştir.

Sayısal örneklerde; elemanlara ilk önce tahmini kesitler atanıp sistem çözüldükten sonra, adım adım sistemdeki elemanlar interaktif olarak değiştirilip en ekonomik (en hafif) sistem elde edilinceye kadar sistemin analiz ve tasarımı yapılmıştır.

Çözümlerde; eleman kesitleri dışındaki bütün veriler aynı kalmaktadır.

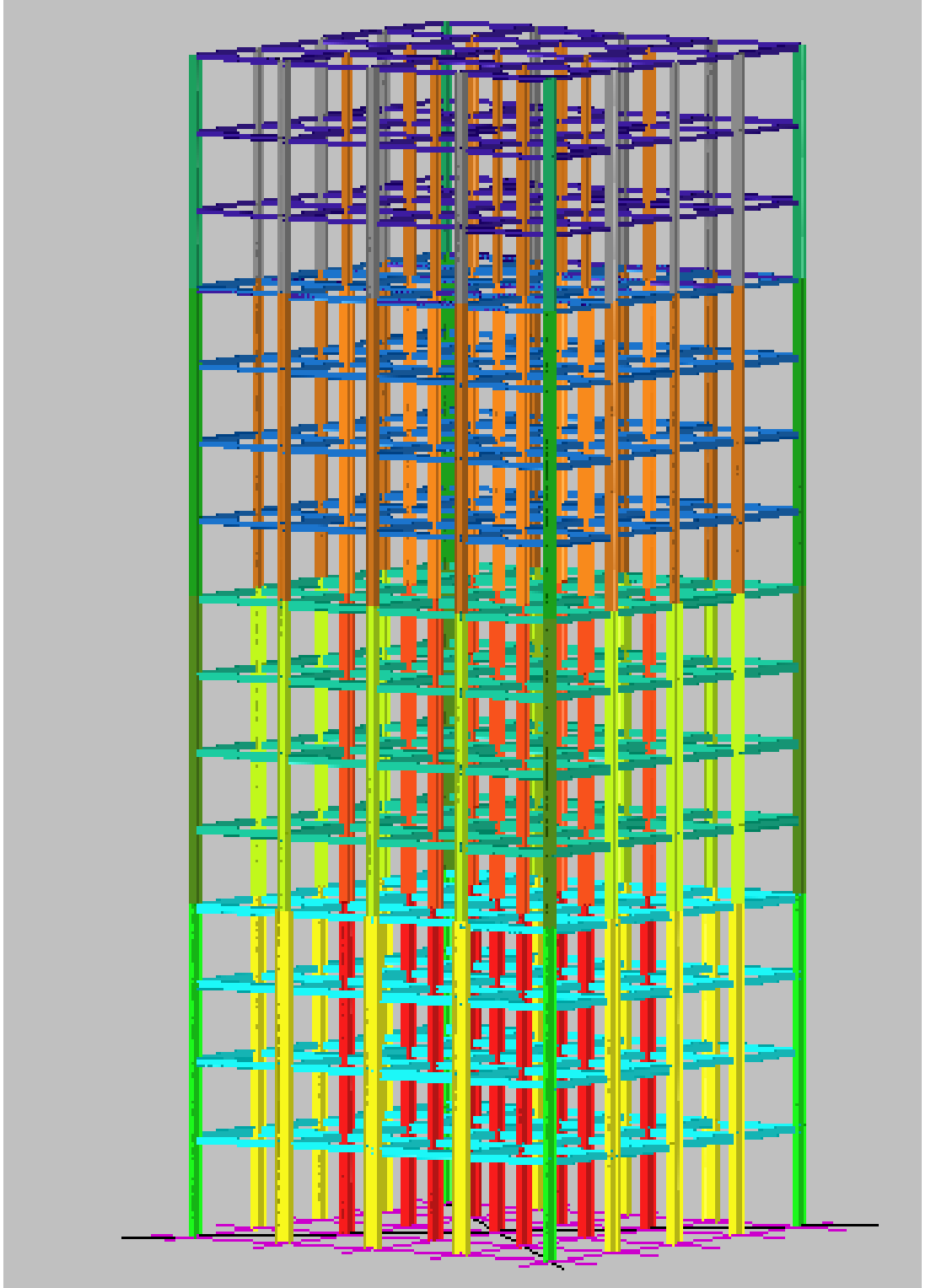
Çözüm adımları ve yapılan işlemler sadece LRFD standardı kabul edilerek yapılan tasarım için aşağıda verilmiştir. Diğer standartlar için yapılan çözümlerde benzer adımlar izlenip sonuçlar bu işlemlere göre elde edilmiştir.

Tasarımlar sonunda elde edilen çözümlerin en son hali her üç standarda göre ayrıca uygulamaların sonunda verilir değerlendirilmeler bu sonuçlar üzerinden yapılmıştır.

#### **4.1.1. Sistem ve Yük Bilgileri**

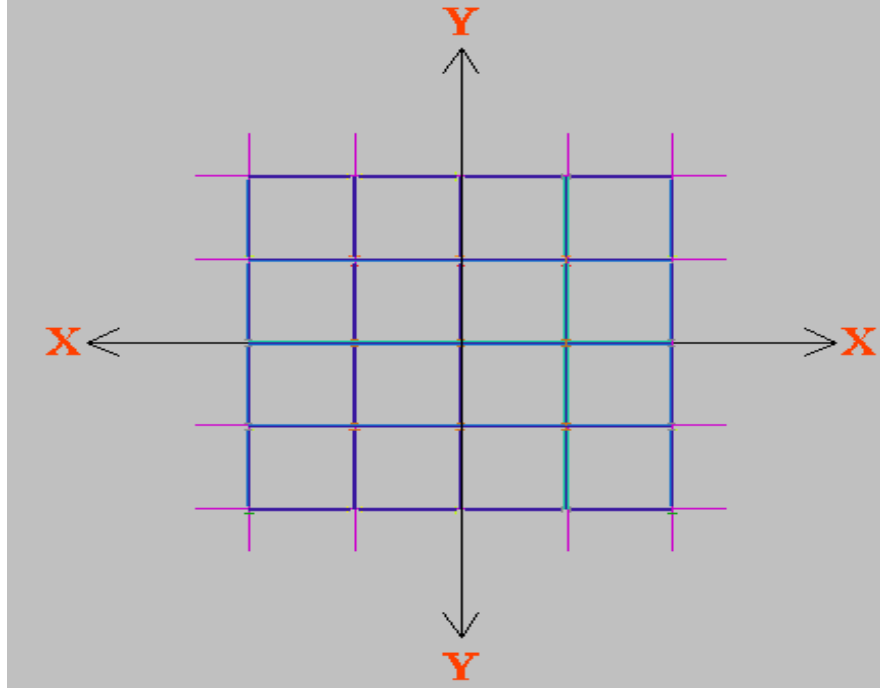
Yapılar; zemin+14 kattan oluşmakta, x- yönünde 4 açıklık ve y- yönünde 4 açıklık olarak tasarlanmış, zemin kat yüksekliği 4m, normal katlar ise 3m, toplam yapı yüksekliği 46m, kiriş boyları her iki yönde de 4m olarak girilmiştir.

Şekil 4.1.'de sistemin üç boyutlu görünüşü, şekil4.2'de sistemin kat planı ve şekil 4.3'te sistemin önden görünüşü verilmektedir.

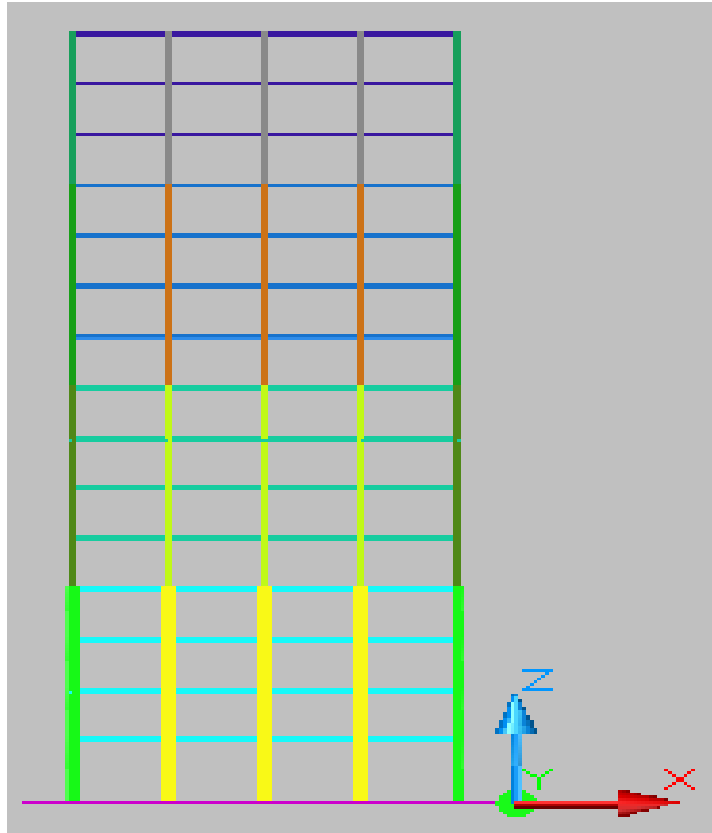


Şekil 4.1. Sistemin Üç Boyutlu Görünümü





Şekil 4.2. Sistemin Kat Planı



Şekil 4.3. Sistemin Önden Görünüşü

Yapı 1. derece deprem bölgesinde bulunmakta olup yapının bulunduğu bölgede yerel zemin sınıfı Z3'tür.

Binanın her iki doğrultudaki yatay yük taşıyıcı sistemi, Deprem Yönetmeliği 2007'de verilen, süneklilik düzeyi yüksek moment aktaran çerçevelerden oluşmaktadır. Dolayısıyla deprem etkileri süneklilik düzeyi yüksek moment aktaran çerçeveler tarafından karşılanmaktadır.

Yapı  $16 \times 16 = 256 \text{m}^2$  taban alanına sahip, toplam yüksekliği 46 metreden oluşmaktadır.

Kolanlar  $\pm 0,00$  kotunda temele ankastre olarak mesnetlenmiştir.

Profiller; çözümün anlamlı olarak karşılaştırılabilmesi için, kirişler ve kolonlar için Amerikan W geniş başlıklı profillerden seçilip her üç standart için de aynı tür kesitler kullanılmıştır.

Yüklemeler sabit, hareketli ve deprem yükleri olarak girilmiş, kar ve rüzgar yükleri dikkate alınmamıştır.

### 4.1.1.1. Düşey Yükler

Çatı katı için

Toplam sabit yük= $430 \text{kg/m}^2$

Toplam hareketli yük= $100 \text{kg/m}^2$

Normal katlar için

Toplam sabit yük= $490 \text{kg/m}^2$

Toplam hareketli yük= $200 \text{kg/m}^2$

### 4.1.1.2. Yatay Yükler

Yatay yükler için spektrum tanımlanmıştır.

### 4.1.1.3. Deprem Karakteristikleri

Tasarımı yapılacak olan binanın parametreleri aşağıda tablo halinde verilmiştir. Değerler Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'den

alınır, aşağıda Tablo4.1.'de verilmiştir. Yapının deprem analizi için mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır.

**Tablo4.1** Uygulama Parametreleri

<b>Açıklama</b>	<b>Parametre</b>	<b>DBYBHY (2007)</b>
Etkin yer ivmesi katsayısı (1. Derece deprem bölgesi)	$A_0=0.40$	<b>Tablo2.2</b>
Bina önem katsayısı (konutlar ve işyerleri için)	$I=1.00$	<b>Tablo2.3</b>
Spektrum karakteristik periyotları (Z3 Zemin sınıfı)	$T_A=0.15,$ $T_B=0.60$	<b>Tablo2.4</b>
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (deprem yüklerinin tamamının süneklilik düzeyi yüksek çerçeveler ile taşındığı çelik binalar)	$R=8$	<b>Tablo2.5</b>
Hareketli yük katılım katsayısı (konutlar ve işyerleri için)	$n=0.3$	<b>Tablo2.7</b>

#### 4.1.1.4. Kesit Seçimi ve Ataması

Şekil 4.1'de yapının üç boyutlu görünümü verilmektedir. Burada aynı grup elemanları aynı renk ile gösterilmiştir. Gruplandırma kolon ve kiriş kesitlerinin ataması için yapılmış, kesitler bu gruplara atanmıştır. Şekil 4.1.'de görülen renkler grupları temsil etmektedir.

Gruplar 4'er kattan oluşmakta olup son grup kat sayısı yetersiz olduğundan üç kattan ibarettir. Kattaki gruplar ise kendi aralarında kiriş, iç kolon, dış kolon ve köşe kolonları olmak üzere 4 gruptan oluşmaktadır.

#### 4.1.2. Sistemde Atanan Elemanlar ve Tasarım Yapılması

Sistem oluşturulduktan sonra sisteme W profillerinden atama yapılarak daha sonra sistem çözülmüştür. SAP2000 programında tasarım sonucu elde edilen elemanlar kırmızı, turuncu, sarı, yeşil ve mavi renklerde. Bu renkler etkileşim gerilme oranlarının (ASD için 3.136-3.139; Eurocode3 için 3.21-3.30; LRFD için 3.90-3.95 denklemleri) değerlerini vermektedir. Kırmızı renk için bu oran birden büyük olmakta ve o eleman için seçilen kesitin yetersiz olduğunu göstermektedir. Eğer elemanın rengi

turuncu ise oran 0.9-1.0 arasında olmakta ve ekonomik bir çözüm olduğunu göstermektedir. Sarı renk için bu oran 0.7-0.9 arasında, yeşil renk için 0.5-0.7 arasında ve mavi için 0.0-0.5 arasındadır. Bu oranın değeri küçüldükçe ekonomik çözümden uzaklaşmaktadır. Çözüm esnasında mümkün oldukça elemanların çözümden sonraki renklerinin sarı ve turuncu olmasına dikkat edilmiştir. Fakat elemanlar grup olarak seçilip atandığından grup elemanlarından bazılarını turuncu iken bazıları sarı veya yeşil renkte olabilmektedir. Bunun çözümü elemanların tek tek seçilip atanması olur ki buda işçilik açısından ekonomik olmaz, ayrıca uygulama esnasında büyük zorluklar oluşturur.

Çözüm esnasında kiriş elemanlarının sayısı fazla olduğundan kolon atamaları uygun kesitlerden seçilip, kiriş elemanlarının renkleri sarı veya turuncu elde edilinceye kadar tasarım tekrarlanmıştır. Kiriş elemanlarının nihai kesitleri elde edilince, kolonlarda kesitlerin küçültülmesi durumunda kiriş elemanlarının kesitleri yetersiz olduğu görülmüştür.

Sistem; önce LRFD yönetmeliğine göre tasarlanmış en hafif sistem elde edildikten sonra, yönetmelik değiştirilip ASD ve Eurocode3'e göre tekrar tasarım yapılmıştır. Çizelge 4.1'de görülen kesitler sisteme ilk atanan kesitlerdir. Daha sonra sırası ile çizelge 4.2, çizelge 4.3, çizelge 4.4, çizelge 4.5 ve çizelge 4.6'daki kesitler sisteme atanmış ve LRFD yönetmeliğine göre en hafif sistem elde edilmiştir. Daha sonra tasarım yönetmeliği ASD olarak değiştirilmiş ve analiz tekrar yapılmıştır. Yapılan analizlerde kesitlerin yeterli olmadığı görülmüş ve kesitler büyütülmüştür. 5. Atamada çizelge4.7'de bulunan kesitler sisteme atanmış ve kesitlerin yeterli olduğu yapılan analizde görülmüştür. Daha sonra tasarım yönetmeliği Eurocode3 olarak değiştirilmiş; tasarım yapıldıktan sonra kesitlerin gerekenden büyük olduğu görülmüştür. Daha küçük kesitler atanıp adım adım sistem tekrar çözülmüştür. Çizelge4.8'de gösterilen 6. atamadan sonra yapılan analiz sonucunda tasarım kesitlerinin uygun olduğu ve Eurocode3'e göre en ekonomik çözümün elde edildiği tespit edilmiştir.

## 4.1.2.1. LRFD İçin Atanan Kesitlerin Listesi

Çizelge 4.1. LRFD için 1. atama kesitleri

Kesitler	Grup Yeri	Eleman sayısı(adet)	Toplam Uzunluk(m)	Toplam Ağırlık(ton)
W12X35	12.-14. katın kirişleri	120	480	96.98
W12X40	8.-11. katın kirişleri	160	640	144.87
W14X53	4.-7. katın kirişleri	160	640	162.04
W14X65	Z.-3.katın kirişleri	160	640	125.75
W14X159	12.-14. katın köşe kolonları	12	36	7.78
W14X176	12.-14. katın dış kolonları	36	108	25.54
W18X130	12.-14. katın iç kolonları ve 8.-11. katın	75	225	59.02
W18X192	8.-11. katın iç kolonları	36	108	30.85
W21X147	8.-11. katın köşe kolonları	16	48	10.50
W21X182	4.-7. katın köşe kolonlar	16	48	13.03
W21X201	4.-7. katın dış kolonları	48	144	43.17
W21X223	4.-7. katın iç kolonları	36	108	35.77
W24X131	Z.-3. katın köşe kolonları	16	52	10.14
W24X146	Z.-3. katın dış kolonları	48	156	33.85
W24X162	Z.-3.katın iç kolonları	36	117	28.20
<b>Sistemdeki çelik elemanların toplam ağırlığı</b>				<b>827.49</b>

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge 4.2. LRFD için 2. atama kesitleri

Kesitler	Grup Yeri	Eleman sayısı(adet)	Toplam Uzunluk(m)	Toplam Ağırlık(ton)
W12X30	12.-14. katın kirişleri	120	480	85.80
W12X35	8.-11. katın kirişleri	160	640	129.31
W12X50	4.-7. katın kirişleri	160	640	144.87
W14X58	Z.-3.katın kirişleri	160	640	162.04
W14X145	12.-14. katın köşe kolonları	12	36	7.07
W14X159	12.-14. katın dış kolonları	36	108	23.35
W14X176	12.-14. katın iç kolonları ve 8.-11. katın dış kolonları	75	225	53.21
W18X130	8.-11. katın iç kolonları	36	108	28.33
W18X192	8.-11. katın köşe kolonları	16	48	13.71
W21X147	4.-7. katın köşe kolonlar	16	48	10.50
W21X182	4.-7. katın dış kolonları	48	144	39.09
W21X201	4.-7. katın iç kolonları	36	108	32.38
W21X223	Z.-3. katın köşe kolonları	16	52	17.22
W24X131	Z.-3. katın dış kolonları	48	156	30.42
W24X146	Z.-3.katın iç kolonları	36	117	25.39
<b>Sistemdeki çelik elemanların toplam ağırlığı</b>				<b>802.69</b>

Çizelge 4.3. LRFD için 3. atama kesitleri

Kesitler	Grup Yeri	Eleman sayısı(adet)	Toplam Uzunluk(m)	Toplam Ağırlık(ton)
W12X22	12.-14. katın kirişleri	120	480	31.84
W12X30	8.-11. katın kirişleri	160	640	114.40
W12X45	4.-7. katın kirişleri	160	640	129.31
W12X53	Z.-3.katın kirişleri	160	640	144.87
W14X132	12.-14. katın köşe kolonları	12	36	9.12
W14X145	12.-14. katın dış kolonları	36	108	21.22
W14X159	12.-14. katın iç kolonları ve 8.-11. katın dış kolonları	75	225	48.65
W14X176	8.-11. katın iç kolonları	36	108	25.54
W18X130	8.-11. katın köşe kolonları	16	48	12.59
W18X192	4.-7. katın köşe kolonlar	16	48	13.71
W21X147	4.-7. katın dış kolonları	48	144	31.50
W21X182	4.-7. katın iç kolonları	36	108	29.31
W21X201	Z.-3. katın köşe kolonları	16	52	15.59
W21X223	Z.-3. katın dış kolonları	48	156	51.66
W24X131	Z.-3.katın iç kolonları	36	117	22.82
<b>Sistemdeki çelik elemanların toplam ağırlığı</b>				<b>702.13</b>

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge 4.4. LRFD için 4. atama kesitleri

Kesitler	Grup Yeri	Eleman sayısı(adet)	Toplam Uzunluk(m)	Toplam Ağırlık(ton)
W10X26	12.-14. katın kirişleri	120	480	25.04
W12X22	8.-11. katın kirişleri	160	640	42.46
W12X40	4.-7. katın kirişleri	160	640	114.40
W12X50	Z.-3.katın kirişleri	160	640	129.31
W12X152	12.-14. katın köşe kolonları	12	36	8.15
W14X132	12.-14. katın dış kolonları	36	108	27.35
W14X145	12.-14. katın iç kolonları ve 8.-11. katın dış kolonları	75	225	44.21
W14X159	8.-11. katın iç kolonları	36	108	23.35
W14X176	8.-11. katın köşe kolonları	16	48	11.35
W18X130	4.-7. katın köşe kolonlar	16	48	12.59
W18X192	4.-7. katın dış kolonları	48	144	41.13
W21X147	4.-7. katın iç kolonları	36	108	23.63
W21X182	Z.-3. katın köşe kolonları	16	52	14.11
W21X201	Z.-3. katın dış kolonları	48	156	46.77
W21X223	Z.-3.katın iç kolonları	36	117	38.75
<b>Sistemdeki çelik elemanların toplam ağırlığı</b>				<b>602.58</b>



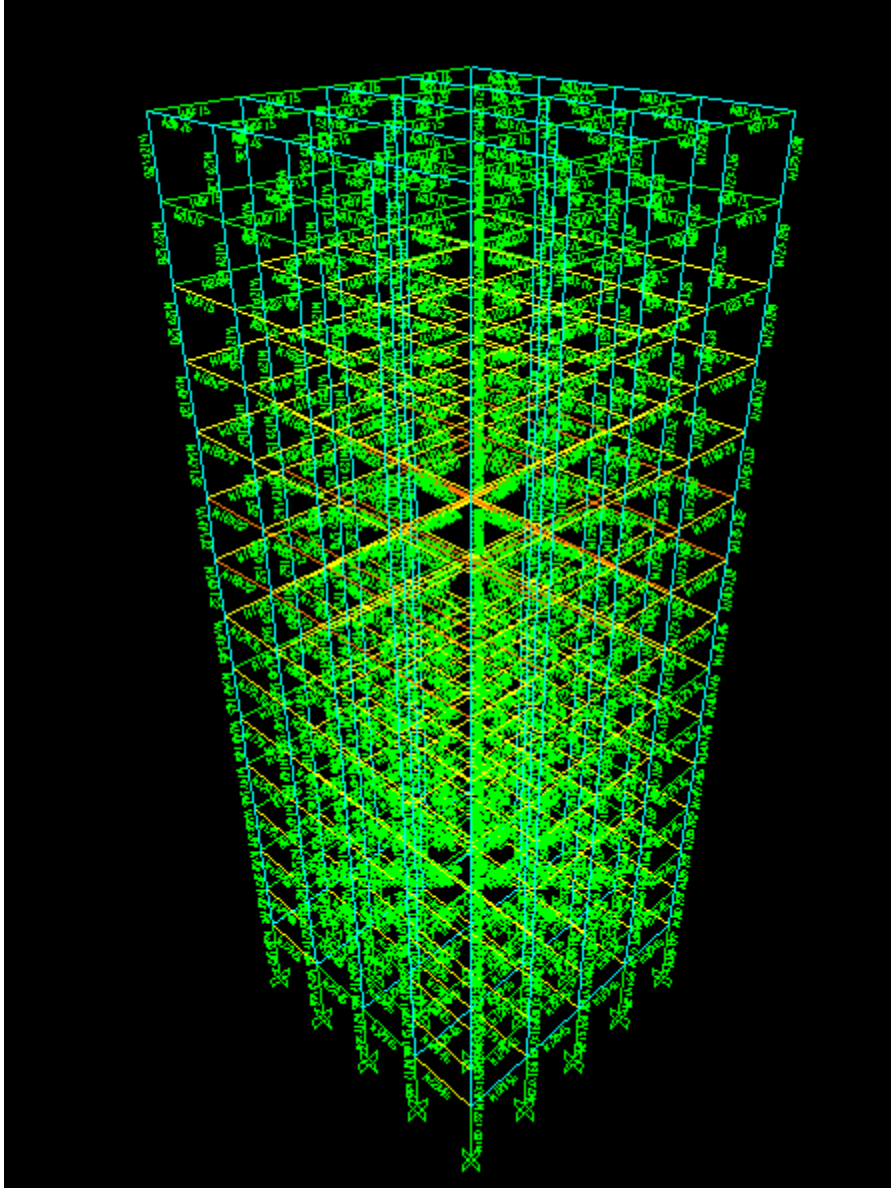
Çizelge 4.5. LRFD için 5. atama kesitleri

Kesitler	Grup Yeri	Eleman sayısı(adet)	Toplam Uzunluk(m)	Toplam Ağırlık(ton)
W10X22	12.-14. katın kirişleri	120	480	15.78
W10X26	8.-11. katın kirişleri	160	640	33.38
W12X35	4.-7. katın kirişleri	160	640	42.46
W12X45	Z.-3.katın kirişleri	160	640	114.40
W12X136	12.-14. katın köşe kolonları	12	36	7.27
W12X152	12.-14. katın dış kolonları	36	108	24.45
W14X132	12.-14. katın iç kolonları ve 8.-11. katın dış kolonları	75	225	56.97
W14X145	8.-11. katın iç kolonları	36	108	21.22
W14X159	8.-11. katın köşe kolonları	16	48	10.38
W14X176	4.-7. katın köşe kolonlar	16	48	11.35
W18X130	4.-7. katın dış kolonları	48	144	37.77
W18X192	4.-7. katın iç kolonları	36	108	30.85
W21X147	Z.-3. katın köşe kolonları	16	52	11.38
W21X182	Z.-3. katın dış kolonları	48	156	42.34
W21X201	Z.-3.katın iç kolonları	36	117	35.07
<b>Sistemdeki çelik elemanların toplam ağırlığı</b>				<b>495.07</b>

## ARAŞTIRMA BULGULARI

Çizelge 4.6. LRFD için 6. atama kesitleri

Kesitler	Grup Yeri	Eleman sayısı(adet)	Toplam Uzunluk(m)	Toplam Ağırlık(ton)
W8X15	12.-14. katın kirişleri	120	480	10.79
W10X22	8.-11. katın kirişleri	160	640	21.03
W12X35	4.-7. katın kirişleri	160	640	33.38
W12X45	Z.-3.katın kirişleri	160	640	42.46
W12X120	12.-14. katın köşe kolonları	12	36	6.44
W12X136	12.-14. katın dış kolonları	36	108	21.82
W12X152	12.-14. katın iç kolonları ve 8.-11. katın dış kolonları	75	225	50.93
W12X170	8.-11. katın iç kolonları	36	108	27.35
W14X132	8.-11. katın köşe kolonları	16	48	9.43
W14X145	4.-7. katın köşe kolonlar	16	48	10.38
W14X159	4.-7. katın dış kolonları	48	144	34.05
W14X176	4.-7. katın iç kolonları	36	108	28.33
W18X192	Z.-3. katın köşe kolonları	16	52	14.85
W21X166	Z.-3. katın dış kolonları	48	156	38.55
W21X182	Z.-3.katın iç kolonları	36	117	31.76
<b>Sistemdeki çelik elemanların toplam ağırlığı</b>				<b>381.55</b>



Şekil 4.4. 6. Atama tasarımı sonucu sistemin durumu

6. ve son atamadan sonra sistemin LRFD yönetmeliğine göre tasarımı yapıldıktan sonraki durumu Şekil 4.4.'te gösterilmiştir.

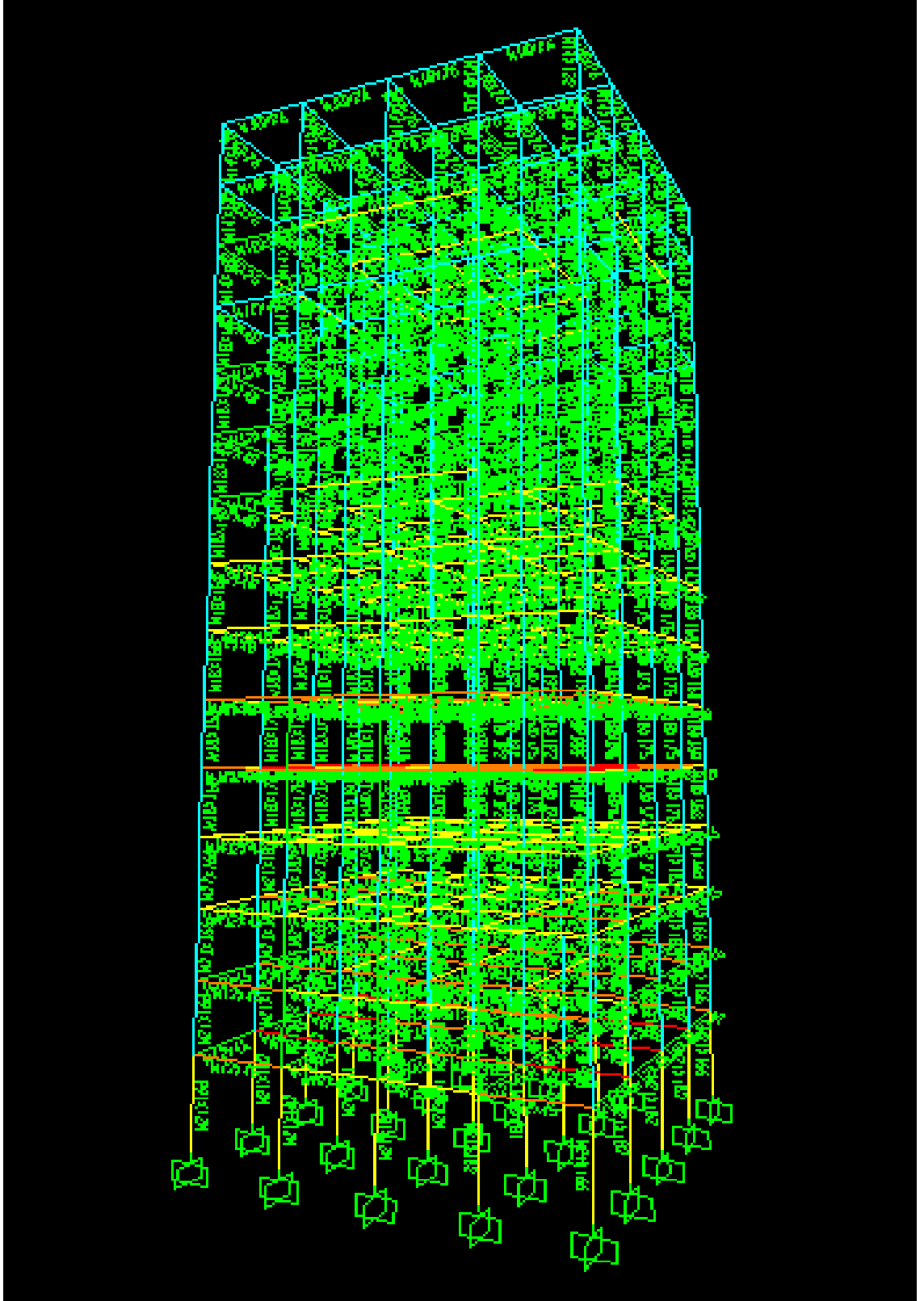
ASD yönetmeliği kullanılarak yapılan tasarım da 5. atama sonucu elde edilen tasarım kesitleri çizelge 4.7.'de, Eurocode3 kullanılarak yapılan tasarım da 6. Atama sonucu elde edilen tasarım kesitleri çizelge 4.8.'de verilmiştir.

4.1.2.2. ASD için Atanan Kesit Listesi

Çizelge 4.7. ASD için 5. ve son atama kesitleri

Kesitler	Grup Yeri	Eleman sayısı(adet)	Toplam Uzunluk(m)	Toplam Ağırlık(ton)
W10X26	Z.-3.katın kirişleri	120	480	18.50
W12X40	4.-7. katın kirişleri 8.-11. katın kirişleri	160	640	75.84
W12X45	12.-14. katın kirişleri	160	640	42.46
W14X132	12.-14. katın köşe kolonları	160	640	7.07
W14X145	12.-14. katın dış kolonları	12	36	23.35
W14X159	12.-14. katın iç kolonları ve	36	108	19.16
W18X143	8.-11. katın köşe kolonları	75	225	10.23
W18X158	4.-7. katın köşe kolonları ve 8.-11. katın	36	108	45.02
W18X175	4.-7. katın dış kolonları	16	48	65.46
W18X192	4.-7. katın iç kolonları	16	48	30.85
W21X166	Z.-3.katın köşe kolonları	48	144	12.85
W21X182	Z.-3.katın dış kolonları	36	108	42.34
W21X201	Z.-3.katın iç kolonları	16	52	35.07
<b>Sistemdeki çelik elemanların toplam ağırlığı</b>				<b>428.2</b>

Çizelge 4.7.'de gösterilen kesitlerden yapılan atamadan sonra, ASD yönetmeliğine göre yapılan tasarım sonucu sistemin durumu, şekil 4.5.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. 5. Atama tasarımı sonucu sistemin durumu

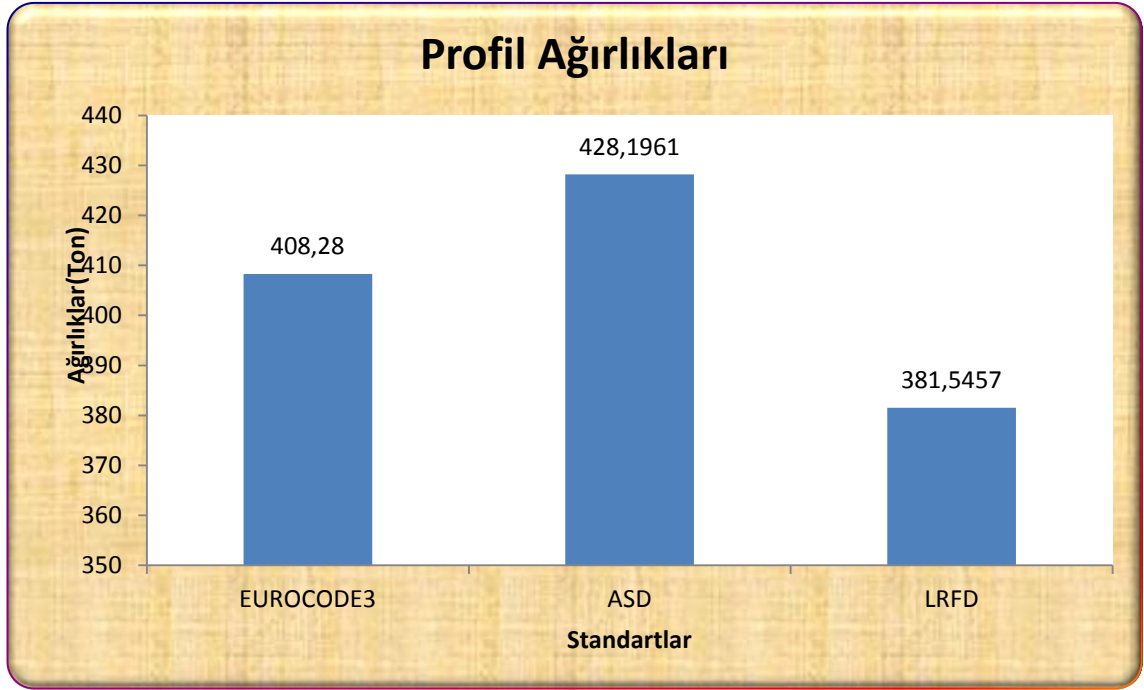
4.1.2.3. Eurocode3 İçin Atanan Kesit Listesi

Çizelge 4.8. Eurocode3 için 6. ve son atama kesitleri

Kesitler	Grup Yeri	Eleman sayısı(adet)	Toplam Uzunluk(m)	Toplam Ağırlık(ton)
W10X22	12.-14. katın kirişleri	120	480	28.33
W12X35	8.-11. katın kirişleri	160	640	14.85
W12X40	4.-7. katın kirişleri	160	640	38.55
W12X50	Z.-3.katın kirişleri	160	640	31.76
W12X120	12.-14. katın köşe kolonları	12	36	15.78
W12X136	12.-14. katın dış kolonları	36	108	9.43
W12X152	12.-14. katın iç kolonları ve 8.-11. katın dış kolonları	75	225	10.38
W12X170	8.-11. katın iç kolonları	36	108	34.05
W14X132	8.-11. katın köşe kolonları	16	48	37.92
W14X145	4.-7. katın köşe kolonlar	16	48	47.31
W14X159	4.-7. katın dış kolonları	48	144	33.38
W14X176	4.-7. katın iç kolonları	36	108	21.82
W18X192	Z.-3. katın köşe kolonları	16	52	50.93
W21X166	Z.-3. katın dış kolonları	48	156	27.35
W21X182	Z.-3.katın iç kolonları	36	117	6.44
<b>Sistemdeki çelik elemanların toplam ağırlığı</b>				<b>408.28</b>

Çizelge 4.8.'de gösterilen kesitlerden yapılan atamadan sonra, Eurocode3 yönetmeliğine göre yapılan tasarım sonucu sistemin durumu, şekil 4.6.'da gösterilmiştir.





Şekil 4.7. Tasarım Sonuçları

Şekil4.7’de standartlara göre elde edilen profil ağırlıkları gösterilmiş ve çizelge4.9’da bu ağırlıkların bir birleri ile kıyaslanmıştır.

Standart	Toplam Ağılık (ton)	Oran(%)
LRFD	381.55	%100
EUROCODE3	408.28	%107
ASD	428.20	%111

Çizelge4.9. Elde edilen ağırlıkların oranı

Çizelge4.9’da görüldüğü üzere LRFD’ye göre yapılan çözüm en ekonomik ve en hafif çözümdür. Çizelge4.9’da görüldüğü üzere LRFD ağırlık olarak %11 ASD’den ve %7’de Eurocode3’ten daha ekonomik bir çözümdür.



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bir yapının projelendirilmesi ve yapılması için; dayanım, dayanıklılık, işlevsellik, ekonomik ve estetik birlikte ele alınıp çözülmesi gereken problemlerdir.

Tez çalışması kapsamında çok katlı çelik yapıların ekonomik olarak tasarlanması irdelenmiş, Dünya’da tasarım konusunda yapılan yaklaşımlar değerlendirilmiş ve en ekonomik tasarımın hangi yaklaşım neticesinde ve hangi standarda göre elde edileceği irdelenmiştir.

Günümüzde, başlıca iki tür tasarım felsefesi vardır. Bunlardan birincisi güvenlik gerilmeleri (Allowable Stress Design), diğeri ise yük ve dayanım çarpanı (Load and Resistance Factor Design) tasarımı olarak adlandırılırlar. Önceleri güvenlik gerilmeleri esasına dayanan yöntemler kullanılmış olmakla beraber, son yıllarda daha rasyonel ve olasılık esaslı olan sınır değer yöntemlerinin kullanılması yaygınlaşmıştır. Tasarım için değişik sınır değer esaslı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada her üç yönetmeliğe göre çözümler yapılmış elde edilen sonuçlar şekil 4.7.’de verilmiştir. Buna göre en ekonomik çözüm LRFD yönetmeliği kullanılarak yapılan çözüm olmuştur. Çerçevenin ağırlığı 381.6 ton olarak elde edilmiştir.

Ekonomik tasarım yaparken çelik elemanların ağırlıkları toplamı birebir maliyeti yansıtmaya da bizlere bir fikir verebilmektedir. Elemanların bağlantı detayları ve buna bağlı olarak işçilik kullanılan parça adedi ve süre ayrıca toplam maliyeti etkileyen çok önemli etkenlerdir. Ayrıca binanın yapıldığı bölgenin afet riski, zemin özellikleri, bina geometrik özellikleri, mimari gereksinimler, işçilik ve süre gibi etmenler düşünülüp değerlendirildiğinde, sistemler farklı koşullarda birbirlerinden avantajlı duruma geçebilir. Genel anlamda ihtiyacı karşılayabilen sistem en ekonomik sistemdir. Önemli olan ekonomik yönden uygun yönetmelik ve mühendislik ön görülerinin ve deneyimlerinin projeye olumlu yönde olan etkisidir.

Yapının sünek davranışını sağlamak için bütün birleşimlerde süneklilik prensibi korunmalı, kolonlardan önce kirişlerin plastikleşmesi için tüm önlemler alınmalıdır. Bu tasarım sonucu birleşim ve detaylar eksiksiz ve özenle uygulanmalıdır. Yüksek sünek tasarlanan yapının muhtemel deprem anında daha rijit davranması, beklenen kısımlarda plastik mafsalların oluşmaması, yerel burkulma ve buruşmaların olması gibi durumlarda göçme riski oluşabilir; bu riskleri mümkün oldukça iyi tahmin edilmelidir. Proje

müellifi mühendisin tecrübe ve deneyimleri bu noktalarda oluşabilecek riskleri öngörmeli proje tasarımını ona göre yapmalıdır.

Yapını taşıyıcı sistem seçiminde yapı geometrisi önemli rol oynamaktadır. Yapılar mümkün mertebede düzensizlikler içermemelidir. Yapının taşıyıcı sistem aksları mümkün mertebe birbirine paralel olmalıdır. Yapının yüksekliği arttıkça tasarım çerçeve sistemden çaprazlı sistemlere geçilmelidir. Rijit çerçeve sistemi, çaprazlı sistem davranışına getirebilmek için çok büyük kesitlerin kullanılması gerekmektedir, bu da inşaat maliyetini oldukça artıracak ve uygulanabilirliği zorlaştıracaktır.

Yapılarda kullanılan kompozit döşeme ve sürekli kirişler, deprem durumunda yatay yük taşıyıcı elemanların birbirleriyle yardımlaşmasına olanak sağlamalıdır. Kirişler mümkün oldukça süreklilikleri devam etmelidir, mimari sebeplerden dolayı süreksizlik durumlarından kaçınılmalıdır. Gerekli durumlarda çapraz sistemler kullanılmalıdır. Yapının geometrisi çok aşırı narin olmamalı, gerekli durumlarda kat sayısı azaltılıp yapının oturum alanı büyütülmelidir. Katlarda aynı görevi gören yapı elemanlarının kesitleri mümkün oldukça birbirine yakın hatta aynı ebatlarda olmalıdır. Aksi durumda elemanlardan biri aşırı zorlanırken diğer eleman kapasitesinin altında yük taşıma durumunda kalabilir. Bu tür durumlara mahal vermemek için kesit seçiminde çok dikkatli davranılmalıdır. Yapının rijitliği her iki yönde yapının geometrisi ile uyumlu olmalı, rijitlik merkezi ile kat kütle merkezi mümkün oldukça birbirine yakın olmalıdır. Yapılarda imalat ve montaj kolaylığı açısından çok farklı kesitler seçilmemeli ve ek detayları verilmelidir.

Üç ayrı standart için SAP2000 programı yardımı ile yapılan analiz sonuçlarından görülüyor ki; çıkan değerler arasında belli bir fark vardır. Çizelge 4.9.'da görünen ağırlık tablosundan görülüyor ki, sistemin çözümünde yapı için gerekli malzeme miktar itibarıyla birbirinden farklıdır. Bu fark LRFD ile ASD arasında 45.65 ton, LRFD ile Eurocode3 arasında 26.73 tondur. Bu miktarların gerçek uygulamada; elemanların ortalama % 10 fire ile uygulanacakları da hesaba katılacak olursa; fark; LRFD ile ASD arasında yaklaşık 50 ton, LRFD ile Eurocode3 arasında ise yaklaşık 30 tonluk bir fark bulunacaktır. Demir fiyatları ve işçilik dahil bu yılki Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü birim fiyatı 3147.75 TL/ton 'dur. Hesaplanacak olursa LRFD ASD'den 157387.5 TL (3147.75TL/ton\*50 ton), LRFD Eurocode3'ten ise 94432.5 TL (3147.75TL/ton\*30ton)

daha ekonomik bir çözüm sunmuş olacaktır. Elde edilen bu değerler günümüz koşullarında kayda değer ekonomik tutarlardır.



## **6. KAYNAKLAR**

- Akbay,F.2011.ÇelikYapılar.<http://fatihakbay.fateback.com/celikyap/CELIKY.html>. 03.05.2011.
- Ar, E. 2009. Çelik Yapıların Tasarım Metotları ve Bunların Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Arat, A. 1999. Uzay Kafes Sistemlerin Statik Hesabı ve Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arslangiray, B. 2008. Çelik Yapılarda Farklı Standartların Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Aydınoglu ve ark. 2009, DBYBHY Açıklamalar ve Örnekler, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Ateş, A. 2006, Çelik Yapıların Analizi ve 1997 ile 2006 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Balkan, G. 2007, Türk, Amerikan ve Avrupa Çelik Standartlarının İncelenmesi ve Kıyaslanması, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Bayındırlık ve İskân Bakanlığı.2007. *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik* (DBYBHY). 26454 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Bulut, B. M. 2008, Merkezi Çaprazlı ve Dış Merkez Çaprazlı Çok Katlı Çelik Yapıların Doğrusal Olmayan Davranışında Süneklik Düzeylerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- CSI. 2011. Çelik Yapı Boyutlandırma Kılavuzu. <http://www.comp-engineering.com/>.04.05.2011
- Çağatay, Y. E. 2006, Çok Katlı Çelik Yapıların Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çileli, E. 2008, Çok Katlı Çelik Yapılarda Çaprazlı Çerçeve Sistemlerinin DBYBHY 2007'ye Göre Tasarımı ve Süneklik Düzeylerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Deren H. Uzgider, E. Piroğlu F. Çağlayan, Ö. 2002, 2008. Çelik Yapılar. İstanbul Çağlayan Kitabevi.

## KAYNAKLAR

Ersoy, U. ve Özcebe, G. (2001) Betonarme: Temel İlkeler TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine (1998) Göre Hesap, Genişletilmiş Yeni Baskı, Evrim Yayınevi. İstanbul.

Gündüz, M.S., 2002, Çelik Uzay Kafeslerin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi Ve Maliyet Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Güner, F. 2007, Çok Katlı Çelik Yapılarda Deprem Performansının Belirlenmesi ve Doğrusal Olmayan Davranışın İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Keleşoğlu, Ö., 2002, Lineer Olmayan Uzay Kafes Sistemlerin Bulanık Mantık Yöntemi İle Optimizasyonu, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Kocabaş, S. 2005. Çelik Yapıların SAP2000 Programı İle Analiz Ve Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Kuyucak, A. O., 1999, TS 648, Yük ve Dayanım Katsayıları Tasarımı ve Eurocode 3: bölüm 1.1 Şartnamelerinin Tasarım Esasları ve Yapı Elemanları İçin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Şen, G. 2006, Çok Katlı Çelik Yapılarda Performansa Dayalı Tasarım Kriterleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şirikçi, İ. 2006, çelik Bir Sistemin Elastik ve Plastik Analiz sonuçlarının Betonarme Sistemle Maliyet Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

T.S. 648. 1980. Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, S:48. Ankara.

T.S. 4561. 1985. Çelik Yapıların Plastik Teoriye Göre Hesap ve Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, S:38. Ankara.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Abdurrahim TUĞRUL 02.04.1980 tarihinde Diyarbakır'da doğdu ilkokulu Ali PaŐa İlkokulunda, ortaokulu Turgut Özal İlköğretim okulunda ve lise öğrenimini Melik Ahmet Lise 'sinde tamamladı. 2002 yılında başladığı Dicle Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2006 yılında mezun oldu. Bingöl Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğünde inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.