

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AĞIR SANAYİ YAPISININ AISC 360-10 VE TS-648
YÖNETMELİKLERİNE GÖRE
KARŞILAŞTIRMALI BOYUTLANDIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cem BİNGÖL

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

MART 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AĞIR SANAYİ YAPISININ AISC 360-10 VE TS-648
YÖNETMELİKLERİNE GÖRE
KARŞILAŞTIRMALI BOYUTLANDIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Cem BİNGÖL
(501091097)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Barlas Özden ÇAĞLAYAN

MART 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091097 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Cem BİNGÖL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**Ağır Sanayi Yapısının AISC 360-10 ve TS-648 Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırılmalı Boyutlandırılması**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Barlas Özden ÇAĞLAYAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Cüneyt VATANSEVER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Güven KIYMAZ
Fatih Üniversitesi

Teslim Tarihi : **16 Aralık 2013**
Savunma Tarihi : **06 Mart 2014**

ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Mühendisliği yüksek lisans programı çerçevesinde hazırlanan bu yüksek lisans tezinde; bir doğrultusu süneklik düzeyi normal çerçevelerden, diğer doğrultusu ise süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerden oluşan ağır sanayii yapısının yapısı AISC 360-10 (LRFD), AISC 360-10 (ASD) ve TS-498 yönetmeliklerine göre karşılaştırmalı boyutlandırılmıştır. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında SAP2000 programından yararlanılmıştır. Yapı elemanları boyutlandırılırken AISC 360-10(LRFD), AISC 360-10(ASD) ve TS-498 yönetmeliklerine ait kombinasyonlar dikkate alınmış olup boyutlandırmada ortaya çıkan farklar incelenmiştir.

Teze başlamadan önce beni sıkıntılı zamanlardan düzlüğe çıkartan, fikir ve tecrübelerini hiç sıkılmadan aktaran ve bütün egolarını arka cebine koymuş tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Barlas Özden ÇAĞLAYAN 'a , mesleğimi icra etmemdeki yol gösterenim İnş. Yük. Müh./ Mat Müh. Osman Kaan Bingöl'e, sevgi ve desteğini her saniye hatırlatan ve hayattaki olmazsa olmazlarımdan anne ve babama, her stresli anı neşesiyle ve enerjisiyle güzelliğe çeviren Mine Kapıcıoğlu'na en içten dileklerimle teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Aralık 2013

Cem Bingöl
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
SEMBOL LİSTESİ.....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu	1
1.2 Genel Yapı Tanımı	1
1.3 Yapı Taşıyıcı Sistemi	2
1.4 Malzeme Özellikleri	6
1.4.1 Yapı Çeliği	6
1.4.1.1 St37	6
1.4.1.2 St44	6
1.5 Sınır Duruma Göre Boyutlandırma Esasları	6
1.6 Emniyet Gerilmesine Göre Boyutlandırma Esasları	8
1.7 Yönetmeliklere Göre Enkesitlerin Sınıflandırılması	11
1.8 Kesit Dayanımları	14
1.8.1 Çekme dayanımı.....	14
1.8.2 Basınç dayanımı	14
1.8.2.1 Narin olmayan elemanlarda eğilmeli basınç dayanımı.....	14
1.8.2.1 Narin olmayan elemanlarda eğilmeli burulmalı burkulma dayanımı.	15
1.8.2.3 Narin elemanlarda basınç dayanımı.....	17
1.9 Eğilme Dayanımları	20
1.9.1 Çift simetri eksenli I ve U kesitlerin güçlü eksen etrafında dayanımı	20
1.9.2 I kesitli elemanlardan güçlü eksen etrafında eğilme dayanımı.....	21
1.9.3 I ve U kesitli elemanların zayıf eksen etrafında eğilme dayanımı	24
1.9.4 Kutu kesitli elemanlarda eğilme dayanımı	24
1.9.5 Dairesel boşluklu kesitlerde eğilme dayanımı	25
1.9.6 T kesitlerde çift kollu korniyerlerde eğilme dayanımı	26
1.10 Birleşik Kuvvetler ve Burulma Altında Eleman Dayanımı	27
1.10.1 LRFD'ye göre eğilme ve eksenel yük etkisi altında dayanım	27
1.10.2 ASD'ye göre eğilme ve eksenel yük etkisi altında dayanım	28
1.10.3 TS-648'e göre eğilme ve eksenel yük etkisi altında dayanım	29
1.11 Birleşimler.....	31
1.11.1 Bulonlu birleşimlerin hesabı	31
1.11.2 Kaynaklı birleşimlerin hesabı	34
2. YÜK ANALİZLERİ	39
2.1 Sabit Yükler	39

2.2 Kar Yüğü	39
2.3 Sıcaklık Yüğü	40
2.4 Rüzgar Yüğü.....	41
2.5 Deprem İle İlgili Parametreler ve Deprem Yüğüleri	41
2.5.1 ASCE 7-10'a göre deprem hesabi.....	41
2.5.2 DBYBHY 2007'ye göre deprem hesabi.....	44
2.6 Kreyın Yüğüleri	45
2.7 Yapı Analizi ve Boyutlandırması İçin Yüğü Kombinasyonları	46
2.7.1 TS-648'e göre yüğü kombinasyonları.....	46
2.7.2 AISC 360-10 LRFD'ye göre yüğü kombinasyonları.....	47
2.7.3 AISC 360-10 ASD' ye göre yüğü kombinasyonları.....	48
3. YAPISAL KESİT TAHKİKLERİ	51
3.1 Ana Makas – Üst Başlık Hesabı	51
3.1.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki	53
3.1.2 ASD'ye göre kesit tahkiki	54
3.1.3 TS-648'e göre kesit tahkiki	55
3.2 Ana Makas – Alt Başlık Hesabı.....	56
3.2.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki	57
3.2.2 ASD'ye göre kesit tahkiki	58
3.2.3 TS-648'e göre kesit tahkiki	60
3.3 Çatı Çaprazı Hesabı	60
3.3.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki	62
3.3.2 ASD'ye göre kesit tahkiki	63
3.3.3 TS-648'e göre kesit tahkiki	63
3.4 Ana Makas - Diyagonal Hesabı.....	64
3.4.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki	65
3.4.2 ASD'ye göre kesit tahkiki	66
3.4.3 TS-648'e göre kesit tahkiki	67
3.5 Düşey Çapraz Hesabı	68
3.5.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki	69
3.5.2 ASD'ye göre kesit tahkiki	70
3.5.3 TS-648'e göre kesit tahkiki	70
3.6 Kolon Hesabı	71
3.6.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki	72
3.6.2 ASD'ye göre kesit tahkiki	73
3.6.3 TS-648'e göre kesit tahkiki	73
3.7 Deplasman Kontrolleri	74
3.7.1 Yatay deplasman kontrolü.....	74
3.7.2 Düşey deplasman kontrolü	76
3.8 Aşık Hesabı	77
3.8.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki	77
3.8.2 ASD'ye göre kesit tahkiki	79
3.8.3 TS-648'e göre kesit tahkiki	80
3.9 Bağlantı Hesabı.....	80
3.9.1 Makas – Diyagonal bağlantı detayı.....	80
3.9.1.1 ASD'ye göre bağlantı tahkiki	81
3.9.1.2 TS-648'e göre bağlantı tahkiki	82
3.9.2 Çatı Çaprazı bağlantı detayı	82
3.9.2.1 ASD'ye göre bağlantı tahkiki	83
3.9.2.2 TS-648'e göre bağlantı tahkiki	84

3.9.3 Taban plakası bağlantı detayı.....	85
3.9.3.1 ASD'ye göre bağlantı tahkiki.....	85
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	87
KAYNAKLAR	91
EKLER.....	93

KISALTMALAR

LRFD	: Load and Resistance Factor Design
ASD	: Allowable Stress Design
ASCE	: American Society of Civil Engineers
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak olan Binalar Hakkında Yönetmelik
AISC	: American Institute of Steel Construction
TS - 648	: Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
TS - 498	:Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
SAP2000	: Structural Analysis Program

SEMBOL LİSTESİ

S_d	: Etkilerin tasarım değerleri
f_u	: Kopma dayanımı
E	: Elastisite modülü
G	: Kayma modülü
ν	: Poisson oranı
α	: Isıl genleşme katsayısı
ρ	: Yoğunluk
F_k	: Karakteristik yük
F_d	: Tasarım yükü
b	: Kesit genişliği
h	: Kesit toplam yüksekliği
d	: Kesitin gövde yüksekliği
r	: Kesitin eğrilik yarıçapı
t_f	: Kesitin başlık genişliği
t_w	: Gövde kalınlığı
g	: Yerçekimi ivmesi
I	: Bina önem katsayısı
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
Z_n	: Yerel zemin sınıfı
F_b	: Taban kesme kuvveti
δ_i	: Yatay ötelenme değeri
Δ	: Düşey deplasman
I_x	: Kesit kuvvetli eksen atalet moment
I_y	: Kesit zayıf eksen atalet moment
r_x	: Kuvvetli eksen atalet yarıçapı
r_y	: Zayıf eksen atalet yarıçapı
S_x	: Kesit kuvvetli eksen elastik mukavemet moment
S_y	: Kesit zayıf eksen elastik mukavemet moment
Z_x	: Kesit kuvvetli eksen plastik mukavemet moment
Z_y	: Kesit zayıf eksen plastik mukavemet moment
λ_p	: Kompakt enkesit için sınır narinlik değeri
λ_r	: Kompakt olmayan enkesit için sınır narinlik değeri
λ	: Enkesit narinlik değeri
P_a	: Eksenel çekme kuvveti tasarım değeri
P_n	: Eksenel yük tasarım karakteristik dayanımı
F_y	: Malzeme akma dayanımı
F_u	: Malzeme kopma dayanımı
P_c	: Eksenel basınç kuvveti tasarım değeri
F_{cr}	: Kritik akma gerilmesi
K	: Etkili boy katsayısı
F_e	: Elastik ve inelastic burkulmayı ayıran sınır gerilme değeri
Q	: İndirgeme faktörü

M_n	: Kesit nominal moment dayanımı
M_p	: Kesit plastic moment dayanımı
V_n	: Enkesitte nominal kesme dayanımı
V_u	: Enkesite etki eden kesme tasarım değeri
T_r	: Elemanda etkili olan burulma moment
T_c	: Eleman burulma moment dayanımı
P_f	: Kar yükü
C_e	: Kar yükü etki katsayısı
V	: Taban kesme kuvveti
R	: Taşıyıcı system davranış modifikasyon katsayısı (LRFD)
H	: Zeminden itibaren yükseklik
N_{max}	: En büyük tasarım eksenel yükü
T_x, T_y	: Spektrum karakteristik periyotları

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Dayanım azaltma katsayıları	7
Çizelge 1.2 : DBYBHY 2007 enkesit koşulları	13
Çizelge 1.3 : AISC'ye göre bulon sınıfları ve dayanımları.	31
Çizelge 1.4 : AISC'ye göre bulon çaplarına göre kullanılacak delik çapları.	31
Çizelge 1.5 : AISC'ye göre minimum kaynak kalınlıkları	35
Çizelge 1.6 : AISC'ye göre kaynak dikişi dayanım azaltma katsayıları	37
Çizelge 2.1 : Yüksekliğe göre rüzgar hızı ve emme kuvveti.	41
Çizelge 3.1 : Ana makas-üst başlık iç kuvvetler dağılımı	51
Çizelge 3.2 : Ana makas-alt başlık iç kuvvetler dağılımı.	57
Çizelge 3.3 : Çatı çaprazı iç kuvvetler dağılımı	61
Çizelge 3.4 : Ana makas-diyagonal iç kuvvetler dağılımı	65
Çizelge 3.5 : Düşey çapraz iç kuvvetler dağılımı.	69
Çizelge 3.6 : Kolon iç kuvvetler dağılımı	71
Çizelge 4.1 : Kapasite oranları karşılaştırması	87

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : 3D görünüşü	3
Şekil 1.2 : Tipik enine aks görünüşü.	4
Şekil 1.3 : Tipik boyuna aks görünüşü.	4
Şekil 1.4 : Çatı planı görünüşü	5
Şekil 1.5 : Emniyet gerilmesi-sınır dayanım ilişkisi.	10
Şekil 1.6 : Cm-M ilişkisi.....	30
Şekil 1.7 : Kesme kuvvetine maruz birleşimlerde mesafe notasyonları.....	32
Şekil 1.8 : Normal kuvvete maruz birleşimlerde bulon mesafe notasyonları.	32
Şekil 2.1 : Kar yığılması tablosu.	40
Şekil 2.2 : Rüzgar yükü dağılımı.....	41
Şekil 2.3 : ASCE 7-10 spektrum fonksiyon grafiği.	42
Şekil 3.1 : SAP2000 programında yapının EX deplasmanı.....	75
Şekil 3.2 : SAP2000 programında yapının EY deplasmanı.....	75
Şekil 3.3 : SAP2000 programında yapının D+L deplasmanı.....	76
Şekil 3.4 : L60.6 diyagonal bağlantı detayı.	81
Şekil 3.5 : Çatı çaprazı bağlantı detayı.	83
Şekil 3.6 : Taban plakası bağlantı detayı.	85
Şekil 4.1 : Kapasite oranlarının karşılaştırma grafiği.	88

AĞIR SANAYİ YAPISININ AISC 360-10 VE TS-648 YÖNETMELİKLERİNE GÖRE KARŞILAŞTIRMALI BOYUTLANDIRMASI

ÖZET

Çelik yapılarda mühendislik tasarımı ve paket programlar önemli bir yer tutmaktadır. Mühendislik tasarımı sırasında yönetmelikler mühendislere yol gösterici durumundadır. Mevcut yönetmelikler farklı tasarım prensiplerine dayanmakla birlikte hepsinin amacı hizmet süreci içinde insanların can güvenliğini sağlamaktır. Günümüzde yapıların boyutlandırmasında iki temel ilke vardır. Bunlar son yüzyıl süresinde kullanılan emniyet gerilmesi ilkesi, diğeri son otuz yılda yapılan olasılık teorisine dayanan yük ve dayanım ilkesidir.

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, uzun doğrultuda merkezi çaprazlı çelik sistem, kısa doğrultuda çerçeve sistem olarak tanımlanmış süneklik düzeyi normal ağır sanayi yapısının, AISC 360-10(American Institute of Steel Construction) ve TS-648'e (Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları) göre SAP2000 programının çubuk gerilme analizleri incelenmiştir

İnşaat mühendislerinin amacı yapıların tasarımının yanı sıra tasarladıkları yapıların maliyetini düşürmektedir. Yapılan bu tez çalışmasında emniyet gerilmesi ilkesi ile yük ve dayanım ilkesi karşılaştırılarak optimum sonuca hangi yönetmeliğin yakın olduğunu gösterilmektedir.

Taşıyıcı sistem modeli boyutlandırmasında düşey ve yatay değerleri sabit tutulup AISC 360-10 kapsamında bulunan LRFD (Load and Resistance Factor) , ASD (Allowable Stress Design) ve TS-648 yönetmeliklerine öngördüğü kombinasyonlar kullanılarak analizler yapılmıştır. Düşey yük ve rüzgar yükleri için TS-498 yönetmeliği kullanılmıştır. Deprem yükünün belirlenmesinde ASCE 7-10 ve DBYBHY-2007 yönetmelikleri kullanılmıştır.

COMPARATIVE DESIGN OF A HEAVY INDUSTRIAL STEEL STRUCTURE ACCORDING TO AISC 360-10 AND TS-648

SUMMARY

Engineering design and programmes are vital process in steel structures. In this duration of engineering desing many codes are guiding to engineers. Although existing design codes based on different design principles, all the design code's aim is to ensure life safety . There are two basic principles in design of structure. One of them is allowable stress design and the other is load and resistance factor that is based on probability theory.

In this study, which is presented as a M. Sc. thesis, in the long direction concentrically braced frame, in the short direction moment frame is defined as nominal ductility level heavy industry structure. AISC 360-10 and TS-648 design codes are used to examine SAP 2000 stress analysis.

One of the aim of civil engineers is not only design of buildings but also reducing the cost of the buildings. In this thesis allowable stress design and load and resistance factor design compared to which is closed to optimal results.

In the design of structural model, vertical and horizontal loads kept constant and LRFD (load and resistance factor), ASD (allowable stress design) and TS-648 code's combinations are used to analyse structure. TS-498 code is used for vertical load and wind load. Determination of seismic loads ASCE 7-10 and DBYBHY-2007 codes are used.

The internal forces of the frame elements located in the SAP2000 program, AISC360-10 (LRFD), AISC360-10 (ASD) and TS-648 according to the regulations of stress in the frame elements are compared.

When we examine capacity ratio of frames, LRFD and ASD design criteria in sizing results are too close but according to TS-648 design criteria , we need to change frame section. This case will cause move away from economy and increase the cost of building.

Wind loads in the load analysis was calculated according to the principles of TS-648. Earthquake loads carried by the AISC 341-10 code and DBYBHY 2007 code and the results are quite close. Because our infrastructure and existing regulations for snow accumulation of clutter in our profit calculation methods related to the lack of a clear account. Snow accumulation UBC-97 was performed according to regulations. We used DIN120 regulation to design crane girders..The reason that to use this regulation, especially occurring at constant load is to consider the effects of fatigue.

As a result of these studies , some shortcoming appeared in T-648 code.If we summarize briefly;

Though main loads and extra loads for resistance strength identified, the combinations that should be used in sizing aren't mentioned.

There are normal ductility and high ductility definitions in earthquake regulations so as to be used in earthquake analysis of steel constructions. This classification is made by the energy would be swallowed in earthquake. This classification effects reduction factor of earthquake load and earthquake effect decrease at that rate. Besides ductility level, cross-sectional dimensions are defined and slenderness upper limits are identified. When viewed from this aspect, existing TS-648 seems inadequate. Slenderness upper limits exist for only build-up section based on web and flange section dimensions.

In TS-648 article 2.4.2.4, displacement information given but this information provide nowadays needs. When service quality taken into consideration, it's observed that constructional users aren't disturbed by vibration or oscillation and there hasn't been deformation, vibrations or oscillation in the level to damage components of architectural details

Defined from the point of local buckling of differences between compact and non-compact are important in plate girders. In this elements that not carry seismic load AISC 360-10 code permit sizing compact and non-compact sections. However, that difference doesn't in TS-648 code. When we examine AISC 360-10 code we observe that all kinds of section types (I section, U section, pipe section, box section) has different capacity calculations. Even for some sections types the stresses formulas can change. When we analyse TS-648 unfortunately we can't see that difference. Its extent is rather limited considering AISC 360-10.

We clearly see that; TS648 code that we currently use is behind our nowadays conditions and engineering experiences. TS-648 code which is technically insufficient; is supposed to be reviewed again as part of nowadays technology, information and construction rules.

1. GİRİŞ

1.1 Konu

Sunulan bu tez çalışması, ağır sanayii yapısının TS498, TS648, DBYBHY 2007, AISC360-ASD, AISC360-LRF, ANSI/AISC 341-10 yönetmelikleri dikkate alınarak hazırlanan statik ve dinamik analizlerini içermektedir.

Daha önce yapılan tez çalışmaları incelendiği zaman genel olarak yönetmeliklerin karşılaştırılmış olduğunu görüyoruz. Bu tez çalışmasında diğer tezlerden farklı olarak günümüz koşullarında piyasada kullanılan SAP2000 programında en ekonomik çözümün hangi yönetmeliğin verdiğini araştırdık. Araştırmada SAP2000 programından çıkan iç kuvvetler sonucunda, yönetmeliklerin ortaya koyduğu boyutlandırma ilkelerine göre çubuk elemanların boyutlandırması tekrar kontrol edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda sanayii tipi krensiz yapılarda toplam tonaj 50 kg/m^2 olurken, krenli yapılarda bu değer $100\text{-}150 \text{ kg/m}^2$ olmaktadır. Bu durum bize şunu açıkça gösteriyor ki; özellikle oturma alanı büyük sanayii yapılarında metrekareye düşen birim ağırlıktaki en ufak bir değişim ekonomik olarak çok büyük kazanımlar sağlamaktadır.

1.2 Genel Yapı Tanımı

Yapının plan boyutları $46.6 \times 90 \text{ m}$ olup makas üst kotu $+29.50 \text{ m}$ 'dir. Makasların üstünde 3 m yüksekliğinde ışıklık bulunmaktadır. Çatı eğiminden dolayı kolon üst kotu $+26.00'$ dir. Yapının çatı ve cephe kaplaması trapezoidal sandviç panel olarak öngörülmüştür.

Sistemimde $+16.45$ kotunda 100 tonluk krenler olduğu için kolonlar $+16.45$ kotuna kadar örgü şeklinde gitmektedir.

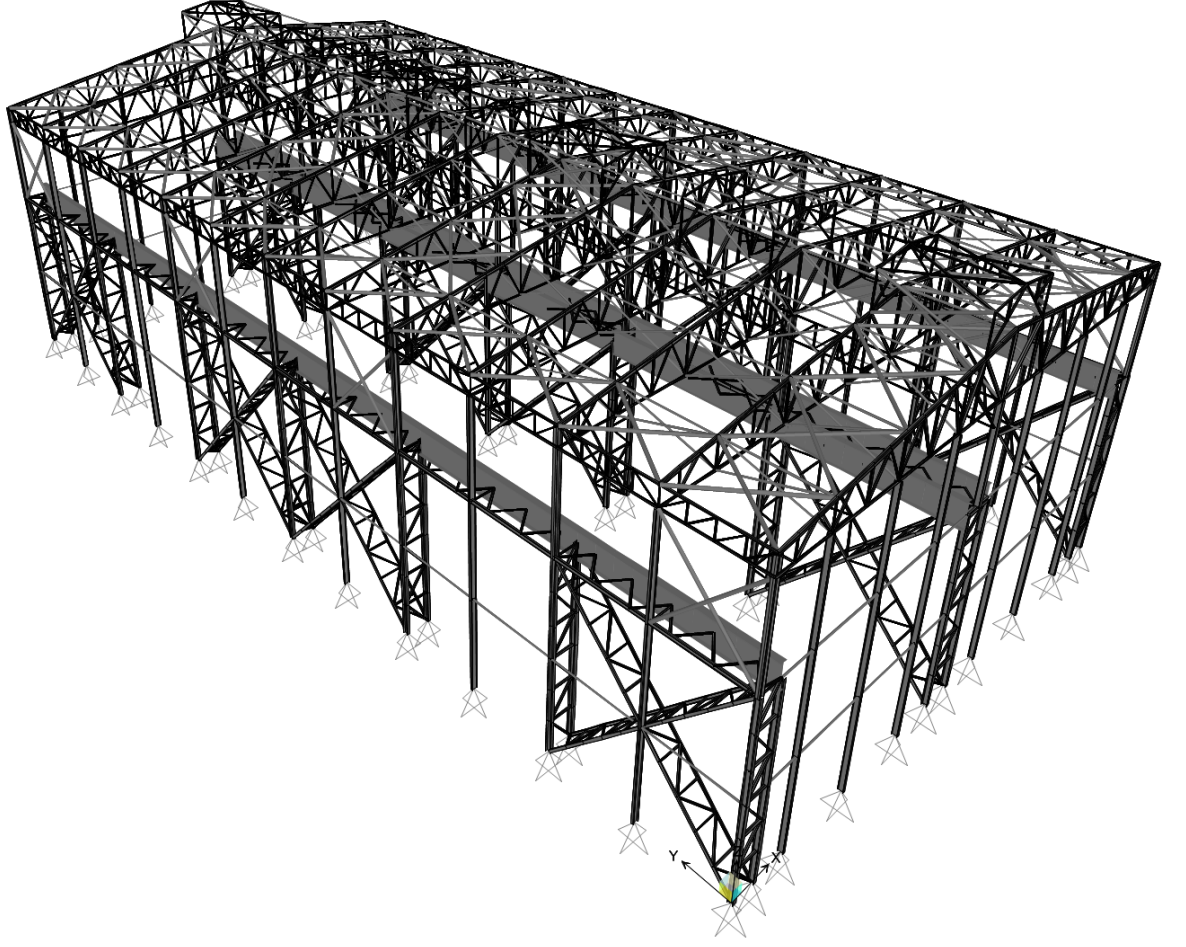
1.3 Yapı Taşıyıcı Sistemi

Yapı taşıyıcı sistemi boyuna doğrultusunda (Y doğrultusunda) 13 adet ana makastan oluşmaktadır. Bu makasların yüksekliği 5.00 m olarak boyutlandırılmıştır. Ana makas aralıkları 7.5 m olarak düzenlenmiştir. Makasların aralarında makasların stabilitesini ve makas elemanlarının burkulma boyunu kısaltmak için makas alt ve üst başlıklarını tutan çapraz elemanlar kullanılmıştır. Aynı zamanda çatıda aşıklık sisteminden bağımsız olarak makas üst başlık seviyesinde, stabilize sağlamak ve rüzgar kuvvetlerine karşı koyması için çatı çapraz sistemi düzenlenmiştir. Taşıyıcı sistemi boyuna doğrultusunda süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerden oluşmaktadır.

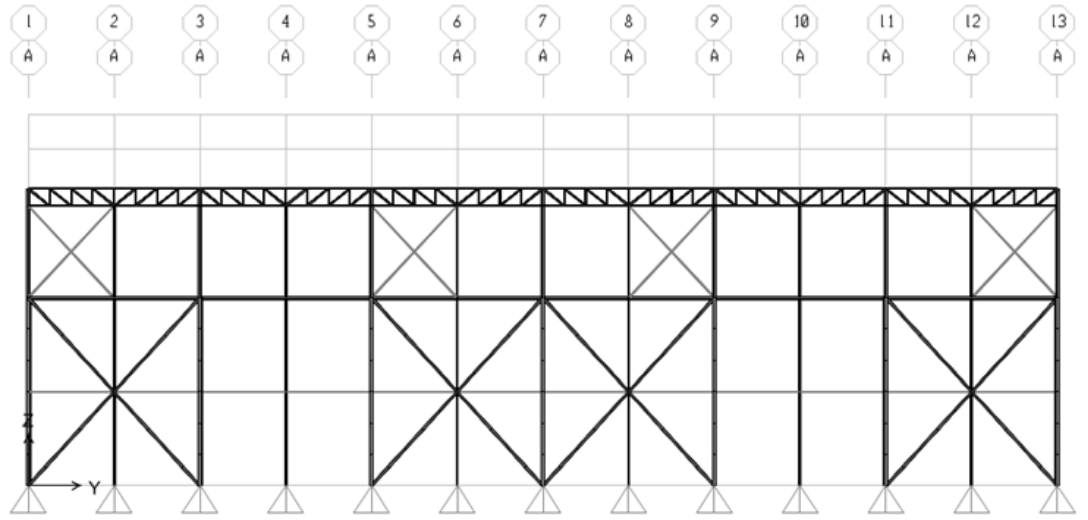
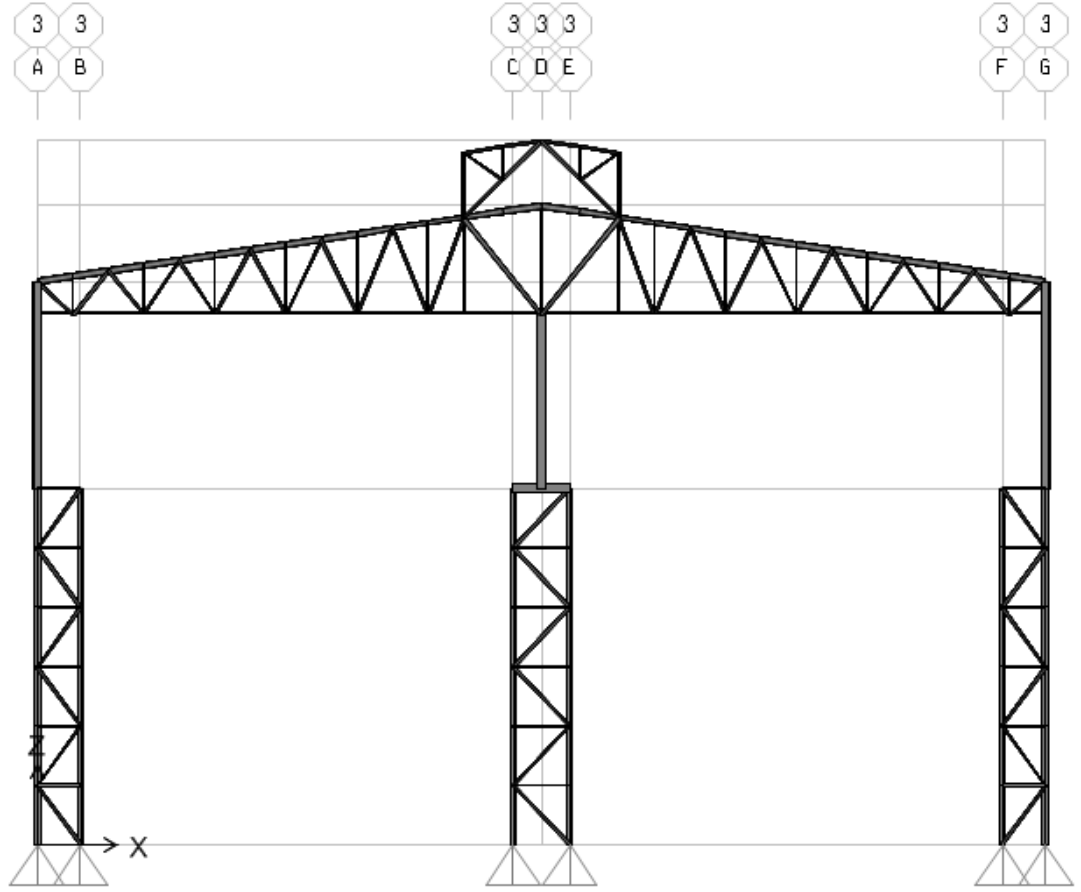
Yapı enine doğrultusunda taşıyıcı ise makaslar ve bağlandığı kolonlardan oluşan süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşmaktadır.

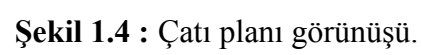
Yapıda kullanılan çelik malzemesi S235 ve S275 malzemelerine denk gelen ST37 ve ST44 malzeme olarak kabul edilmiştir.

Yapı analizi ve boyutlandırılması karşılaştırmalı olarak TS-648, AISC LRFD ve AISC ASD yönetmeliklerine göre yapılacaktır. Yük analizlerinde TS-498 de bulunan rüzgar yükü değerleri alınmıştır. Yapımızda kar yığılması olduğu için ve TS-498 şartnamesinde bununla ilgili bir değer olmadığı için UBC-97 ye göre kar yığılması hesapları yapılmıştır. Deprem yükleri DBYBHY 2007 ve ANSI/AISC 341-10 yönetmeliklerine göre hesaplanmıştır.



Şekil 1.1 : Yapı 3D görünüşü.





1.4 Malzeme Özellikleri

Bu tez çalışmasında kullanılan malzeme sınıfları ve karakteristik değerleri aşağıda verilmiştir:

1.4.1 Yapı Çeliği

1.4.1.1 St37

Elastisite Modülü : $E_s = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Akma Mukavemeti : $\sigma_a = 24.00 \text{ kN/cm}^2$

Eksenel Basınç & Çekme Emniyet Gerilmesi (H Yükleme) : $\sigma_{\text{çem}} = 16.00 \text{ kN/cm}^2$

Eksenel Basınç & Çekme Emniyet Gerilmesi (HZ Yükleme) : $\sigma_{\text{çem}} = 14.00 \text{ kN/cm}^2$

Çekme & Eğilme-Çekme Emniyet Gerilmesi (H Yükleme) : $\sigma_{\text{çem}} = 16.00 \text{ kN/cm}^2$

Çekme & Eğilme-Çekme Emniyet Gerilmesi (HZ Yükleme) : $\sigma_{\text{çem}} = 18.00 \text{ kN/cm}^2$

Kayma Emniyet Gerilmesi (H Yükleme) : $\tau_{\text{em}} = 9.00 \text{ kN/cm}^2$

Kayma Emniyet Gerilmesi (HZ Yükleme) : $\tau_{\text{em}} = 10.50 \text{ kN/cm}^2$

1.4.1.2 St44

Elastisite Modülü : $E_s = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Akma Mukavemeti : $\sigma_a = 27.50 \text{ kN/cm}^2$

Eksenel Basınç & Çekme Emniyet Gerilmesi (H Yükleme) : $\sigma_{\text{çem}} = 16.40 \text{ kN/cm}^2$

Eksenel Basınç & Çekme Emniyet Gerilmesi (HZ Yükleme) : $\sigma_{\text{çem}} = 18.70 \text{ kN/cm}^2$

Çekme & Eğilme-Çekme Emniyet Gerilmesi (H Yükleme) : $\sigma_{\text{çem}} = 18.70 \text{ kN/cm}^2$

Çekme & Eğilme-Çekme Emniyet Gerilmesi (HZ Yükleme) : $\sigma_{\text{çem}} = 21.40 \text{ kN/cm}^2$

Kayma Emniyet Gerilmesi (H Yükleme) : $\tau_{\text{em}} = 10.50 \text{ kN/cm}^2$

Kayma Emniyet Gerilmesi (HZ Yükleme) : $\tau_{\text{em}} = 12.00 \text{ kN/cm}^2$

1.5 Sınır Duruma Göre Boyutlandırma Esasları

Amerikan Çelik Yapılar Enstitüsü Yük ve Dayanım Katsayılarına göre tasarım limit durum prensibini ele almaktadır. Yapısal güvenliğin daha gerçek değerini bulabilmek

için elemanda, birleşimde veya sistemde ortaya çıkabilecek göçme olasılıkları istatistiksel değerlendirmelere dayanan katsayılar ile tanımlanmaktadır.

Genel olarak yapısal güvenlik koşulu ;

$$(\text{dayanım azaltma katsayısı} \times \text{dayanım}) \geq (\text{yük arttırma katsayısı} \times \text{yük etkisi})$$

“Azaltılmış dayanım $\geq$ arttırılmış yük” prensibine dayanmaktadır.

$$\text{Azaltılmış dayanım} = \text{Tasarım dayanımı} = R = \phi R_n$$

ϕ = Dayanımın belirlenmesindeki belirsizlikleri hesaba katan dayanım azaltma katsayısı

R_n = Karakteristik dayanım

$$S_d \leq R_d \quad (1.1)$$

S_d = Etkilerin tasarım değerleri

R_d = Mukavemet tasarım değerleri

Boyutlandırma ilkesinde kullanılan ϕ değerleri çelik malzemesinin kalitesinin istatistiksel özellikleri değerlendirilerek belirlenmiştir. Φ değeri, yapı elemanının tipi ve boyutlandırmada göz önünde tutulan sınır duruma bağlı olarak değişmektedir. Çizelge 1.1’de ϕ dayanım azaltma katsayıları ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 1.1 : Dayanım azaltma katsayıları.

Sınır Dayanım		LRFD ϕ dayanım azaltma katsayıları
Çekme	Akma	0.90
	Kırılma	0.75
Basınç		0.90
Eğilme		0.90
Kayma		0.90
Eğilmeli burulmalı burkulma		0.90
Köşe kaynak		0.75
Tam nüfuziyetli küt kaynak		Esas metalle aynı
Kısmi nüfuziyetli küt kaynak	çekmede	0.80
	basınçta	0.80
	kaymada	0.75

Bulonlar		0.75
Blok kayma		0.75
Kiriş - kolon birleşim bölgesinde	Beşlikta yerel eğilme	0.90
	Gövdede yerel eğilme	1.00
	Gövde buruşması	0.75
	Gövde ötelenme burkulması	0.85
	Gövde basınç burkulması	0,90
	Panel bölgesinde kayma	0,90

1.6 Emniyet Gerilmesine Göre Boyutlandırma Esasları

Emniyet gerilmesi yöntemi, bir yapı elemanının servis yükleri altına maksimum gerilmenin belirli emniyet gerilmelerini aşmayacağı konseptine dayanmaktadır. Elemanlarda iç kuvvetler yapının elastik analizi sonucu belirlenir. Buna karşılık emniyet gerilmesi, bir sınır gerilmenin bir emniyet katsayısı ile bölünmesiyle elde edilir. Emniyet katsayısı değeri ve sonucunda elde edilen emniyet gerilmesi, boyutlandırma işleminin belirleyicisi olan belirli limit durumlara dayanır. Boyutlandırma işlemi, bu limit durumlara karşı belirli emniyet gerilmesini sağlamalıdır.

Geleneksel emniyet gerilmesi yaklaşımında emniyet katsayısının değeri malzemenin ve ele alınan yapı elemanlarının bir fonksiyonudur. Ayrıca, eleman uzunluğu, eleman davranışı, yük kaynağı ve sağlanabileceği beklenen işçilik kalitesi gibi faktörler de etkili olabilir.

Emniyet katsayıları sadece tecrübeye dayalı olup 50 yıldan fazla bir süredir hiçbir değişikliğe uğramamıştır. Her ne kadar emniyet gerilmesi esasına dayalı olarak boyutlandırılmış olan yapılar yıllarca uygun performans göstermiş olsalar da, kazandırılmış olan emniyet marjının gerçek değeri asla bilinmemiştir. Bu geleneksel emniyet gerilmesi yönteminin en zayıf tarafıdır.

Dayanım sınır durumuna göre emniyet gerilmesi yaklaşımı ile boyutlandırma,

$$R_a \leq R_n / \Omega \quad (1.2)$$

İfadesine göre yapılır.

Burada,

R_a , gerekli dayanım

R_n , sınır durum dayanımı (nominal dayanım)

Ω , emniyet katsayısı

R_n/Ω , emniyet gerilmesi

AISC standardında empoze edilen emniyet gerilmesi yönteminde, göçmenin kontrol eden modları, emniyet gerilmesi esasına göre veya sınır durumlara göre boyutlandırılmış yapılar için aynıdır. Bu nedenle sınır durumlara göre dayanım yönteminin temelini teşkil eden nominal dayanım, emniyet gerilmesine göre boyutlandırma yönteminin temelini teşkil eden nominal dayanımla aynıdır. Emniyetle kullanılabilecek dayanım söz konusu olduğunda her iki metod arasındaki fark, sınır durumlara göre boyutlandırmada ϕ dayanım faktörü ve emniyet gerilmesi esasına göre boyutlandırmada Ω emniyet katsayısıdır. Ω için uygun değerlerin üretilmesinde, hedef her iki yöntem için benzer emniyet ve güvenlik seviyelerinin sağlanmasıdır.

Ölü ve hareketli yükler etkisindeki çekme çubuğunda şu analizi yapıldığında;
Sınır Durumlara Göre Boyutlandırma yaklaşımında kullanılan

$$\sum Y_i F_i \leq \phi R_n \quad (1.3)$$

Denklemini uyarınca, $\phi=0.90$ dayanım faktörü kullanılarak,

$$1.2D + 1.6L = 0.90 (R_n)_{SDGB} \quad (1.4)$$

Burada, D , ölü yükü

L , hareketli yükü

$(R_n)_{SDGB}$, sınır durumlara göre boyutlandırmada sınır durum dayanımı

Her iki tarafı da 0.90 ile bölerek,

$$1.33D + 1.78L = (R_n)_{SDGB}$$

elde edilir.

Emniyet Gerilmesi Esasına Göre Boyutlandırmada'da (1.4) denklemi

$$\frac{(R_n)_{SDGB}}{\gamma} = D + L \quad (1.5)$$

halini alır. Burada γ emniyet katsayısıdır ve 1.67 alınabilir. $(R_n)_{EMGB}$ ise Emniyet Gerilme esasına Göre Boyutlandırma'da sınır durum dayanımıdır.

Böylece,

$$1.67D + 1.67L = (R_n)_{EMGB} \quad (1.6)$$

elde edilir. Her iki boyutlandırma yaklaşımına ait sınır dayanımlar oranlanırsa,

$$\frac{(R_n)_{SDGB}}{(R_n)_{EMGB}} = \frac{1.33D + 1.67L}{1.67D + 1.67L}$$

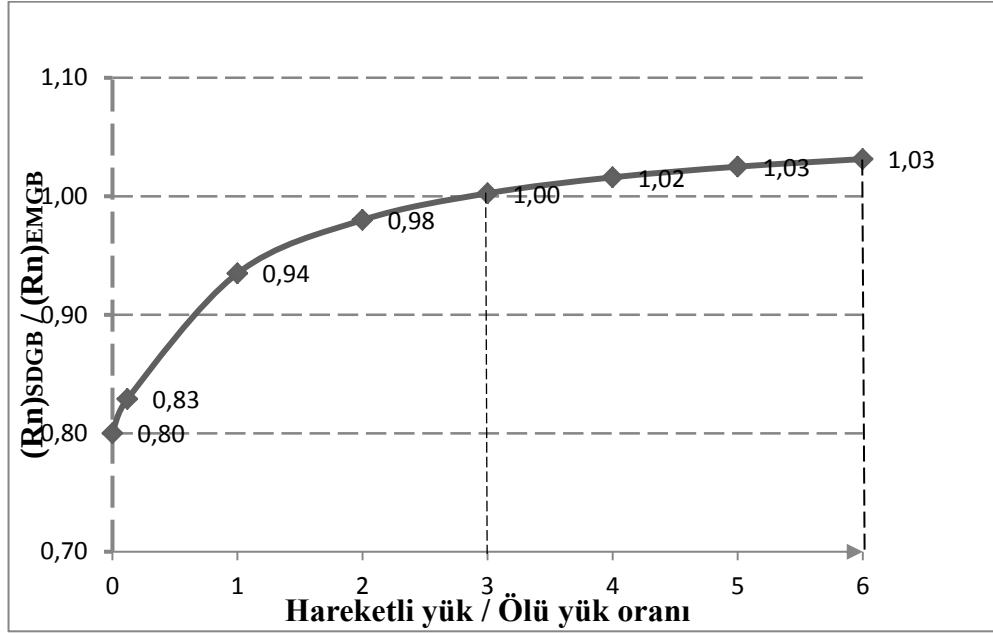
veya

$$\frac{(R_n)_{SDGB}}{(R_n)_{EMGB}} = \frac{0.8 + 1.07(L/D)}{1.00 + (L/D)}$$

(1.7)

elde edilir.

Bu ifadenin (L/D)'ye göre değişimi çizilirse, Şekil 1.5'deki eğri elde edilir.



Şekil 1.5 : Emniyet Gerilmesi-Sınır Dayanım İlişkisi.

Bu eğri incelenirse, şöyle bir sonuç çıkarılabilir:

$$\frac{\text{Hareketli yük}(L)}{\text{Ölü yük}(D)} = 3 \text{ için}$$

$$\frac{(R_n)_{SDGB}}{(R_n)_{EMGB}} = 1 \text{ olmaktadır.}$$

Bu durum, söz konusu AISC standardında SDGB yöntemi ile EMGB yöntemi arasında geçiş sağlanabilmesi için benimsenen, her iki yönetime ait nominal dayanımların eşit olması kabulüne uymaktadır. Çünkü L/D = 3 oranına karşılık gelen noktada $(R_n)_{SDGB} = (R_n)_{EMGB}$ eşitliği gerçekleşmektedir. Böylece L/D=3 için, SDGB yöntemi için;

$$\phi R_n = 1.2D + 1.6L = 1.2D + 1.6 \times 3D = 6D$$

$$R_n = \frac{6D}{\phi} \quad (1.8)$$

EMGB yöntemi için;

$$\frac{R_n}{\Omega} = D + L = D + 3D = 4D$$

$$R_n = \frac{4D}{\Omega}$$

SDGB ve EMGB'den elde edilen R_n değerleri eşitlenirse,

$$\Omega = \frac{6D}{\phi} \times \frac{1}{4D} = \frac{1.5}{\phi} \quad (1.9)$$

elde edilir.

Böylece D ve L ile oluşturulan yük kombinasyonları halinde SDGB yönteminde kullanılan ϕ dayanım faktöründen, buna karşılık gelen Ω emniyet katsayısına,

$\Omega = \frac{1.5}{\phi}$ ifadesiyle geçmek mümkündür. Bu yaklaşımla, yani (1.9) denklemi

kullanılarak orijinal AISC LRFD yöntemi 1978 AISC ASD yöntemine göre kalibre edilmiş ve bu suretle AISC Specification for Structural Steel Buildings standardı, çift formatlı olarak hazırlanıp yayınlanmıştır.

Örnek olarak çekme çubuklarının kayıpsız kesitte kayma moduna göre kontrolünü ele alırsak, öngörölmüş olan dayanım faktörü $\phi = 0.90$ (1.9) denkleminde yerine konursa,

$$\Omega = 1.5/0.9 = 1.67$$

elde edilir. Bu da EMGB için önerilen emniyet katsayısıdır. Bu katsayı bize dayanım faktöründen emniyet katsayısına geçiş sağlamaktadır

1.7 Yönetmeliklere Göre Enkesitlerin Sınıflandırılması

Elemanların enkesitleri üç sınıfa ayrılmaktadır.

- Kompakt enkesitler : Enkesitte yerel burkulma oluşmadan önce yeteri kadar plastik dayanım gösterebilen enkesitlerdir.
- Kompakt olmayan enkesitler : Basınç etkisi altında enkesitte kısmen plastikleşme durumuna geçilir, kesit tamamen plastik gerilme dağılımına geçmeden elastik olmayan burkulma görülür.
- Narin enkesitler : Basınç etkisi altında enkesitte plastikleşme oluşmadan elastik burkulma durumu gerçekleşir.

Kesitler yerel burkulma durumuna göre bu 3 sınıfa ayrılırlar.

λ = elemanın genişlik / kalınlık oranı

λ_p = kompakt eleman için sınır değer

λ_r = kompakt olmayan eleman için sınır değeri olmak üzere, yerel burkulma için eleman sınıfı,

$\lambda \leq \lambda_p$ ise kompakt eleman

$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ ise kompakt olmayan eleman

$\lambda > \lambda_r$ ise narin eleman olarak sınıflandırılır.

Çizelge 1.2’de deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelikte bulunan enkesit koşulları bulunmaktadır.

Eleman Tanımı	Narinlik Oranları	Sınır Değerler	
		Süneklik Düzeyi Yüksek Sistem	Süneklik Düzeyi Normal Sistem
Eğilme ve Eksenel basınç etkisindeki I Kesitlerinde U Kesitlerinde	$b/2t$ b/t	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_s}$	$0.5\sqrt{E_s/\sigma_s}$
Eğilme etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	h/t_w	$3.2\sqrt{E_s/\sigma_s}$	$5.0\sqrt{E_s/\sigma_s}$
Basınç etkisindeki T Kesitleri L Kesitleri	h/t_w	$0.3\sqrt{E_s/\sigma_s}$	$0.5\sqrt{E_s/\sigma_s}$
Eğilme ve eksenel basınç etkisindeki I Kesitleri U Kesitleri	h/t_w	$ N_d/\sigma_s A \leq 0.10$ için $3.2\sqrt{E_s/\sigma_s} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_s A} \right \right)$	$ N_d/\sigma_s A \leq 0.10$ için $5.0\sqrt{E_s/\sigma_s} \left(1 - 1.7 \left \frac{N_d}{\sigma_s A} \right \right)$
		$ N_d/\sigma_s A > 0.10$ için $1.33\sqrt{E_s/\sigma_s} \left(2.1 - \left \frac{N_d}{\sigma_s A} \right \right)$	$ N_d/\sigma_s A > 0.10$ için $2.08\sqrt{E_s/\sigma_s} \left(2.1 - \left \frac{N_d}{\sigma_s A} \right \right)$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dairesel halka kesitler (borular)	D/t	$0.05 \frac{E_s}{\sigma_s}$	$0.08 \frac{E_s}{\sigma_s}$
Eğilme veya eksenel basınç etkisindeki dikdörtgen kutu kesitler	b/t veya h/t_w	$0.7\sqrt{E_s/\sigma_s}$	$1.2\sqrt{E_s/\sigma_s}$
Tanımlar b : I, U kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık genişliği h : I, U, T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde yüksekliği L kesitlerinde büyük kenar uzunluğu D : dairesel halka kesitlerde (borularda) dış çap t : I, U, T kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde başlık kalınlığı halka kesitlerde (borularda) kalınlık t_w : I, U, T, L kesitleri ve dikdörtgen kutu kesitlerde gövde kalınlığı			

Çizelge 1.2 : DBYBHY 2007 enkesit koşulları.

1.8 Kesit Dayanımları

1.8.1 Çekme dayanımı

Eksenel çekme kuvveti etkisinde bir elemanda, P_a eksenel çekme kuvvet olmak üzere, aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$\phi_t P_n \leq P_a \quad (1.10)$$

P_n ; Kesitin eksenel çekme kuvveti kapasitesi olup aşağıdaki iki değerden küçük olanı tasarıma esas olarak kabul edilir.

Brüt enkesitte hesap edilmesi durumunda ;

$$P_n = F_y \times A_g \quad (1.11)$$

şeklinde hesap edilir.

F_y : Malzeme akma dayanımı

A_g : brüt enkesit alanı

$$\phi_t P_n = 0.90 \times P_n \quad (1.12)$$

Net enkesitte kopma durumuna göre hesap edilmesi durumunda ;

$$P_n = F_u \times A_{nt} \quad (1.13)$$

şeklinde hesap edilir.

F_u : Malzeme kopma dayanımı

A_{nt} : Net enkesit alanı

$$\phi_t P_n = 0.75 \times P_n \quad (1.14)$$

1.8.2 Basınç dayanımı

1.8.2.1 Narin olmayan elemanlarda eğilmeli basınç dayanımı

Eksenel basınç kuvveti etkisinde bir elemanda, P_c oluşan eksenel basınç kuvveti olmak üzere, aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$\phi_c P_n \leq P_c \quad (1.15)$$

P_n ; Kesitin eksenel basınç kuvveti kapasitesi olmak üzere aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P_n = F_{cr} \times A_g \quad (1.16)$$

F_{cr} : Kritik akma gerilmesi

- Narin olmayan elemanlarda eğilmeli burkulma dayanımı :

P_n ; Kesitin aksenal basınç kuvveti kapasitesi Denklem 3.9 ile hesaplanır.

λ eleman narinliği olmak üzere, F_{cr} kritik gerilmesi;

$$\lambda = K \times l / r \quad (1.17)$$

$$\lambda \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } F_{cr} = (0.689^{\frac{F_y}{F_e}}) \times F_y \quad (1.18)$$

$$\lambda > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } F_{cr} = 0.877 \times F_e \quad (1.19)$$

şeklinde hesaplanır.

F_e elastik ve inelastik burkulmayı ayıran sınır gerilme değeri olmak üzere ;

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times l}{r} \right)^2} \quad (1.20)$$

şeklinde hesap edilir.

1.8.2.2 Narin olmayan elemanlarda eğilmeli burulmalı burkulma dayanımı

P_n ; Kesitin aksenal basınç kuvveti kapasitesi Denklem 3.9 ile hesaplanır.

- Çift kollu korniyer ve T kesitlerde;

$$F_{cr} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right] \quad (1.21)$$

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A_g r_0^2} \quad (1.22)$$

şeklinde hesap edilir.

- Diğer tüm durumlarda ;

$$\lambda \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } F_{cr} = (0.689^{\frac{F_y}{F_e}}) \times F_y \quad (1.23)$$

$$\lambda > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } F_{cr} = 0.877 \times F_e \quad (1.24)$$

şeklinde hesap edilir.

F_e kritik gerilme değeri ise;

- Çift simetri eksenine sahip kesitlerde;

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \times \frac{1}{I_x + I_y} \quad (1.25)$$

şeklinde hesap edilir.

- Eleman zayıf eksenine göre simetrik kesitlerde;

$$F_e = \left(\frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey}F_{ez}H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right] \quad (1.26)$$

şeklinde hesaplanır.

- Simetrik olmayan kesitlerde F_e kritik gerilmesi ise ;

$$(F_e - F_{ex})(F_e - F_{ey})(F_e - F_{ez}) - F_e^2(F_e - F_{ey})\left(\frac{x_0}{r_0}\right)^2 - F_e^2(F_e - F_{ex})\left(\frac{y_0}{r_0}\right)^2 = 0 \quad (1.27)$$

denkleminin köklerinin en küçük sayısal değere sahip olanıdır.

C_w : Çarpma katsayısı (mm⁶)

$$\frac{1}{r_0^2} = x_0^2 + y_0^2 + \frac{I_x + I_y}{A_y} \quad (1.28)$$

$$H = 1 - \frac{x_0^2 + y_0^2}{r_0^2} \quad (1.29)$$

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K_x L}{r_x}\right)^2} \quad (1.30)$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K_y L}{r_y}\right)^2} \quad (1.31)$$

$$F_{ez} = \left(\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L)^2} + GJ \right) \times \frac{1}{A_y r_0^2} \quad (1.32)$$

G : Çelik malzeme kayma modülü (80000 N/mm²)

I_x, I_y : Kesitin zayıf ve güçlü eksenlerine göre atalet momenti (mm⁴)

J : Burulma sabiti (mm⁴)

K_z : Burulmalı burkulma için eleman efektif boy çarpanı

x_0, y_0 : Kesit ağırlık merkezine göre kayma merkezinin koordinatları (mm)

$\bar{r}_0$: Kesitin kayma merkezine göre polar atalet yarıçapı (mm)

r_y : y eksenine göre kesitin atalet yarıçapı (mm)

1.8.2.3 Narin elemanlarda basınç dayanımı

Eksenel basınç kuvveti etkisinde bir elemanda, P_c eksenel basınç kuvveti olmak üzere, Denklem 2.8 ile verilen dayanım koşulu sağlanmalıdır

P_n ; Kesitin eksenel basınç kuvveti kapasitesi Denklem 2.9 ile hesaplanır.

λ eleman narinliği olmak üzere ; F_{cr} kritik gerilmesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\lambda \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{Q \times F_y}} \text{ ise } F_{cr} = (0.658 \frac{Q F_y}{F_e}) \times F_y \quad (1.33)$$

$$\lambda > 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{Q \times F_y}} \text{ ise } F_{cr} = 0.877 \times F_e \quad (1.34)$$

Kompakt ve kompakt olmayan kesitlerde $Q = 1.0$

Narin kesitlerde $Q = Q_s \times Q_a$

Berkitilmemiş narin enkesitlerde $Q = Q_s$ ($Q_a = 1.0$)

Berkitilmiş narin enkesitlerde $Q = Q_a$ ($Q_s = 1.0$)

Berkitilmemiş narin elemanlar için Q_s indirgeme faktörüdür.

- Hadde profilden oluşan kolon ya da diğer basınç elemanlarının başlık, korniye ve plakalarında ;

$$\frac{b}{t} \leq 0.56 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } Q_s = 1.0 \quad (1.35)$$

$$0.56 \sqrt{E / F_y} < \frac{b}{t} < 1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } Q_s = 1.415 - 0.74 \times \left(\frac{b}{t} \right) \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (1.36)$$

$$\frac{b}{t} \geq 1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } Q_s = \frac{0.69 \times E}{F_y \times \left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (1.37)$$

değerini alır.

- Yapma kesitten oluşan kolon yada basınç elemanlarının başlık, korniye ve plakalarında ;

$$\frac{b}{t} \leq 0.64 \times \sqrt{\frac{E k_c}{F_y}} \text{ ise } Q_s = 1.0 \quad (1.38)$$

$$0.64 \times \sqrt{E / k_c F_y} < \frac{b}{t} \leq 1.17 \times \sqrt{\frac{E k_c}{F_y}} \text{ ise } Q_s = 1.415 - 0.65 \times \left(\frac{b}{t} \right) \times \sqrt{\frac{F_y}{E k_c}} \quad (1.39)$$

$$\frac{b}{t} \geq 1.17 \sqrt{\frac{E k_c}{F_y}} \text{ ise } Q_s = \frac{0.90 \times E \times k_c}{F_y \times \left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (1.40)$$

değerini alır.

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} \quad (1.41)$$

$$0.35 \leq k_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} \leq 0.76 \quad (1.42)$$

- Tek kollu korniyerlerde

$$\frac{b}{t} \leq 0.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } Q_s = 1.0 \quad (1.43)$$

$$0.45 \times \sqrt{E / F_y} < \frac{b}{t} < 0.91 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } Q_s = 1.34 - 0.76 \times \left(\frac{b}{t} \right) \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (1.44)$$

$$\frac{b}{t} \geq 0.91 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } Q_s = \frac{0.53 \times E}{F_y \times \left(\frac{b}{t} \right)^2} \quad (1.45)$$

değerini alır.

b : en uzun kolun genişliği (mm)

- T kesitli elemanların gövdesinde ;

$$\frac{d}{t} \leq 0.75 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } Q_s = 1.0 \quad (1.46)$$

$$0.75 \times \sqrt{E / F_y} < \frac{d}{t} < 1.03 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } Q_s = 1.908 - 1.22 \times \left(\frac{d}{t} \right) \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (1.47)$$

$$\frac{d}{t} \geq 1.03 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ise } Q_s = \frac{0.69 \times E}{F_y \times \left(\frac{d}{t} \right)^2} \quad (1.48)$$

değerini alır.

b : berkitilmemiş basınç elemanının genişliği

d : T kesitli profilde nominal derinlik

t : elemanın kalınlığı

Q_a indirgeme faktörü olmak üzere ; aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Q_a = \frac{A_{eff}}{A} \quad (1.49)$$

A : eleman brüt enkesit alanı

A_{eff} : indirgenmiş efektif genişlik, b_e genişliğine göre hesaplanmış enkesitteki efektif alanların toplamı

b_e indirgenmiş efektif genişlik olmak üzere ;

- Uniform kalınlıkta kare ve dikdörtgen kesitler hariç uniform basınca çalışan narin elemanlarda ;

$$\frac{b}{t} \geq 149 \times \sqrt{\frac{E}{f}} \text{ ise } b_e = 192t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0,34}{(b/t)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad (1.50)$$

şeklinde hesaplanır.

$$f = F_{cr}$$

$$Q = 1$$

- Uniform kalınlıkta narin kare ve dikdörtgen kesitli elemanların başlıklarında ;

$$\frac{b}{t} \geq 1.40 \times \sqrt{\frac{E}{f}} \text{ ise } b_e = 1.92t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0,38}{(b/t)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad (1.51)$$

değerini alır.

- Eksenel yüklü dairesel kesitlerde ise aşağıdaki denklem geçerlidir.

$$0.11 \times \frac{E}{F_y} < \frac{D}{t} < 0.45 \times \frac{E}{F_y} \text{ ise } Q = Q_a = \frac{0.038 \times E}{F_y \times (D/t)} + \frac{2}{3} \quad (1.52)$$

D : dış çap

t : enkesit kalınlığı

1.9 Eğilme dayanımı

1.9.1 Çift simetri eksenli I ve U kesitlerin güçlü eksen etrafında dayanımı

Çift simetri eksenine sahip kompakt I ve kompakt U kesitlerin güçlü eksen etrafında eğilme dayanımı akma limit durumunda eğilme dayanımı ve yanal burulmalı burkulmalı eğilme dayanımı durumlarında elverişsiz olana göre hesap edilir.

- Akma durumunda;

$$M_n = M_p = Z_x \times F_y \quad (1.53)$$

şeklinde hesap edilir.

F_y : çelik akma dayanımı

Z_x : X eksen etrafında kesit plastik mukavemet momenti

- Yanal burulmalı burkulma durumu :

$L_b \leq L_p$ ise yanal burulmalı burkulma durumu göz ardı edilir.

$L_p < L_b < L_r$ ise ;

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (1.54)$$

şeklinde hesap edilir.

$L_b > L_r$ ise ;

$$M_n = F_{cr} \times S_x \leq M_p \quad (1.55)$$

şeklinde hesap edilir.

L_b : Yanal doğrultuda elemanın burkulma ve kendi ekseninden kaçmasına karşı mesnetlenmemiş boyu

$C_b = 1.0$

$$F_{cr} = \frac{C_b \times \pi^2 \times E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \times \frac{J_c}{S_x h_0} \times \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (1.56)$$

E : malzeme elastisite modülü

J : Burulma sabiti

S_x : Kesit x eksen etrafında elastik mukavemet momenti

L_p ve L_r sınır uzunluklar olmak üzere ; aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (1.57)$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_0}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E} \frac{S_x h_0}{J_c} \right)^2}} \quad (1.58)$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad (1.59)$$

Çift simetri eksenine sahip I kesitlerde $C = 1$

U kesitlerde ;

$$c = \frac{h_0}{2} \times \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} \quad (1.60)$$

h_0 : Başlık ağırlık merkezleri arası mesafe

1.9.2 I Kesitli elemanlarda güçlü eksen etrafında eğilme dayanımı

Kompakt ve kompakt olmayan I kesitli elemanlarda güçlü eksen etrafında eğilme dayanımı yanal burulmalı burkulmalı eğilme dayanımı, basınç başlığı yerel burkulması ve başlıkta akma dayanımı durumlarında elverişsiz olana göre hesap edilir.

- Basınç başlığı akma durumu için aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$M_n = R_{pc} \times M_{yc} = R_{pc} \times F_y \times S_{xc} \quad (1.61)$$

- Yanal burulmalı burkulma durumu :

$L_b \leq L_p$ ise yanal burulmalı burkulma durumu göz ardı edilir.

$L_p < L_b < L_r$ ise aşağıdaki şekilde hesap edilir.

$$M_n = C_b \left[R_{pc} \times M_{yc} - \left(R_{pc} \times M_{yc} - F_y \times S_{xc} \right) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq R_{pc} \times M_{yc} \quad (1.62)$$

$L_b > L_r$ ise aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$M_n = F_{cr} \times S_{xc} \leq R_{pc} \times M_{yc} \quad (1.63)$$

$$M_{yc} = F_y \times S_{xc}$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J_c}{S_x h_0} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (1.64)$$

$$\frac{I_{yc}}{I_y} \leq 0.23 \text{ ise } J = 0$$

$$\frac{S_{xt}}{S_{xc}} \geq 0.7 \text{ ise } F_L = 0.7 F_y$$

$$\frac{S_{xt}}{S_{xc}} < 0.7 \text{ ise } F_L = F_y \frac{S_{xt}}{S_{xc}} \geq 0.5 F_y$$

Akma limit durumunda yanal doğrultuda tutulu olma sınır L_p :

$$L_p = 1.1 r_t \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (1.65)$$

Yanal burulmalı burkulma durumunda limit durumunda yanal doğrultuda tutulu olma sınır L_p :

$$L_p = 1.95 r_t \frac{E}{F_L} \sqrt{\frac{J}{S_{xc} h_0}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{F_L}{E} \frac{S_{xc} h_0}{J} \right)^2}} \quad (1.66)$$

Gövde plastikleşme faktörü R_{pc} :

$$\frac{h_c}{t_w} \leq \lambda_{pw} \text{ ise } R_{pc} = \frac{M_p}{M_{yc}} \quad (1.67)$$

$$\frac{h_c}{t_w} > \lambda_{pw} \text{ ise } R_{pc} = \left[\frac{M_p}{M_{yc}} - \left(\frac{M_p}{M_{yc}} - 1 \right) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right) \right] \leq \frac{M_p}{M_{yc}} \quad (1.68)$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y \leq 1.6 S_{xc} F_y$$

S_{xc} , S_{xt} : çekme ve basınç başlıklarına göre kesit elastik mukavemet momentidir.

$$\lambda = \frac{h_c}{t_w}$$

$$\lambda_{pf} = \lambda_p$$

$$\lambda_{rf} = \lambda_r$$

Yanal burulmalı burkulmada efektif atalet yarıçapı r_t ;

- Dikdörtgen basınç başlığına sahip I kesitlerde aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$r_t = \frac{b f_c}{\sqrt{12 \left(\frac{h_0}{d} + \frac{1}{6} a_w \frac{h^2}{h_0 d} \right)}} \quad (1.69)$$

$$a_w = \frac{h_c t_w}{b_{fc} t_{fc}}$$

b_{fc} : basınç başlığı genişliği

t_{fc} : basınç başlığı kalınlığı

L_b : Yanal doğrultuda elemanın burkulma ve kendi ekseninden kaçmasına karşı mesnetlenmemiş boyu olmak üzere ;

$$C_b = 1.0$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J_c}{S_x h_0} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (1.70)$$

- Basınç başlığı yerel burkulma durumu

Kompakt başlığa sahip kesitlerde basınç başlığı yerel burkulma durumu göz ardı edilir.

- Kompakt olmayan başlığa sahip kesitlerde aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$M_n = \left[R_{pc} M_{yc} - (R_{pc} M_{yc} - F_L \cdot S_{xc}) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \quad (1.71)$$

- Narin başlığa sahip kesitlerde aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$M_n = \frac{0.9 E k_c S_{xc}}{\lambda^2} \quad (1.72)$$

- Başlıkta akma durumu :

$S_{xt} \geq S_{xc}$ olması durumunda başlıkta akma durumu göz ardı edilir.

$S_{xt} < S_{xc}$ ise aşağıdaki gibi hesap edilir.

$$M_n = R_{pt} \times M_{yt} \quad (1.73)$$

$$M_{yt} = F_y S_{xt}$$

$$\frac{h_c}{t_w} \leq \lambda_{pw} \text{ ise } R_{pt} = \frac{M_p}{M_{yt}} \quad (1.74)$$

$$\frac{h_c}{t_w} > \lambda_{pw} \text{ ise } R_{pt} = \left[\frac{M_p}{M_{yt}} - \left(\frac{M_p}{M_{yt}} - 1 \right) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pw}}{\lambda_{rw} - \lambda_{pw}} \right) \right] \leq \frac{M_p}{M_{yt}} \quad (1.75)$$

$$\lambda = \frac{h_c}{t_w}$$

$$\lambda_{pw} = \lambda_p$$

$$\lambda_{rw} = \lambda_r$$

1.9.3 I ve U kesitli elemanların zayıf eksen etrafında eğilme dayanımı

I ve U kesitli elemanların zayıf eksenlerinde eğilme dayanımı akma limit durumuna ve başlıkta yerel burkulma durumuna göre kontrol edilir.

- Akma durumu için aşağıdaki denklem geçerlidir.

$$M_n = M_p = F_y \times Z_y \leq 1.6 \times F_y \times S_y \quad (1.76)$$

- Başlık yerel burkulma durumu :

Kompakt başlığa sahip enkesitlerde akma durumu ile aynı şekilde hesap edilir.

- Kompakt olmayan başlığa sahip enkesitlerde

$$M_n = \left[M_p - (M_p - (0.7 F_y S_y)) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \quad (1.77)$$

şeklinde hesap edilir.

- Narin başlığa sahip enkesitlerde

$$M_n = F_{cr} S_y \quad (1.78)$$

şeklinde hesaplanır.

$$F_{cr} = \frac{0.69E}{\left(\frac{b_f}{2t_f} \right)^2} \quad (1.79)$$

$$\lambda = \frac{b}{t}$$

$$\lambda_{pf} = \lambda_p$$

$$\lambda_{rf} = \lambda_r$$

1.9.4 Kutu kesitli elemanlarda eğilme dayanımı

Kare ve dikdörtgen boşluklu kesitli ve kutu kesitli elemanlarda eğilme dayanımı akma limit durumuna, başlık yerel burkulma durumuna ve gövde yerel burkulma eğilme dayanımı durumuna göre kontrol edilir.

- Akma durumu için aşağıdaki denklem geçerlidir.

$$M_n = M_p = F_y \times Z \quad (1.80)$$

Z: eğilme etkisindeki eksenin plastik mukavemet momenti

- Başlık yerel burkulma durumu :

- Kompakt başlığa sahip enkesitlerde akma durumu ile aynı şekilde

hesap edilir.

- Kompakt olmayan başlığa sahip enkesitlerde aşağıdaki denklem geçerlidir.

$$M_n = M_p - (M_p - F_y \times S) \left(3.57 \frac{b}{t} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 4 \right) \leq M_p \quad (1.80)$$

- Narin başlığa sahip enkesitlerde aşağıdaki denklem geçerlidir.

$$M_n = F_y \times S_{eff} \quad (1.81)$$

S_{eff} ; kesitte efektif genişliğe göre hesaplanan kesit efektif mukavemet momentidir.

$$b_e = 1.92t \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left[1 - \frac{0.38}{b/t} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \right] \leq b \quad (1.82)$$

- Gövde yerel burkulma durumu;
- Kompakt kesite sahip enkesitlerde gövdede yerel burkulma durumu göz ardı edilir.
- Kompakt olmayan gövdeye sahip enkesitlerde aşağıdaki denklem geçerlidir.

$$M_n = M_p - (M_p - F_y \times S_x) \left(0.305 \frac{h}{t_w} \sqrt{\frac{F_y}{E}} - 0.738 \right) \leq M_p \quad (1.83)$$

1.9.5 Dairesel boşluklu kesitlerde eğilme dayanımı

$D/t < 0.45E/F_y$ koşulu sağlanan dairesel boşluklu kesitli elemanlarda eğilme dayanımı akma limit durumu ve yerel burkulma durumuna göre hesap edilir.

- Akma durumu içi aşağıdaki denklem geçerlidir.

$$M_n = M_p = F_y \times Z \quad (1.84)$$

- Başlık yerel burkulma durumu :
- Kompakt başlığa sahip enkesitlerde başlık yerel burkulma durumu göz ardı edilir.
- Kompakt olmayan başlığa sahip enkesitlerde ;

$$M_n = \left(\frac{0.021E}{\frac{D}{t}} + F_y \right) S \quad (1.85)$$

şeklinde hesaplanır.

- Narin et kalınlığına sahip enkesitlerde :

$$M_n = F_{cr} \times S \quad (1.86)$$

şeklinde hesaplanır.

$$F_{cr} = \frac{0.33E}{\frac{D}{t}}$$

S : Kesit elastik mukavemet momenti

1.9.6 T kesitlerde ve çift kollu korniyerlerde eğilme dayanımı

Simetri eksenini ile aynı doğrultuda yüklü T kesitlerde ve çift kollu korniyerlerde eğilme dayanımı akma limit durumu, yanal burulmalı burkulma durumu ve başlık yerel burkulma durumuna göre hesap edilir.

- Akma durumu için aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$M_n = M_p = F_y \times Z_x \quad (1.87)$$

$$M_p = F_y \times Z_x \leq 1.6 \times M_y \text{ çekme etkisindeki gövdede} \quad (1.88)$$

$$M_p = F_y \times Z_x \leq M_y \text{ basınç etkisindeki gövdede} \quad (1.89)$$

Z: eğilme etkisindeki eksenin plastik mukavemet momentidir.

- Yanal burulmalı burkulma durumunda;

$$M_n = M_{cr} = \frac{\pi \sqrt{EI_y GJ}}{L_b} \left[B + \sqrt{1 + B^2} \right] \quad (1.90)$$

denklemini geçerlidir.

Çekme etkisindeki gövdede ; $B = + \frac{2}{3} \left(\frac{d}{L_b} \right) \sqrt{\frac{I_y}{J}}$ şeklinde hesaplanır.

Basınç etkisindeki gövdede ; $B = - \frac{2}{3} \left(\frac{d}{L_b} \right) \sqrt{\frac{I_y}{J}}$ şeklinde hesaplanır.

- T kesitlerde başlık yerel burkulma durumunda;

$$M_n = F_{cr} \times S_{xc} \quad (1.91)$$

şeklinde hesaplanır.

S_{xc} : Basınç başlığının elastik mukavemet momenti

- Kompakt olmayan kesitlerde :

$$F_{cr} = F_y (1.19 - 0.50 \left(\frac{b}{2t_f} \right) \sqrt{\frac{F_y}{E}}) \quad (1.92)$$

- Narin kesitlerde :

$$F_{cr} = \frac{0.69E}{\left(\frac{b_f}{2t_f}\right)^2} \quad (1.93)$$

1.10 Bileşik Kuvvetler ve Burulma Altında Eleman Dayanımı

1.10.1 LRFD'ye göre eğilme ve eksenel yük etkisi altında dayanım

-Tek ve çift simetri eksenine sahip kesitlerde eğilme dayanımı ;

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 \text{ ise}$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{rc}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (1.94)$$

şeklinde hesaplanır.

$$\frac{P_r}{P_c} < 0.2 \text{ ise}$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{rc}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (1.95)$$

şeklinde hesaplanır.

P_r : Elemanda etkili olan eksenel kuvvet

P_c : Eleman eksenel kuvvet dayanımı

$$P_c = \phi_c P_n$$

M_r : Elemanda etkili olan eğilme momenti

M_c : Eleman eğilme momenti dayanımı

$$M_c = \phi_b M_n$$

X : Kesit güçlü eksen

Y : Kesit zayıf eksen

$$\phi_c = \text{Basınçta dayanım azaltma çarpanı} = 0.90$$

$$\phi_b = \text{Eğilmede dayanım azaltma çarpanı} = 0.90$$

Eksenel kuvvetin çekme olması durumunda :

$$P_c = \phi_t P_n$$

$$\phi_t = \text{Çekmede dayanım azaltma çarpanı} = 0.90$$

- Elemanda basınç kuvveti ile birlikte sadece tek eksenli eğilme durumu söz konusu ise :

Eğilme düzlemi içinde stabilite tahkiki tek ve çift simetri eksenine sahip elemanlarda eğilme ve basınç dayanımına göre kontrol edilir.

- Düzlem dışına burkulma stabilitesi için aşağıdaki denklem geçerlidir.

$$\frac{P_r}{P_{co}} + \left(\frac{M_r}{M_{cx}} \right)^2 \leq 1.0 \quad (1.96)$$

P_{co} : Eğilme düzlemi dışına burkulmada eleman eksenel kuvvet dayanımı

M_{cx} : Güçlü eksen etrafında yanal burulmalı eğilme dayanımı

1.10.2 ASD'ye göre eğilme ve eksenel yük etkisi altında dayanım

-Tek ve çift simetri eksenine sahip kesitlerde eğilme dayanımı ;

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2 \text{ ise}$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{rc}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

şeklinde hesaplanır.

$$\frac{P_r}{P_c} < 0.2 \text{ ise}$$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{rc}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

şeklinde hesaplanır.

P_r : Elemanda etkili olan eksenel kuvvet

P_c : Eleman eksenel kuvvet dayanımı

$$P_c = P_n / \Omega_c$$

M_r : Elemanda etkili olan eğilme momenti

M_c : Eleman eğilme momenti dayanımı

$$M_c = M_n / \Omega_b$$

X : Kesit güçlü eksen

Y : Kesit zayıf eksen

$$\Omega_c = \text{Basınçta dayanım azaltma çarpanı} = 1.67$$

$$\Omega_b = \text{Eğilmede dayanım azaltma çarpanı} = 1.67$$

Eksenel kuvvetin çekme olması durumunda :

$$P_c = P_n / \Omega_t$$

Ω_t = Çekmede dayanım azaltma çarpanı = 1.67

- Elemanda basınç kuvveti ile birlikte sadece tek eksenli eğilme durumu söz konusu ise :

Eğilme düzlemi içinde stabilite tahkiki tek ve çift simetri eksenine sahip elemanlarda eğilme ve basınç dayanımına göre kontrol edilir.

- Düzlem dışına burkulma stabilitesi için aşağıdaki denklem geçerlidir.

$$\frac{P_r}{P_{co}} + \left(\frac{M_r}{M_{cx}} \right)^2 \leq 1.0$$

P_{co} : Eğilme düzlemi dışına burkulmada eleman eksenel kuvvet dayanımı

M_{cx} : Güçlü eksen etrafında yanal burulmalı eğilme dayanımı

1.10.3 TS-648'ye göre eğilme ve eksenel yük etkisi altında dayanım

Eksenel basınç ve eğilmeye maruz kalmış çubuklara gerilme tahkiki

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \times \sigma_{bx}}{\left(1,0 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex}} \right) \times \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \times \sigma_{by}}{\left(1,0 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ey}} \right) \times \sigma_{By}} \leq 1,0 \quad (1.97)$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{0.6 \times \sigma_a} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} + \frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \leq 1,0 \quad (1.98)$$

formülleri ile yapılır. Eğer $\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} < 0,15$ ise yukarıdaki formüllerin yerine

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \leq 1.0$$

formülü kullanılabilir.

σ_{bem} : sadece eksenel basınç kuvveti etkimesi halinde burkulma emniyet gerilmesi

σ_B : sadece eğilme momenti etkimesi halinde, eğilme-basınç gerilmesi

$$\sigma'_e : \frac{8290}{(K \times s_b / l_b)^2} \quad (t / cm^2)$$

K : eğilme düzleminde etkin burkulma katsayısı

s_b : elemanın eğilme düzleminde serbest boyu

l_b : eğilmenin meydana geldiği düzleme di eksene göre atalet yarıçapı

σ_{em} : eksenel basınç kuvvetine göre hesaplanan gerilme

σ_b : eğilme momentine göre hesaplanan eğilme-basınç gerilmesi

C_m : katsayı olup aşağıdaki gibi hesaplanır;

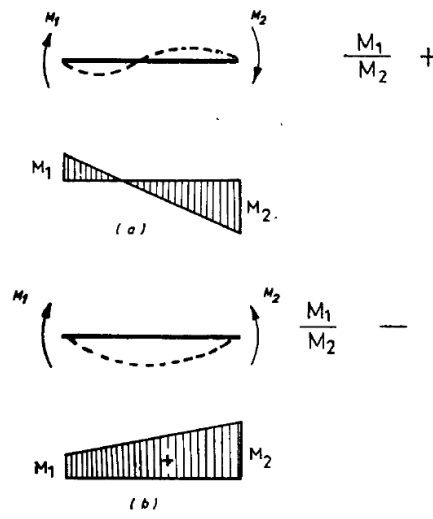
- Yanal harekete serbest olan çerçeve kolonlarında

$$C_m = 0.85$$

- Yanal harekete karşı tutulmuş çerçevelerin, uçları rijit bağlı ve üzerinde eğilme düzleminde yanal yükü bulunmayan kolonlarda

$$C_m = 0.6 - 0.4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0.4 \quad (1.99)$$

olup bu değer 0.4 ten büyük olamaz. M_1/M_2 gözönde tutulan eğilme düzleminde, elemanın uçlarındaki eğilme momentlerinden küçüğünün büyüğüne oranıdır.



ŞEKİL - 10 M_1/M_2 Oranının işareti.

Şekil 1.6 : C_m -M İlişkisi

- Yanal harekete karşı tutulmuş çerçevelerde, üzerinde yanal yük bulunan basınç çubuklarında şu formül kullanılır.

$$C_m = 1.0 + \Psi \frac{\sigma_{eb}}{\sigma'_e} \quad (1.100)$$

İfadedeki Ψ değeri şu şekilde hesaplanır.

$$\Psi = \frac{\pi^2 \times \delta_o \times E \times I}{M_o \times s^2} \quad (1.101)$$

δ_o : enine yükten dolayı oluşan maksimum çökme

M_o : enine yükten dolayı oluşan maksimum açıklık momenti

I : atalet momenti

E : elastisite modülü

s : eleman boyu

1.11 Birleşimler

1.11.1. Bulonlu birleşimlerin hesabı

Bulonlu birleşimlerin hesabı LRFD bölüm H'a göre hesaplanmıştır. Bu yönetmeliğe göre bulon sınıfları ve dayanımları Çizelge 1.3'deki gibidir.

Çizelge 1.3 AISC 'ye göre bulon sınıfları ve dayanımları.

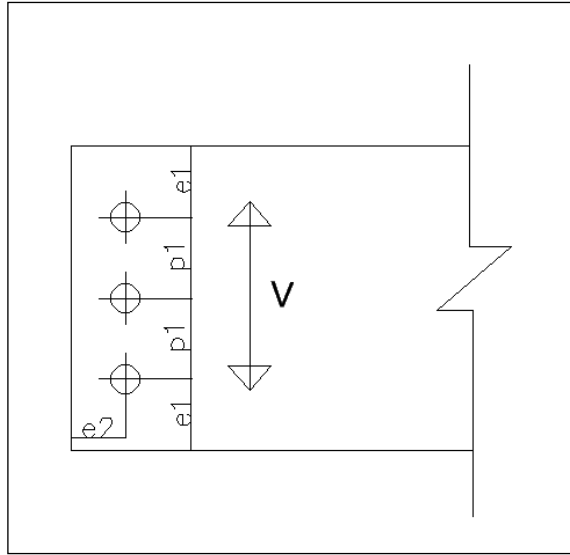
	Bulon dayanımı (N/mm ²)	
	A325	A490
Kullanım Yeri		
Çekme	620	780
Kesme - Dayanmalı birleşimler/kesme dışındakiler ise	330	414
Kesme - Dayanmalı birleşimler/kesme dışındakiler değil ise	414	520

Çizelge 1.4 AISC 'ye göre bulon çaplarına göre kullanılacak delik çapları.

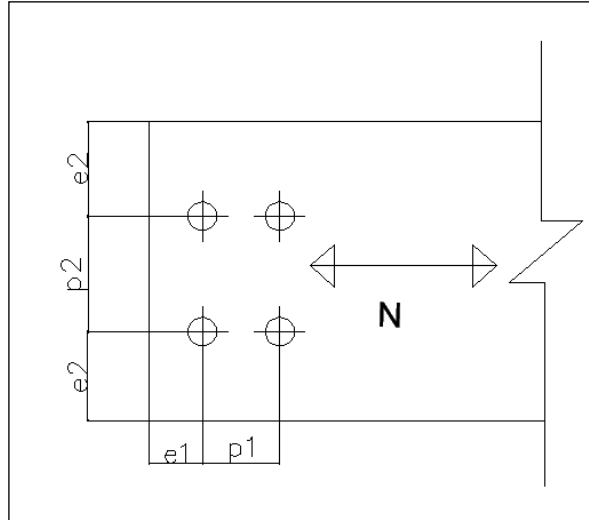
Bulon	M16	M20	M22	M24	M27	M30	≥M36
Delik Çapı	18	22	24	27	30	33	d+3

- Bulon aralıkları:

d_0 delik çapı olmak üzere, yapı elemanında açılan bulon delik çapı aşağıdaki aralıklar içinde bulunmalıdır.



Şekil 1.7 : Kesme kuvvetine maruz birleşimlerde bulon mesafe notasyonları.



Şekil 1.8 : Normal kuvvete maruz birleşimlerde bulon mesafe notasyonları.

d delik çapı olmak üzere, Şekil 1.7 ve Şekil 1.8 baz alındığında yapı elemanında açılan bulon delik çapı aşağıdaki aralıklar içinde bulunmalıdır.

$$1.75d_0 \leq e_1 \leq \max(14t, 180mm)$$

$$1.75d_0 \leq e_2 \leq \max(14t, 180mm)$$

$$3.0d_0 \leq p_1 \leq \max(12t, 150mm)$$

$$3.0d_0 \leq p_2 \leq \max(12t, 150mm)$$

- Bulon Çekme Dayanımı :

Bir bulonun çekmeye dayanımı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$R_n = F_{nt} \times A_s \quad (1.102)$$

R_n : Bir bulonun karakteristik çekme dayanımı

F_{nt} : Bulon karakteristik çekme dayanımı

A_s : Bulon dışdibi enkesit alanı

Bu tür birleşimlerde dayanım azaltma çarpanı $\phi=0,75$ kabul edilir.

$$R_{nt} = \phi \times R_n \quad (1.103)$$

- Bulon Kayma Dayanımı

Bir bulonun her bir kesme yüzeyi için dayanımı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$R_n = F_{nv} \times A_b \quad (1.104)$$

R_n : Bir bulonun karakteristik kayma dayanımı

F_{nv} : Bulon karakteristik kayma dayanımı

A_b : Bulon dış açılmamış gövde enkesit alanı

Bu tür birleşimlerde dayanım azaltma çarpanı $\phi=0,75$ kabul edilir.

$$R_{nv} = \phi R_n \quad (1.105)$$

- Delik cidarında ezilme dayanımı :

Bulon gövdesi ve delik kenarının temas bölgesindeki dayanımı aşağıdaki gibi ifade edilir:

İşletme yüklerinde bulon deliğinin deformasyonu tasarım koşulu ise:

$$R_n = 1.2 \times F_u \times L_c \times t \quad (1.106)$$

İşletme yüklerinde bulon deliğinin deformasyonu tasarım koşulu değil ise:

$$R_n = 1.5 \times F_u \times L_c \times t \quad (1.107)$$

R_n : Kayma yırtılması için toplam dayanım

F_u : Bağlanan elemanın karakteristik kopma dayanımı

L_c : Delik kenarından birleştirilen kenara uzaklık

t : aynı yönde basınç gerilmesi etkisindeki toplam eleman kalınlığı

Bu tür birleşimlerde dayanım azaltma çarpanı $\phi=0,75$ kabul edilir.

$$R_{nt} = \phi \times R_n \quad (1.108)$$

- Çekme ve kayma kuvveti etkisindeki bulonlu birleşimler

Bir birleşim bölgesinde bulonlar aynı anda çekme ve makaslamaya zorlanıyor ise aşağıdaki karşılıklı etki koşulu sağlanmalıdır :

$$R_n = F'_{nt} \times A_b \quad (1.109)$$

F'_{nt} : Kayma gerilmesi etkisini içeren azaltılmış çekme gerilmesi

A_b : Bulon dış açılmamış gövde enkesit alanı

$$F_{nt} = 1.3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{F_{nv}} f_v \leq F_{nt} \quad (1.110)$$

F_{nt} : Bulon karakteristik çekme dayanımı

F_{nv} : Bulon karakteristik kayma dayanımı

f_v : işletme yüklerinden dolayı bulonda oluşan kayma gerilmesi

Çekme kuvveti etkisindeki kayma kontrollü birleşimlerde kayma dayanımı k_s faktörü ile çarpılır.

$$k_s = 1 - \frac{1.5T_a}{D_u T_b N_b} \quad (1.111)$$

N_b : Etkiyen çekme kuvvetini taşıyan bulon sayısı

T_a : İşletme yüklerinden hesaplanmış çekme kuvveti

T_b : Bulona verilen minimum önçekme kuvveti

D_u : 1.13

- Yüksek mukavemetli bulonlarla yapılan kayma dayanımlı birleşimler

Kayma dayanımlı birleşimlerde bir öngerme kuvveti ile gerilerek, birleştirilen parçaların özel olarak işlenmiş temas yüzeylerinde bulon eksenine dik sürtünme ile aktarılır.

$$R_n = \mu D_u h_{sc} T_b N_s \quad (1.112)$$

h_{sc} : delik etkisi,

Bulon ile delik arasında normal boşluk var ise k_s : 1.0

Bulon ile delik arasında aşırı büyük boşluk veya kısa kayıcı delik olması durumunda

k_s : 0.85

Uzun kayıcı delik olması durumunda k_s : 0.70

T_B : bulona verilen minimum önçekme kuvveti

N_s : kayma düzlemi sayısı

D_u : 1.13

μ katsayısı ise yüzey durumuna göre belirlenen bir katsayıdır.

Boyanmamış yumuşatılmış yüzeylerde $\mu=0.35$, boyanmamış yıkanmış yüzeylerde $\mu=0.50$ değerini alır.

1.11.2 Kaynaklı Birleşimlerin Hesabı

Kaynaklı birleşimler köşe kaynak ve küt kaynak olarak ikiye ayrılmaktadır.

- Köşe kaynak dikişinin dayanımı :

Köşe kaynak dikişlerinde etkili alan, etkili hesap kalınlığı ile etkili hesap uzunluğunun çarpımına eşittir.

$$A_w = a \times L = 0.707 \times L \times w \quad (1.113)$$

a : kaynak dikişinin etkili kalınlığı

w : köşe kaynak dikişi etkili kenar boyu

L : köşe kaynak etkili uzunluğu

Köşe kaynak etkili kalınlığı kaynak yapılacak yüzeyler arasındaki açı 80° ile 100° olan köşe kaynaklarda, üçgen enkesitli kaynak dikişinin kökünden kaynak yüzeyine en kısa uzaklık olarak tanımlanmaktadır. Sismik yük etkisindeki birleşimlerde köşe kaynak enkesitinin minimum kenar boyutu 5mm olarak önerilmektedir.

Köşe kaynak enkesiti minimum kenar boyutu Çizelge 1.5'teki sınır değerler içinde olmalıdır.

Çizelge 1.5 AISC 'ye göre minimum kaynak kalınlıkları.

Birleştirilen kalın parça kalınlığı (mm)	minimum kenar boyutu, w (mm)
$t \leq 6$	3
$6 < t \leq 13$	5
$13 < t \leq 19$	6
$19 < t$	8

Esas metal kalınlığına bağlı olarak uygulanabilecek maksimum köşe kaynak kenar boyutu için aşağıdaki sınırlamalar verilmektedir:

- Kalınlığı 6mm'den ince ise esas metalde köşe kaynak dikişi enkesitinin kenar boyutu esas metalin kalınlığı kadar olmalıdır.

- Kalınlığı 6mm'den fazla olan esas metaller için ise köşe kaynak dikiş enkesitinin kenar boyutu esas metalin kalınlığından 2mm daha az olmalıdır. Köşe kaynaklarda etkili uzunluk uç dönmeleri de dahil edilerek çekilen köşe kaynak dikişinin toplam uzunluğudur. Köşe kaynaklar kaynak işleminin başlangıç ve bitiş noktalarında genellikle kaynağın daha ince ve daha düşük dayanımlı olmasına sebep olan bu kaynak kusurlarının oluşmasına elverişlidir. Krater kayıpları olarak isimlendirilen bu kısımlar köşe kaynağın etkili uzunluğunda göz önüne alınmamaktadır.

Minimum etkili kaynak uzunluğu köşe kaynak enkesiti kenar boyutunun 4 katı olmalıdır.

Maksimum etkili uzunluk eksenel yüklü elemanlarda uç birleşimlerinde boyuna doğrultuda yüklenmiş köşe kaynaklarda etkili kaynak uzunluğu:

$$L=100w \text{ ise } L_e=L$$

$$100w < L \leq 300w \text{ ise } L_e=\beta L$$

$$\beta = 1.2 - 0.002(L / w) \leq 1.0 \quad (1.114)$$

L_e : etkili köşe kaynak uzunluğu, mm

L : gerçek köşe kaynak uzunluğu, mm

w : kaynak enkesiti kenar boyutu, mm

Kaynak uzunluğu kaynak enkesiti kenar boyutunun 300 katını aşarsa, $\beta=0.60$ alınmalıdır.

Köşe kaynakta birim boyun dayanımı :

$$R_n = F_w \times A_w \quad (1.115)$$

$$F_w = 0.60 \times F_{EXX} \times (1 + 0.5 \times \sin^{1.5} \theta) \quad (1.116)$$

Köşe kaynakta maksimum kayma dayanımı kaynak metalinin karakteristik çekme dayanımının 0.6 katı olarak verilmektedir.

F_w : köşe kaynak karakteristik kayma dayanımı, (N/mm²)

F_{EXX} : kaynak elektrodu sınıflandırma kodu

θ : kaynak boyuna doğrultusu ile yükleme ekseninin yaptığı açı

F_E : kaynak metalinin karakteristik çekme dayanımı, (N/mm²)

A_w : kaynağın etkili hesap alanı (mm²)

Hesaplarda kaynak elektrodu dayanımı esas metal kopma dayanımı ile aynı değerde olduğu varsayılarak hesap yapılmıştır. Bu durumda köşe kaynak dayanımı aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$R_n = F_w \times A_w = (0.6 \times F_E) \times A_w \quad (1.117)$$

F_E : kaynak metalinin karakteristik çekme dayanımı , (N/mm²)

- Küt kaynak dikişinin dayanımı

Küt kaynak dikişlerinde dikiş kalınlığı birleştirdiği elemanların en incisinin kalınlığına eşittir. Küt kaynak dikişlerinde dikiş boyu birbirine kaynaklanan elemanlarının genişliğine eşittir.

Tam nüfuziyetli bir küt kaynak dikişinin tasarım mukavemeti birleştirdiği parçalardan zayıf olanının tasarım dayanımına eşittir. Burada kaynak dikişinin, uygun bir elektrodla çekildiği ve akma ve kopma gerilmesi değerlerinin en az kaynaklı numunelerle yapılan çekme deneylerinde, çeliğin akma ve kopma değerlerinde olduğu kabul edilir.

Kısmi nüfuziyetli küt dikişlerin tasarım dayanımı köşe kaynaklarında olduğu gibi hesaplanır.

AISC 360-10 yönetmeliği incelediğimizde kaynak hesaplarında kullanılacak olan kaynak dikişi dayanım azaltma katsayıları Çizelge 1.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 1.6 AISC 'ye göre kaynak dikişi dayanım azaltma katsayıları.

Sınır Dayanım		LRFD ϕ dayanım katsayıları
Köşe kaynak		0.75
Tam nüfuziyetli küt kaynak		Esas metalle aynı
Kısmi nüfuziyetli küt kaynak	çekmede	0.80
	basınçta	0.80
	kaymada	0.75

2. YÜK ANALİZLERİ

2.1 Sabit Yüklər

1- Yapı elemanlarının zati ağırlıkları : SAP2000 tarafından hesaplanmaktadır:

Çatı Kaplaması	0.15 kN / m ²
Aşık Özağırlığı	0.25 kN / m ²

2.2 Kar Yüğü

Yapımızda kar yığılması olduğı için kar yığılması hesapları UBC-97 yönetmeliğine göre yapılmıştır. UBC-97 yönetmeliğinde bulunan kar yığılma tablosu Şekil 2.1’de gösterilmiştir.

$$P_f = C_e \cdot I \cdot P_g$$

$$\text{Önem Faktörü} \rightarrow I=1$$

$$\text{Kar Risk Katsayısı} \rightarrow C_e=0.7$$

$$P_f = \text{Çatı Kar Yüğü}$$

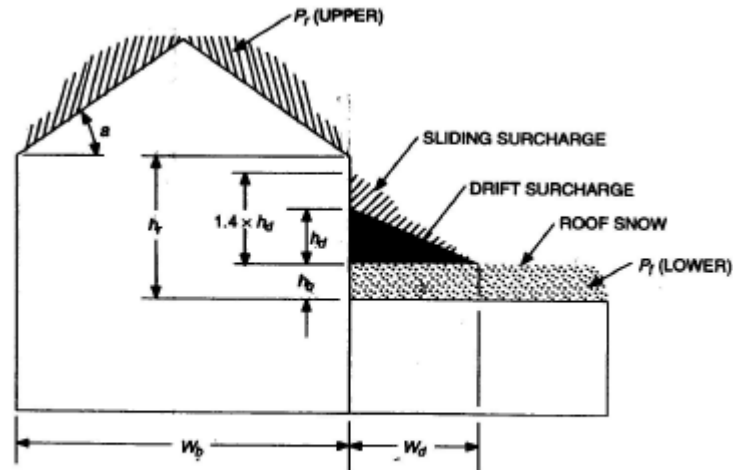
$$P_g = \text{Zemin Kar Yüğü}$$

$$\text{Kar Yoğunluğu } \rho_{kar} = 250 \text{ kgf} / \text{m}^3$$

$$\text{Kar Yüğü} = P_f = 75 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$P_f = C_e \cdot I \cdot P_g \rightarrow P_g = \frac{P_f}{C_e \cdot I} \quad (2.1)$$

$$P_g = \frac{75}{0.7 \times 1} = 107.14 \text{ kg} / \text{m}^2$$



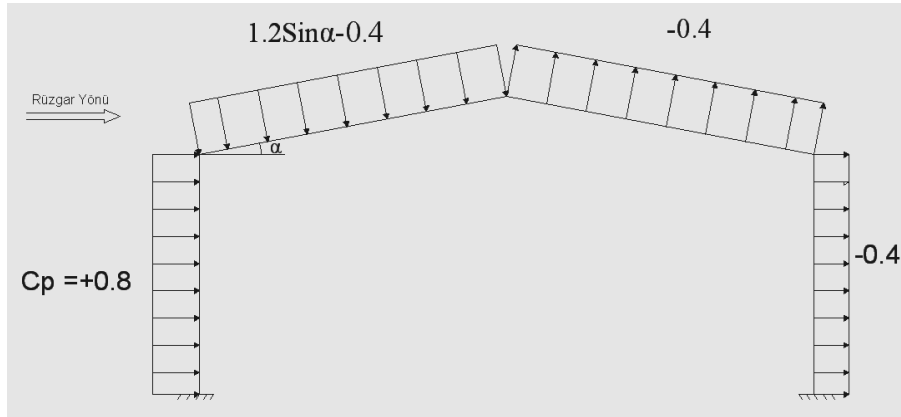
Şekil 2.1 Kar yığılması tablosu.

2.4 Rüzgar Yüğü

Rüzgar yüğü hesabı TS498/Kasım 1987'e göre yapılmıştır. TS 498'de yükseklikçe göre rüzgar hızı ve emme kuvveti Çizelge 2.1'de , rüzgar yüğü dağılımı Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : Yüksekliğe göre rüzgar hızı ve emme kuvveti

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

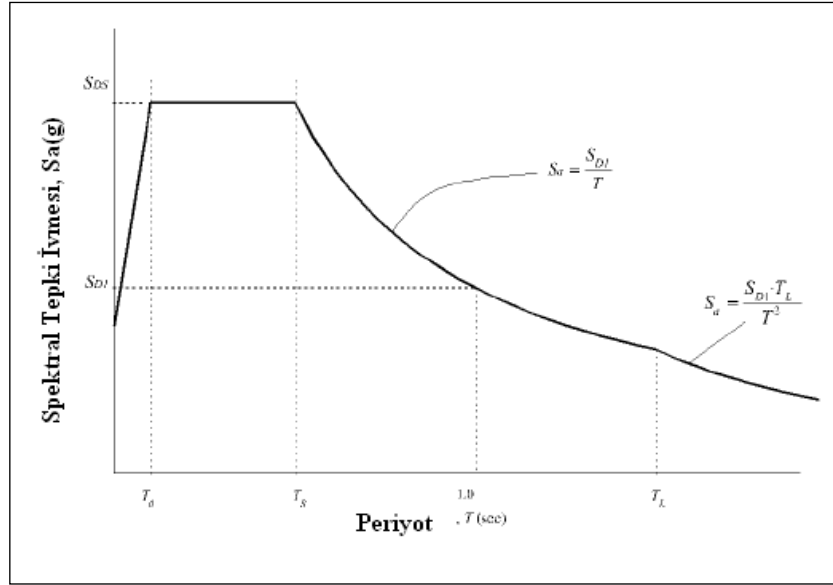


Şekil 2.2 : Rüzgar yüğü dağılımı

2.5 Deprem İle İlgili Parametreler ve Deprem Yüğü

2.5.1 ASCE 7-10' a göre deprem hesabı

- Deprem Yüğülerinin hesaplanmasında ASCE 7-10 yönetmeliği göz önüne alınmıştır. Yapının deprem hesabı DBYBHY parametrelerinin karşılığı olan değerlere göre düzenlenmiş ve hesaplar buna göre yapılmıştır.
- ASCE 7-10'a göre yapıya etkiyen taban kesme kuvveti aşağıdaki gibi hesaplanır.
- Deprem hesaplarında kullanılacak olan spektrum fonksiyon grafiği Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3 : ASCE 7-10 spektrum fonksiyon grafiği.

$$T_0 = 0.2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.5)$$

$$T_1 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.6)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.7)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.8)$$

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2.9)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} S_a &= \frac{0.6 \times S_{DS} \times T}{T_0} + 0.4 S_{DS} & (0 < T \leq T_0) \\ S_a &= S_{DS} & (T_0 < T \leq T_s) \\ S_a &= \frac{S_{D1}}{T} & (T_s < T \leq T_L) \\ S_a &= \frac{S_{D1} \times T_L}{T^2} & (T_L \leq T) \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned}
C_s &= \frac{S_{DS} \times I}{R} & (T_0 < T \leq T_s) \\
C_s &= \frac{S_{D1} \times I}{R \times T} & (T_s < T \leq T_L) \\
C_s &= \frac{S_{D1} \times T_L \times I}{R \times T^2} & (T_L \leq T)
\end{aligned} \tag{2.12}$$

$$V = C_s \times W$$

V : Taban kesme kuvveti

R : Taşıyıcı sistem davranış modifikasyon katsayısı

I : Yapı önem katsayısı

S_a : Spektrum katsayısı

S_s : Yapının kısa periyoduna karşılık gelen spektral ivme katsayısı

S_1 : Yapının 1s. periyoda karşılık gelen spektral ivme katsayısı

S_{DS} : Yapının kısa periyoduna karşılık gelen dizayn spektral ivme katsayısı

S_{1S} : Yapının 1s. periyoduna karşılık gelen dizayn spektral ivme katsayısı

S_{MS} : Zemin sınıfına göre ayarlanmış yapının kısa periyoduna karşılık gelen spektral ivme katsayısı

S_{M1} : Zemin sınıfına göre ayarlanmış yapının 1s. periyoduna karşılık gelen spektral ivme katsayısı

F_a : Kısa periyoduna karşılık gelen zemin katsayısı

F_v : Uzun periyoduna karşılık gelen zemin katsayısı

Yapıda yatay yüklerin süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlar tarafından taşındığı yönde taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R = 3.25$ alınmıştır. Diğer yönde ise çerçeveler ile karşılandığından dolayı taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R = 3.50$ kabul edilerek hesap yapılmıştır.

Risk kategorisi : 2

Yerel zemin sınıfı : C

Bina önem katsayısı $I = 1$ kabul edilmiştir.

$$\left. \begin{aligned} S_s &= 0,50 \, g \\ S_1 &= 0,15 \, g \end{aligned} \right\} \text{olarak kabul edilmiştir.}$$

ASCE7-10 Tablo 11.4-1 ve Tablo 11.4-2 değerlerinden ;

$$F_a = 1,20 \, g$$

$$F_v = 1,65 \, g$$

değerleri okunmuştur.

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{MS} = 1.2 \times 0.5 = 0.6 \text{ g}$$

$$S_{DS} = \frac{2 \times S_{MS}}{3} = \frac{2 \times 0.6}{3} = 0.40 \text{ g}$$

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \frac{0.16}{0.40} = 0.08 \text{ sn}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.16}{0.40} = 0.4 \text{ sn}$$

$$S_{M1} = F_a \times S_s$$

$$S_{M1} = 1.65 \times 0.15 = 0.24 \text{ g}$$

$$S_{D1} = \frac{2 \times S_{M1}}{3} = \frac{2 \times 0.24}{3} = 0.16 \text{ g}$$

Yapının X doğrultusundaki hakim periyodu T_{1X} olmak üzere;

$$T_{1X} = 1.26 \text{ s.}$$

$$V_x = C_{sx} \times W$$

$$C_{sx} = \frac{S_{D1} \times I_e}{R \times T} = \frac{0.16 \times 1}{3.5 \times 1.26} = 0.036$$

$$V_x = 0.036 \times W$$

(2.13)

Yapının Y doğrultusundaki hakim periyodu T_{1Y} olmak üzere;

$$T_{1Y} = 0.50 \text{ s.}$$

$$V_y = C_{sy} \times W$$

$$C_{sy} = \frac{S_{D1} \times I_e}{R \times T} = \frac{0.16 \times 1}{3.25 \times 0.50} = 0.098$$

(2.14)

$$V_y = 0.098 \times W$$

2.5.2 DBYBHY 2007'ye göre deprem hesabı

- Deprem bölgesi → III
- Bina önem katsayısı → $I = 1.0$
- Hareketli yük katılım katsayısı → $n = 0.3$
- Etkin yer ivmesi katsayısı → $A_0 = 0.2$
- Yerel zemin sınıfı → $Z_n = Z2$
- Spektrum karakteristik periyodu → $T_A = 0.15 \text{ sn}$
- Spektrum karakteristik periyodu → $T_B = 0.40 \text{ sn}$
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı = $R_x = 5$

$$R_y = 4$$

Spektrum Katsayısı ;

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + \left(1.5 \frac{T_1}{T_A}\right) & 0 \leq T \leq T_A \\ S(T) &= 2,5 & T_A < T \leq T_B \\ S(T) &= 2,5 \left(\frac{T_B}{T}\right)^{0,8} & T > T_B \end{aligned} \quad (2.15)$$

Yapıya etkiyen taban kesme kuvveti :

$$V_t = \frac{\sum W_{EQ} \times A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 \times A_0 \times I \times \sum W_{EQ} \quad (2.16)$$

olmalıdır.

X yönü için :

$$T_x = 1.26 \text{ sn}$$

$$S(T) = 2,5 \left(\frac{T_B}{T}\right)^{0,8} = 2,5 \left(\frac{0,40}{1,26}\right)^{0,8} = 0,99$$

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T) \quad (2.17)$$

$$A(T) = 0,20 \times 1 \times 0,99 = 0,199$$

$$V_x = \frac{0,199 \times W}{5} = 0,04W > 0,10 \times 0,20 \times 1 \times W = 0,02W$$

Y yönü için :

$$T_y = 0,50 \text{ sn}$$

$$S(T) = 2,5 \left(\frac{T_B}{T}\right)^{0,8} = 2,5 \left(\frac{0,40}{0,50}\right)^{0,8} = 2,09$$

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T) = 0,20 \times 1 \times 2,09 = 0,418$$

$$V_y = \frac{0,418 \times W}{4} = 0,10W > 0,10 \times 0,20 \times 1 \times W = 0,02W$$

Yukarıda yapılan DBYBHY 2007 ve ASCE7-10'a göre yapılan taban kesme kuvveti hesaplarında çok yakın değerler elde edilmiştir.

2.6 Kreyn Yükleri

Kreyn kirişlerinin üzerinde 100 tonluk kreynin olduğu varsayılmıştır. Abaklar yardımıyla 100 tonluk kreynlerin tekerleklerine gelen yükler bulunmuştur. 15m olan

kreyn kirişlerimize hareketli yük tanımlanarak SAP2000 programıyla analizi yapılmıştır.

Kreyn kirişi tasarımında DIN-120 yönetmeliği kullanılmıştır. Bu yönetmeliği kullanmamızın sebebi özellikle sürekli yüklerde meydana gelen yorulma etkilerini dikkate almasıdır.

2.7 Yapı Analizi ve Boyutlandırması İçin Yük Kombinasyonları

Yapı taşıyıcı sistemi elemanlarının boyutlandırılmasında kullanılan yük kombinasyonları aşağıdaki gibidir. Ayrıca bu kombinasyonlarda şu kısaltmalar kullanılmıştır:

G : Sabit yükler

SD : Sabit Yükler

EX : X Yönü Eş Değer Deprem Kuvveti

EY : Y Yönü Eş Değer Deprem Kuvveti

WX : X Yönü Rüzgar Kuvveti

WXN : -X Yönü Rüzgar Kuvveti

WY : Y Yönü Rüzgar Kuvveti

WYN : -Y Yönü Rüzgar Kuvveti

KR: Düşey Kreyn Yükleri

KY: Yatay Kreyn Yükleri

T: Sıcaklık Yüğü

2.7.1 TS-648'e göre yük kombinasyonları

GQ : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S

GQEX1 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S + 1.0 EX + 0.3 EY

GQEX2 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S + 1.0 EX - 0.3 EY

GQEX3 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S - 1.0 EX + 0.3 EY

GQEX4 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S - 1.0 EX - 0.3 EY

GQEY 1 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S + 1.0 EY + 0.3 EX

GQEY2 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S + 1.0 EY - 0.3 EX

$$GQEY3 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S - 1.0 EY + 0.3 EX$$

$$GQEY4 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S - 1.0 EY - 0.3 EX$$

$$09GEX1 : 0.9 G + 0.9 SD + 1.0 EX + 0.3 EY$$

$$09GEX2 : 0.9 G + 0.9 SD + 1.0 EX - 0.3 EY$$

$$09GEX3 : 0.9 G + 0.9 SD - 1.0 EX + 0.3 EY$$

$$09GEX4 : 0.9 G + 0.9 SD - 1.0 EX - 0.3 EY$$

$$09GEY1 : 0.9 G + 0.9 SD + 1.0 EY + 0.3 EX$$

$$09GEY2 : 0.9 G + 0.9 SD + 1.0 EY - 0.3 EX$$

$$09GEY3 : 0.9 G + 0.9 SD + 1.0 EY + 0.3 EX$$

$$09GEY4 : 0.9 G + 0.9 SD - 1.0 EY - 0.3 EX$$

$$GQWX : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S + 1.0 WX$$

$$GQWXN : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S + 1.0 WXN$$

$$GQWY : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S + 1.0 WY$$

$$GQWYN : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S + 1.0 WYN$$

$$GKR1 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR1 + 1.0 KY1$$

$$GKR2 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR2 + 1.0 KY2$$

$$GKR3 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR3 + 1.0 KY3$$

$$GKR4 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR4 + 1.0 KY4$$

$$GKR5 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR5 + 1.0 KY5$$

$$GKR6 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR6 + 1.0 KY6$$

$$GKR7 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR7 + 1.0 KY7$$

$$GT : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 T$$

$$GQ-T : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S + 1.0 (- T)$$

Emniyet gerilmeleri rüzgar yüklerinde 1.15, deprem yüklerinde 1.33 ile arttırılmıştır.

2.7.2 AISC 360-10 LRFD'ye göre yük kombinasyonları

$$1.4G : 1.4 G + 1.4 SD$$

$$1.2G1.6S : 1.2 G + 1.2 SD + 1.6 S$$

$$1.2GQEX1 : 1.2 G + 1.2 SD + 0.2 S + 1.0 EX$$

$$1.2GQEX2 : 1.2 G + 1.2 SD + 0.2 S + 1.0 EX$$

$$1.2GQEY1 : 1.2 G + 1.2 SD + 0.2 S + 1.0 EY$$

$$1.2GQEY2 : 1.2 G + 1.2 SD + 0.2 S + 1.0 EY$$

$$1.2GEX1 : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 EX$$

$$1.2GEX2 : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 EX$$

$1.2GEY1 : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 EY$
 $1.2GEY2 : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 EY$
 $1.2GQWX : 1.2 G + 1.2 SD + 0.5 S + 1.0 WX$
 $1.2GQWXN : 1.2 G + 1.2 SD + 0.5 S + 1.0 WXN$
 $1.2GQWY : 1.2 G + 1.2 SD + 0.5 S + 1.0 WY$
 $1.2GQWYN : 1.2 G + 1.2 SD + 0.5 S + 1.0 WYN$
 $1.2GWX : 1.2 G + 1.2 SD + 0.5 S + 1.0 WX$
 $1.2GWXN : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 WXN$
 $1.2GWY : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 WY$
 $1.2GWYN : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 WYN$
 $1.2G1.6QWX : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 S + 0.5 WX$
 $1.2G1.6QWXN : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 S + 0.5 WXN$
 $1.2G1.6QWY : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 S + 0.5 WY$
 $1.2G1.6QWYN : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 S + 0.5 WYN$
 $1.2GKR1 : 1.2 G + 1.2 SD + 1.6 KR1 + 1.6 KY1$
 $1.2GKR2 : 1.2 G + 1.2 SD + 1.6 KR2 + 1.6 KY2$
 $1.2GKR3 : 1.2 G + 1.2 SD + 1.6 KR3 + 1.6 KY3$
 $1.2GKR4 : 1.2 G + 1.2 SD + 1.6 KR4 + 1.6 KY4$
 $1.2GKR5 : 1.2 G + 1.2 SD + 1.6 KR5 + 1.6 KY5$
 $1.2GKR6 : 1.2 G + 1.2 SD + 1.6 KR6 + 1.6 KY6$
 $1.2GKR7 : 1.2 G + 1.2 SD + 1.6 KR7 + 1.6 KY7$
 $0.9GEX1 : 0.9 G + 0.9 SD + 1.0 EX$
 $0.9GEX2 : 0.9 G + 0.9 SD - 1.0 EX$
 $0.9GEY1 : 0.9 G + 0.9 SD + 1.0 EX$
 $0.9GEY2 : 0.9 G + 0.9 SD - 1.0 EY$
 $0.9GWX : 0.9 G + 0.9 SD + 1.0 WX$
 $0.9GWXN : 0.9 G + 0.9 SD + 1.0 WXN$
 $0.9GWY : 0.9 G + 0.9 SD + 1.0 WY$
 $0.9GWYN : 0.9 G + 0.9 SD + 1.0 WYN$
 $1.2GQ-T : 1.2 G + 1.2 SD + 0.5 S + 1.2(-T)$
 $1.2G-T : 1.2 G + 1.2 SD + 1.0 (T)$

2.7.3 AISC360-10 ASD'ye göre yük kombinasyonları

$GQ : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 S$

GQEX1 : 1.0 G + 1.0 SD + 0.75 S + 0.525 EX
 GQEX2: 1.0 G + 1.0 SD + 0.75 S - 0.525 EX
 GQEY1 : 1.0 G + 1.0 SD + 0.75 S + 0.525 EY
 GQEY2 : 1.0 G + 1.0 SD + 0.75 S - 0.525 EY
 GEX1 : 1.0 G + 1.0 SD + 0.70 EX
 GEX2 : 1.0 G + 1.0 SD - 0.70 EX
 GEY1 : 1.0 G + 1.0 SD + 0.70 EY
 GEY2 : 1.0 G + 1.0 SD - 0.70 EY
 0.6GEX1 : 0.6 G + 0.6 SD + 0.7 EX
 0.6GEX2 : 0.6 G + 0.6 SD - 0.7 EX
 0.6GEY1 : 0.6 G + 0.6 SD + 0.7 EY
 0.6GEY2 : 0.6 G + 0.6 SD - 0.7 EY
 GQWX : 1.0 G + 1.0 SD + 0.75 S + 0.45 WX
 GQWXN : 1.0 G + 1.0 SD + 0.75 S + 0.45 WXN
 GQWY : 1.0 G + 1.0 SD + 0.75 S + 0.45 WY
 GQWYN : 1.0 G + 1.0 SD + 0.75 S + 0.45 WYN
 GWX : 1.0 G + 1.0 SD + 0.60 WX
 GWXN : 1.0 G + 1.0 SD + 0.60 WXN
 GWY : 1.0 G + 1.0 SD + 0.60 WY
 GWYN : 1.0 G + 1.0 SD + 0.60 WYN
 0.6GWX : 0.6 G + 0.6 SD + 0.6 WX
 0.6GWXN : 0.6 G + 0.6 SD + 0.6 WXN
 0.6GWY : 0.6 G + 0.6 SD + 0.6 WY
 0.6GWYN : 0.6 G + 0.6 SD + 0.6 WYN
 GKR1 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR1 + 1.0 KY1
 GKR2 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR2 + 1.0 KY2
 GKR3 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR3 + 1.0 KY3
 GKR4 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR4 + 1.0 KY4
 GKR5 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR5 + 1.0 KY5
 GKR6 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR6 + 1.0 KY6
 GKR7 : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 KR7 + 1.0 KY7
 GT : 1.0 G + 1.0 SD + 1.0 T
 GQ-T : 1.0 G + 1.0 SD + 0.75 S + 0.75 (- T)

3. YAPISAL KESİT TAHKİKLERİ

3.1 Ana Makas - Üst Başlık Hesabı

Kesit : 2UNP220 (4328 No'lu kesit)

$$A_g = 74.89 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2.35 \text{ t/cm}^2$$

$$Z_{33} = 586.10 \text{ cm}^3$$

$$r_{33} = 8,47 \text{ cm}$$

$$S_{33} = 489.18 \text{ cm}^3$$

$$Z_{22} = 197.40 \text{ cm}^3$$

$$r_{22} = 3,49 \text{ cm}$$

$$S_{22} = 107.49 \text{ cm}^3$$

$$L_x = 166,13 \text{ cm}$$

Enkesit Koşulları;

Eksenel yük durumunda

$$\frac{b}{t} < 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} < 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{80}{12,5} < 0.56 \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$\frac{166}{9} < 1,49 \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$6,4 < 16.74$$

$$18,44 < 44.5$$

Kesit narin değildir.

Eğilme etkisinde

$$\frac{b}{t} < 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} < 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{80}{12,5} < 0.38 \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$\frac{166}{9} < 3,76 \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$6,74 < 11.35$$

$$18,44 < 112,4$$

Kesit kompakt.

İç Kuvvetler: Hesaplar sonucunda iç kuvvetlerin dağılımı Çizelge 3.1'de ton/cm birimleriyle gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Ana makas- üst başlık iç kuvvetler dağılımı.

	LRFD	ASD	TS-648
Kombinasyon	1.2G+1.2TS+1.6S+0.5WXN	G+TS+0.75S+0.45WXN	G+TS+S+WXN
P	-22.06	-13.46	-17.48
M33	47.2	-29.95	-42.02
M22	0.37	0.43	1.05

Eksenel yük ve moment durumunda :

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y \quad (3.1)$$

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = 0.877 \times F_e \quad (3.2)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{KL}{r_x} = \frac{1 \times 166.13}{8.47} = 19.6 < 200 \\ \frac{KL}{r_y} = \frac{1 \times 3 \times 166.13}{3.49} = 143 < 200 \end{array} \right\} 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} = 140.8 \rightarrow F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \quad (3.3)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times 2100}{143^2}$$

$$F_e = 1.01$$

$$F_{cr} = 0.877 \times F_e \quad (3.4)$$

$$F_{cr} = 0.877 \times 1.01 = 0.88$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g \quad (3.5)$$

$$P_n = 0.88 \times 74.89$$

$$P_n = 66.50t$$

Yanal Burkulma Kontrolü;

$L_b \leq L_p$ ise yanal burulmalı burkulma durumu göz ardı edilir.

$L_p < L_b < L_r$ ise ;

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.6)$$

$L_b > L_r$ ise ;

$$M_n = F_{cr} \times S_x \leq M_p \quad (3.7)$$

şeklinde hesap edilir.

$$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.8)$$

$$L_p = 1.76 \times 3.49 \times \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$L_p = 183.61 \text{ cm}$$

$$L_b = 3 \times 166.13 = 498.40 \text{ cm}$$

$$L_r = \pi \times r_{ts} \times \sqrt{\frac{E}{0.7 F_y}} \quad (3.9)$$

$$C_w = \frac{I_y \times h_o^2}{4} = \frac{913.7 \times 22^2}{4} = 110557.7$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} = \frac{\sqrt{913.7 \times 110557.7}}{498.18}$$

$$r_{ts} = 20.17$$

$$L_r = \pi \times r_{ts} \times \sqrt{\frac{E}{0.7 F_y}}$$

$$L_r = \pi \times 20.17 \times \sqrt{\frac{2100}{0.7 \times 2.35}}$$

$$L_r = 2262.88 \text{ cm}$$

$L_p < L_b < L_r$ olduğu için

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_p = F_y \times Z_x$$

$$M_p = 2.35 \times 498.18$$

$$M_p = 1377.33 \text{ tcm}$$

$$M_n = 1 \times \left[(1377.33) - (1377.33 - 0.7 \times 2.35 \times 498.18) \left(\frac{498.40 - 183.61}{2262.88 - 183.61} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_n = 1293.65$$

3.1.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} \geq 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1 \quad (3.10)$$

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} < 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1 \quad (3.11)$$

Birinci mertebe elastik analiz için moment büyütme çarpanı :

$$B_1 = B_2 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_u / P_{e1}} \quad (3.12)$$

$$C_m = 1.00$$

$$P_{c1} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_1 L_x)^2} = \frac{\pi^2 \times 2100 \times 5381}{166.13^2} = 4036.87 t \quad (3.13)$$

$$B_1 = B_2 = \frac{1}{1 - 1(22.06 / 4036.87)} = 1.00$$

$$M_{ux} = \beta_1 \times M_x = 1.00 \times 47.20 = 47.20 tcm$$

$$\frac{22.06}{0.9 \times 37.54} = 0.65 \geq 0.2 \text{ olduğu için } \rightarrow \frac{P_r}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1$$

$$\frac{22.06}{0.9 \times 37.54} + \frac{8}{9} \left(\frac{47.20}{0.9 \times 1293.65} \right) = 0.68 \leq 1$$

3.1.2 ASD'ye göre kesit tahkiki

$$\frac{P_r}{P_n / \Omega_c} \geq 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{P_n / \Omega_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

$$\frac{P_r}{P_n / \Omega_c} < 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{2P_n / \Omega_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

Birinci merteye elastik analiz için moment büyütme çarpanı :

$$B_1 = B_2 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_u / P_{e1}}$$

$$C_m = 1.00$$

$$P_{c1} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_1 L_x)^2} = \frac{\pi^2 \times 2100 \times 5381}{166.13^2} = 4036.87 t$$

$$B_1 = B_2 = \frac{1}{1 - 1(13.46 / 4036.87)} = 1.00$$

$$M_{ux} = \beta_1 \times M_x = 1.00 \times 29.95 = 29.95 tcm$$

$$\frac{13.46}{37.54 / 1.67} = 0.60 \geq 0.2 \text{ olduğu için } \rightarrow \frac{P_r}{P_n / \Omega_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

$$\frac{13.46}{37.54 / 1.67} + \frac{8}{9} \left(\frac{29.95}{1293.65 / 1.67} \right) = 0.68 \leq 1$$

3.1.3 TS-648'e göre kesit tahkiki

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{C_{mx} \times \sigma_{bx}}{\left(1,0 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex}}\right) \times \sigma_{Bx}} + \frac{C_{my} \times \sigma_{by}}{\left(1,0 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ey}}\right) \times \sigma_{By}} \leq 1,0 \quad (3.14)$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} < 0,15 \quad \longrightarrow \quad \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \leq 1,0 \quad (3.15)$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{A} = \frac{17,48}{74,89} = 0,23 \text{ t / cm}^2$$

$$\lambda_x = \frac{l_{kx}}{i_x} \quad \Rightarrow \quad \lambda_x = \frac{166,13}{8,47} = 19,6$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ky}}{i_y} \quad \Rightarrow \quad \lambda_y = \frac{4 \times 166,13}{3,49} = 190$$

Bu narinlik değeri için TS 648 Çizelge 8' de basınç emniyet gerilmesi okunur:

$$\sigma_{bem} = 0,3 \text{ t / cm}^2$$

Yalnız eğilme momenti tesiri altında hesaplanan eğilme basınç gerilmesi:

$$\sigma_{bx} = \frac{M_{33}}{S_{33}} = \frac{42,2}{489,18} = 0,086 \text{ t / cm}^2$$

$$C_{mx} = 0,85 \quad \rightarrow \quad \text{yanal ötelenmesi önlenmemiş sistemler için}$$

$$\sigma'_{ex} = \frac{8290}{\lambda^2} \quad (3.16)$$

$$\sigma'_{ex} = \frac{8290}{19,60^2} = 21,57 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma'_{ex} = \frac{21 \times \pi^2 \times E}{23 \times (K \times l / r)^2} \quad (3.17)$$

$$\sigma'_{ex} = \frac{21 \times \pi^2 \times 2100}{23 \times (19,6)^2} = 28,15 \text{ t / cm}^2$$

$$i_y = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} t_f b_f^3}{t_f b_f + \frac{1}{6} t_m (d - 2 t_f)}} \quad (3.18)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \times 1,25 \times 8^3}{1,25 \times 8 + \frac{1}{6} \times 0,9 (22 - 2 \times 1,25)}}$$

$$i_y = 2.03$$

$$\frac{l}{i_y} = \frac{166.13}{2.03} \cong 82$$

$$C_b = 1$$

$$\sqrt{\frac{30000000 C_b}{\sigma_a}} = \sqrt{\frac{30000000 \times 1}{2400}} = 111.80 > \frac{l}{i_y} \cong 82 \quad (3.19)$$

$$\sigma_{Bx(1)} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a (l/i_y)^2}{90000000 C_b} \right] \sigma_a < 0.6 \sigma_a \quad (3.20)$$

$$\sigma_{Bx(1)} = \left[\frac{2}{3} - \frac{2400(82)^2}{90000000 \times 1} \right] 2400 < 0.6 \times 2400$$

$$\sigma_{Bx(1)} = 1170 < 1440 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{Bx(2)} = \frac{840000}{l \times d / F_b} \quad (3.21)$$

$$\sigma_{Bx(2)} = \frac{840000}{166.13 \times 22 / (1.25 \times 17)} < 0.6 \times 2400$$

$$\sigma_{Bx(2)} = 4883.9 > 1440$$

$$\sigma_{Bx(2)} = 1440 \text{ kg / cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = \max(\sigma_{Bx(1)}; \sigma_{Bx(2)}) = 1440$$

Gerilme Tahkiki

$$\frac{0.23}{0.3} + \frac{0.85 \times 0.086}{\left(1.0 - \frac{0.46}{21.57}\right) \times 1.41} \leq 1.0$$

Rüzgar yüklemelerinde emniyet gerilmeleri 1.15 ile arttırılacağı için;

$$\frac{0.78 + 0.052}{1.15} = 0.72 \leq 1.0$$

3.2 Ana Makas - Alt Başlık Hesabı

Kesit : 2L80*8/10 (4543 No'lu eleman)

$$A_g = 24.53 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2.35 \text{ t/cm}_2$$

$$Z_{33} = 46.57 \text{ cm}^3$$

$$r_x = 2.42 \text{ cm}$$

$$S_x = 25.15 \text{ cm}^3$$

$$Z_{22} = 67.59 \text{ cm}^3$$

$$r_y = 3.67 \text{ cm}$$

$$S_y = 38.90 \text{ cm}^3$$

$$L = 164.3 \text{ cm}$$

Enkesit Koşulları

Eksenel yük durumunda

$$\frac{b}{t} < 0.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{80}{8} < 0.45 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} \quad :$$

$$10 < 13.35$$

Kesitnarin değildir.

$$\frac{b}{t} < 0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{80}{8} < 0.54 \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$10 < 16.14$$

Kesitkompakt.

İç Kuvvetler: Hesaplar sonucunda iç kuvvetlerin dağılımı Çizelge 3.2’de ton/cm birimleriyle gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Ana makas- alt başlık iç kuvvetler dağılımı.

	LRFD	ASD	TS-648
Kombinasyon	1.2G+1.2TS+1.6S+0.5WXN	G+TS+0.75S+0.45WXN	G+TS+S+WXN
P	-16.48	-9.95	-17.48
M33	1.90	1.53	1.59
M22	0.00	0.00	0.00

3.2.1 LRFD’ye göre kesit tahkiki

$$f_{ra} = \frac{P_u}{A} \quad F_{ca} = \phi_c F_{cr} \quad (3.22)$$

$$f_{rbx} = \frac{M_{ux}}{S_x} \quad F_{cbx} = \frac{\phi_b M_{nx}}{S_x} \quad (3.23)$$

$$f_{rby} = \frac{M_{uy}}{S_y} \quad F_{cbx} = \frac{\phi_b M_{ny}}{S_y} \quad (3.24)$$

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{KL}{r_x} &= \frac{1 \times 1 \times 164}{2.42} = 67.76 < 200 \\ \frac{KL}{r_y} &= \frac{1 \times 3 \times 164}{3.67} = 134 < 200 \end{aligned} \right\} 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} = 140.8 \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \times 2100}{134^2}$$

$$F_e = 1.15$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{2.35}{1.15}} \right) \times 2.35 = 1.0 \text{ t / cm}^2$$

$$f_{ra} = \frac{P_u}{A} \rightarrow \frac{16.48}{24.53} = 0.67 \text{ t / cm}^2$$

$$f_{rbx} = \frac{M_{ux}}{S_x} \rightarrow \frac{1.09}{25.15} = 0.04 \text{ t / cm}^2$$

$$f_{rby} = \frac{M_{uy}}{S_y} \rightarrow \frac{0.023}{38.90} \cong 0.00 \text{ t / cm}^2$$

$$F_{ca} = \phi_c F_{cr} \rightarrow 0.9 \times 1.0 = 0.9 \text{ t / cm}^2$$

$$M_{n,x} = F_y \times S_x \quad M_{n,y} = F_y \times S_x$$

$$M_{n,x} = 2.35 \times 25.15 \quad M_{n,y} = 2.35 \times 38.90$$

$$M_{n,x} = 59.10 \text{ tcm} \quad M_{n,y} = 91.41 \text{ tcm}$$

$$F_{cbx} = \frac{\phi_b M_{nx}}{S_x} \quad F_{cbx} = \frac{\phi_b M_{ny}}{S_y}$$

$$F_{cbx} = \frac{0.9 \times 59.10}{25.15} \quad F_{cbx} = \frac{0.9 \times 91.41}{38.90}$$

$$F_{cbx} = 2.11 \text{ t / cm}^2 \quad F_{cbx} = 2.11 \text{ t / cm}^2$$

$$\frac{f_{ra}}{F_{ca}} + \frac{f_{rbx}}{F_{cbx}} + \frac{f_{rby}}{F_{cby}} \leq 1.0$$

$$\frac{0.67}{1.00} + \frac{0.04}{2.11} = 0.77 \leq 1.0$$

3.2.2 ASD'ye göre kesit tahkiki

$$f_{ra} = \frac{P_a}{A} \quad F_{ca} = \frac{P_n}{\Omega_c A}$$

$$f_{rbx} = \frac{M_{ux}}{S_x} \quad F_{cbx} = \frac{M_{nx}}{\Omega_b S_x}$$

$$f_{rby} = \frac{M_{uy}}{S_y} \quad F_{cby} = \frac{M_{ny}}{\Omega_b S_y}$$

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{KL}{r_x} = \frac{1 \times 1 \times 164}{2.42} = 67.76 < 200 \\ \frac{KL}{r_y} = \frac{1 \times 3 \times 164}{3.67} = 134 < 200 \end{array} \right\} 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} = 140.8 \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \times 2100}{134^2}$$

$$F_e = 1.15 \text{ t/cm}^2$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{1.15} \right) \times 2.35 = 1.0 \text{ t/cm}^2$$

$$f_{ra} = \frac{P_u}{A} \rightarrow \frac{9.95}{24.53} = 0.40 \text{ t/cm}^2$$

$$f_{rbx} = \frac{M_{ux}}{S_x} \rightarrow \frac{1.53}{25.15} = 0.06 \text{ t/cm}^2$$

$$f_{rby} = \frac{M_{uy}}{S_y} \rightarrow \frac{0.019}{38.90} \cong 0.00 \text{ t/cm}^2$$

$$F_{ca} = \frac{F_{cr}}{\Omega_c} \rightarrow \frac{1.0}{1.67} = 0.6 \text{ t/cm}^2$$

$$M_{n,x} = F_y \times S_x$$

$$M_{n,y} = F_y \times S_x$$

$$M_{n,x} = 2.35 \times 25.15$$

$$M_{n,y} = 2.35 \times 38.90$$

$$M_{n,x} = 59.10 \text{ tcm}$$

$$M_{n,y} = 91.41 \text{ tcm}$$

$$F_{cbx} = \frac{M_{nx}}{\Omega_b S_x}$$

$$F_{cbx} = \frac{M_{ny}}{\Omega_b S_y}$$

$$F_{cbx} = \frac{59.10}{1.67 \times 25.15}$$

$$F_{cbx} = \frac{91.41}{1.67 \times 38.90}$$

$$F_{cbx} = 2.11 \text{ t/cm}^2$$

$$F_{cbx} = 2.11 \text{ t/cm}^2$$

$$\frac{f_{ra}}{F_{ca}} + \frac{f_{rbx}}{F_{cbx}} + \frac{f_{rby}}{F_{cby}} \leq 1.0$$

$$\frac{0.40}{0.60} + \frac{0.06}{2.11} = 0.72 \leq 1.0$$

3.2.3 TS-648'e göre kesit tahkiki

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

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} < 0,15 \quad \longrightarrow \quad \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{A} = \frac{16.62}{24.53} = 0.677 \text{ t / cm}^2$$

$$\lambda_x = \frac{l_{kx}}{i_x} \quad \Rightarrow \quad \lambda_x = \frac{164}{2.42} = 67.76$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ky}}{i_y} \quad \Rightarrow \quad \lambda_y = \frac{3 \times 164}{3.67} = 134$$

Bu narinlik değeri için TS 648 Çizelge 8' de basınç emniyet gerilmesi okunur:

$$\sigma_{bem} = 0.46 \text{ t / cm}^2$$

Moment değerleri sıfıra yakın olduğu için moment hesaba katılmamıştır.

Gerilme Tahkiki

$$\frac{0.677}{0.461} = 1.46$$

Rüzgar yüklemelerinde emniyet gerilmeleri 1.15 ile arttırılacağı için;

$$\frac{1.46}{1.15} = 1.27 > 1,0$$

Kesit yetersizdir.

3.3 Çatı Çaprazı Hesabı

Kesit : CHS 219,1*6 (2754No'lu kesit)

$$A_g = 40.16 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2.35 \text{ t/cm}^2$$

$$Z_{33} = 272.54 \text{ cm}^3$$

$$r_x = 7.54 \text{ cm}$$

$$S_x = 208.30 \text{ cm}^3$$

$$Z_{22} = 272.54 \text{ cm}^3$$

$$r_y = 7.54 \text{ cm}$$

$$S_y = 208.30 \text{ cm}^3$$

$$L = 1000 \text{ cm}$$

Enkesit Koşulları:

Eksenel yük durumunda

$$\frac{D}{t} < 0.11 \frac{E}{F_y}$$

$$\frac{219.1}{6} < 0.11 \frac{2100}{2.35}$$

$$36.5 < 98.3$$

Kesit narin değildir.

$$\frac{D}{t} < 0.07 \frac{E}{F_y}$$

$$\frac{219.1}{6} < 0.07 \frac{2100}{2.35}$$

$$36.5 < 62.5$$

Kesit kompakt.

İç Kuvvetler: Hesaplar sonucunda iç kuvvetlerin dağılımı Çizelge 3.3’de ton/cm birimleriyle gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Çatı çaprazı iç kuvvetler dağılımı.

	LRFD	ASD	TS-648
Kombinasyon	1.2G+1.2TS+1.6S+0.5WY	G+TS+0.75S+0.45WY	G+TS+S+WY
P	-4.46	-3.00	-17.48
M33	47.26	39.38	36.38
M22	0.00	0.00	0.00

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{KL}{r_x} &= \frac{1 \times 0.75 \times 1000}{7.54} = 99 < 200 \\ \frac{KL}{r_y} &= \frac{1 \times 0.5 \times 1000}{7.54} = 66 < 200 \end{aligned} \right\} 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} = 140.8 \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \times 2100}{99^2}$$

$$F_e = 2.11$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{2.35}{2.11}} \right) \times 2.35$$

$$F_{cr} = 1.47$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g \rightarrow 1.47 \times 40.16$$

$$P_n = 59.21 t$$

$$M_{n,x} = F_y \times Z_x$$

$$M_{n,x} = 2.35 \times 272.54$$

$$M_{n,x} = 640.47 tcm$$

3.3.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki

Eksenel yük ve moment durumunda :

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} \geq 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1$$

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} < 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1$$

Birinci mertebe elastik analiz için moment büyütme çarpanı :

$$B_1 = B_2 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_u / P_{e1}}$$

$$C_m = 1.00$$

$$P_{c1} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_1 L_x)^2} = \frac{\pi^2 \times 2100 \times 2281.94}{750^2} = 84.00 t$$

$$B_1 = B_2 = \frac{1}{1 - 1(4.46 / 84.00)} = 1.05$$

$$M_{ux} = \beta_1 \times M_x = 1.05 \times 47.26 = 49.62 tcm$$

$$\frac{4.46}{0.9 \times 59.21} = 0.1 \leq 0.2 \text{ olduğu için } \rightarrow \frac{P_r}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1$$

$$\frac{4.46}{2 \times 0.9 \times 59.21} + \frac{49.62}{0.9 \times 640.47} = 0.12 \leq 1$$

3.3.2 ASD'ye göre kesit tahkiki

$$\frac{P_r}{P_n / \Omega_c} \geq 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{P_n / \Omega_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

$$\frac{P_r}{P_n / \Omega_c} < 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{2P_n / \Omega_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

Birinci mertebe elastik analiz için moment büyütme çarpanı :

$$B_1 = B_2 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_u / P_{e1}}$$

$$C_m = 1.00$$

$$P_{c1} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_1 L_x)^2} = \frac{\pi^2 \times 2100 \times 2281.94}{750^2} = 84.00 t$$

$$B_1 = B_2 = \frac{1}{1 - 1(3.30 / 84.00)} = 1.04$$

$$M_{ux} = \beta_1 \times M_x = 1.04 \times 39.38 = 41.35 tcm$$

$$\frac{3.00}{0.9 \times 59.21} = 0.06 \leq 0.2 \text{ olduğu için } \rightarrow \frac{P_r}{2P_n / \Omega_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

$$\frac{3.00}{2 \times 59.21 / 1.67} + \frac{41.35}{640.47 / 1.67} = 0.15 \leq 1$$

3.3.3 TS-648'e göre kesit tahkiki

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

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} < 0,15 \quad \longrightarrow \quad \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \leq 1, 0$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{A} = \frac{4.47}{40.16} = 0.11 t / cm^2$$

$$\lambda_x = \frac{l_{kx}}{i_x} \quad \Rightarrow \quad \lambda_x = \frac{0.75 \times 1000}{7.54} = 99.4$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ky}}{i_y} \quad \Rightarrow \quad \lambda_y = \frac{0.5 \times 1000}{7.54} = 66.3$$

Bu narinlik değeri için TS 648 Çizelge 8' de basınç emniyet gerilmesi okunur:

$$\sigma_{bem} = 0.78 \text{ t / cm}^2$$

Yalnız eğilme momenti tesiri altında hesaplanan eğilme basınç gerilmesi:

$$\sigma_{bx} = \frac{M_{33}}{S_{33}} = \frac{36.38}{208.3} = 0.17 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = 1.41 \text{ t / cm}^2$$

Gerilme Tahkiki

$$\frac{0.11}{0.78} + \frac{0.17}{1.41} \leq 1,0$$

Rüzgar yüklemelerinde emniyet gerilmeleri 1.15 ile arttırılacağı için;

$$\frac{0.14 + 0.12}{1.15} = 0.22 \leq 1,0$$

3.4 Ana Makas - Diyagonal Hesabı

Kesit : 2L120*12/10 (6867 No'lu eleman)

$$A_g = 55.08 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2.35 \text{ t/cm}^2$$

$$Z_{33} = 157.20 \text{ cm}^3$$

$$r_x = 3.65 \text{ cm}$$

$$S_x = 85.46 \text{ cm}^3$$

$$Z_{22} = 214.60 \text{ cm}^3$$

$$r_y = 5.34 \text{ cm}$$

$$S_y = 125.76 \text{ cm}^3$$

$$L = 572.3 \text{ cm}$$

Enkesit Koşulları:

Eksenel yük durumunda

$$\frac{b}{t} < 0.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{120}{12} < 0.45 \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$10 < 13.35$$

Kesit narindeğildir.

$$\frac{b}{t} < 0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{120}{12} < 0.54 \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$10 < 16.14$$

Kesit kompakt.

İç Kuvvetler: Hesaplar sonucunda iç kuvvetlerin dağılımı Çizelge 3.4'de ton/cm birimleriyle gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Ana makas- diyagonal iç kuvvetler dağılımı.

	LRFD	ASD	TS-648
Kombinasyon	1.2G+1.2TS+1.6S+0.5WXN	G+TS+S	G+TS+S
P	-31.80	-21.86	-21.83
M33	13.30	11.08	11.08
M22	0.00	0.00	0.00

3.4.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki

$$f_{ra} = \frac{P_u}{A} \quad F_{ca} = \phi_c F_{cr}$$

$$f_{rbx} = \frac{M_{ux}}{S_x} \quad F_{cbx} = \frac{\phi_b M_{nx}}{S_x}$$

$$f_{rby} = \frac{M_{uy}}{S_y} \quad F_{cbx} = \frac{\phi_b M_{ny}}{S_y}$$

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{KL}{r_x} &= \frac{1 \times 572.3}{3.65} = 157 < 200 \\ \frac{KL}{r_y} &= \frac{1 \times 572.3}{5.34} = 107 < 200 \end{aligned} \right\} 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} = 140.8 \rightarrow F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \times 2100}{157^2}$$

$$F_e = 0.84 \text{ t / cm}^2$$

$$F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$F_{cr} = 0.877 \times 0.84 = 0.74 \text{ t / cm}^2$$

$$f_{ra} = \frac{P_u}{A} \rightarrow \frac{31.80}{55.08} = 0.58 \text{ t / cm}^2$$

$$f_{rbx} = \frac{M_{ux}}{S_x} \rightarrow \frac{13.30}{85.46} = 0.15 \text{ t / cm}^2$$

$$f_{rby} = \frac{M_{uy}}{S_y} \rightarrow \frac{0}{125.76} = 0.00 \text{ t / cm}^2$$

$$F_{ca} = \phi_c F_{cr} \rightarrow 0.9 \times 0.74 = 0.66 \text{ t / cm}^2$$

$$M_{n,x} = M_p = F_y Z_x \leq 1.6 F_y \times S_x$$

$$M_{n,x} = 2.35 \times 157.20 \leq 1.6 \times 2.35 \times 85.46$$

$$M_{n,x} = 369.42 \leq 312.33$$

$$M_{n,x} = 321.33 \text{ tcm}$$

$$F_{cbx} = \frac{\phi_b M_{nx}}{S_x}$$

$$F_{cbx} = \frac{0.9 \times 321.33}{85.46}$$

$$F_{cbx} = 3.38 \text{ t / cm}^2$$

$$\frac{f_{ra}}{F_{ca}} + \frac{f_{rbx}}{F_{cbx}} + \frac{f_{rby}}{F_{cby}} \leq 1.0$$

$$\frac{0.58}{0.66} + \frac{0.15}{3.38} = 0.92 \leq 1.0$$

$$M_{n,y} = F_y Z_y \leq 1.6 F_y \times S_y$$

$$M_{n,y} = 2.35 \times 214.60 \leq 1.6 \times 2.35 \times 125.76$$

$$M_{n,y} = 504.31 \leq 472.85$$

$$M_{n,y} = 472.85 \text{ tcm}$$

$$F_{cbx} = \frac{\phi_b M_{ny}}{S_y}$$

$$F_{cbx} = \frac{0.9 \times 472.85}{125.76}$$

$$F_{cbx} = 3.38 \text{ t / cm}^2$$

3.4.2 ASD'ye göre kesit tahkiki

$$f_{ra} = \frac{P_a}{A} \quad F_{ca} = \frac{P_n}{\Omega_c A} = \frac{F_{cr}}{\Omega_c}$$

$$f_{rbx} = \frac{M_{ux}}{S_x} \quad F_{cbx} = \frac{M_{nx}}{\Omega_b S_x}$$

$$f_{rby} = \frac{M_{uy}}{S_y} \quad F_{cby} = \frac{M_{ny}}{\Omega_b S_y}$$

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{KL}{r_x} &= \frac{1 \times 1 \times 572.3}{3.65} = 157 < 200 \\ \frac{KL}{r_y} &= \frac{1 \times 1 \times 572.3}{5.34} = 107 < 200 \end{aligned} \right\} 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} = 140.8 \rightarrow F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \times 2100}{157^2}$$

$$F_e = 0.84 \text{ t / cm}^2$$

$$F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$F_{cr} = 0.877 \times 0.84 = 0.74 \text{ t / cm}^2$$

$$f_{ra} = \frac{P_u}{A} \rightarrow \frac{21.86}{55.08} = 0.40 \text{ t / cm}^2$$

$$f_{rbx} = \frac{M_{ux}}{S_x} \rightarrow \frac{11.08}{85.46} = 0.06 \text{ t / cm}^2$$

$$f_{rby} = \frac{M_{uy}}{S_y} \rightarrow \frac{0}{125.76} = 0.00 \text{ t / cm}^2$$

$$F_{ca} = \frac{F_{cr}}{\Omega_c} \rightarrow \frac{0.74}{1.67} = 0.44 \text{ t / cm}^2$$

$$M_{n,x} = M_p = F_y Z_x \leq 1.6 F_y \times S_x$$

$$M_{n,x} = 2.35 \times 157.20 \leq 1.6 \times 2.35 \times 85.46$$

$$M_{n,x} = 369.42 \leq 312.33$$

$$M_{n,x} = 321.33 \text{ tcm}$$

$$M_{n,y} = F_y Z_y \leq 1.6 F_y \times S_y$$

$$M_{n,y} = 2.35 \times 214.60 \leq 1.6 \times 2.35 \times 125.76$$

$$M_{n,y} = 504.31 \leq 472.85$$

$$M_{n,y} = 472.85 \text{ tcm}$$

$$F_{cbx} = \frac{M_{nx}}{\Omega_b S_x}$$

$$F_{cbx} = \frac{321.33}{1.67 \times 85.46}$$

$$F_{cbx} = 2.25 \text{ tcm}$$

$$F_{cbx} = \frac{M_{ny}}{\Omega_b S_y}$$

$$F_{cbx} = \frac{472.85}{1.67 \times 125.76}$$

$$F_{cbx} = 2.25 \text{ tcm}$$

$$\frac{f_{ra}}{F_{ca}} + \frac{f_{rbx}}{F_{cbx}} + \frac{f_{rby}}{F_{cby}} \leq 1.0$$

$$\frac{0.40}{0.44} + \frac{0.06}{2.25} = 0.94 \leq 1.0$$

3.4.3 TS-648'e göre kesit tahkiki

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

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} < 0,15 \quad \longrightarrow \quad \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \leq 1, 0$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{A} = \frac{21.83}{55.08} = 0.40 \text{ t / cm}^2$$

$$\lambda_x = \frac{l_{kx}}{i_x} \quad \Rightarrow \quad \lambda_x = \frac{572.3}{3.65} = 157$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ky}}{i_y} \quad \Rightarrow \quad \lambda_y = \frac{572.3}{5.36} = 107$$

Bu narinlik değeri için TS 648 Çizelge 8' de basınç emniyet gerilmesi okunur:

$$\sigma_{bem} = 0.336 \text{ t / cm}^2$$

Moment değerleri sıfıra yakın olduğu için moment hesaba katılmamıştır.

Gerilme Tahkiki

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

$$\frac{0.40}{0.336} = 1.19 > 1,0$$

Kesit yetersizdir.

3.5 Düşey Çapraz Hesabı

Kesit : UNP240 (2006 No'lu kesit)

$$A_g = 42.29 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2.35 \text{ t/cm}^2$$

$$Z_{33} = 366.40 \text{ cm}^3$$

$$r_{33} = 9,22 \text{ cm}$$

$$S_{33} = 299.75 \text{ cm}^3$$

$$Z_{22} = 84.83 \text{ cm}^3$$

$$r_{22} = 2,42 \text{ cm}$$

$$S_{22} = 39.51 \text{ cm}^3$$

$$L_x = 222,62 \text{ cm}$$

Enkesit Koşulları;

Eksenel yük durumunda

$$\frac{b}{t} < 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} < 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{85}{13} < 0.56 \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$\frac{185}{9.5} < 1.49 \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$6.53 < 16.74$$

$$19.47 < 44.5$$

Kesit narin değildir.

Eğilme etkisinde

$$\frac{b}{t} < 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} < 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{85}{13} < 0.38 \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$\frac{185}{9.5} < 3.76 \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$6.53 < 11.35$$

$$18.44 < 112.4$$

Kesit kompakt.

İç Kuvvetler: Hesaplar sonucunda iç kuvvetlerin dağılımı Çizelge 3.5'de ton/cm birimleriyle gösterilmiştir

Çizelge 3.5 Düşey çapraz iç kuvvetler dağılımı.

	LRFD	ASD	TS-648
Kombinasyon	1.2G+1.2TS+1.6KR7+1.6KY7	G+TS+KR7+KY7	G+TS+KR7+KY7
P	-31.67	-20.68	-20.68
M33	-9.49	-4.26	-4.27
M22	-2.88	-1.81	-1.83

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{KL}{r_x} &= \frac{1 \times 5 \times 222.62}{9.22} = 120 < 200 \\ \frac{KL}{r_y} &= \frac{1 \times 1 \times 222.62}{2.42} = 92 < 200 \end{aligned} \right\} 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} = 140.8 \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \times 2100}{120^2}$$

$$F_e = 1.437$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{1.437} \right) \times 2.35 = 1.18$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g \rightarrow 1.18 \times 42.29$$

$$P_n = 50.12 \text{ t}$$

3.5.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} \geq 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1$$

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} < 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1$$

$$\frac{31.67}{0.9 \times 50.12} = 0.70 \geq 0.2 \text{ olduğu için } \rightarrow \frac{P_r}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1$$

Moment değerleri küçük olduğu için ihmal edilmiştir.

$$\frac{31.67}{0.9 \times 50.12} = 0.70 \leq 1$$

3.5.2 ASD'ye göre kesit tahkiki

$$\frac{P_r}{P_n / \Omega_c} \geq 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{P_n / \Omega_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

$$\frac{P_r}{P_n / \Omega_c} < 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{2P_n / \Omega_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

$$\frac{20.68}{50.12 / 1.67} = 0.69 \geq 0.2 \text{ olduğu için } \rightarrow \frac{P_r}{P_n / \Omega_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

Moment değerleri küçük olduğu için ihmal edilmiştir.

$$\frac{20.68}{50.12 / 1.67} = 0.69 \leq 1$$

3.5.3 TS-648'e göre kesit tahkiki

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

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} < 0,15 \quad \longrightarrow \quad \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \leq 1, 0$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{A} = \frac{20.68}{42.29} = 0.49 \text{ t / cm}^2$$

$$\lambda_x = \frac{l_{kx}}{i_x} \quad \Rightarrow \quad \lambda_x = \frac{5 \times 222.62}{9.22} = 120$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ky}}{i_y} \quad \Rightarrow \quad \lambda_y = \frac{1 \times 222.62}{2.42} = 92$$

Bu narinlik değeri için TS 648 Çizelge 8' de basınç emniyet gerilmesi okunur:

$$\sigma_{bem} = 0.57 \text{ t / cm}^2$$

Yalnız eğilme momenti tesiri altında hesaplanan eğilme basınç gerilmesi:

Gerilme Tahkiki

Moment değerleri küçük olduğu için ihmal edilmiştir.

$$\frac{0.49}{0.57} = 0.85 \leq 1, 0$$

3.6 Kolon Hesabı

Kesit : HEA400 (7293 No'lu kesit)

$$A_g = 159.00 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 2.75 \text{ t/cm}^2$$

$$Z_{33} = 1307 \text{ cm}^3$$

$$r_{33} = 16.84 \text{ cm}$$

$$S_{33} = 2311.62 \text{ cm}^3$$

$$Z_{22} = 229 \text{ cm}^3$$

$$r_{22} = 7.34 \text{ cm}$$

$$S_{22} = 570.93 \text{ cm}^3$$

$$L_x = 274,16 \text{ cm}$$

Enkesit Koşulları;

Eksenel yük durumunda

$$\frac{b}{t} < 1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} < 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{300}{19} < 1.12 \sqrt{\frac{2100}{2.75}}$$

$$\frac{298}{11} < 1.49 \sqrt{\frac{2100}{2.75}}$$

$$15.78 < 30.94$$

$$27.09 < 41.17$$

Kesit narin değildir.

Eğilme etkisinde

$$\frac{b}{t} < 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{h}{t_w} < 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{300}{19} < 0.76 \sqrt{\frac{2100}{2.75}}$$

$$\frac{298}{11} < 3.76 \sqrt{\frac{2100}{2.75}}$$

$$15.78 < 21.00$$

$$27.09 < 103.90$$

Kesit kompakt.

İç Kuvvetler: Hesaplar sonucunda iç kuvvetlerin dağılımı Çizelge 3.6'da ton/cm birimleriyle gösterilmiştir

Çizelge 3.6 Kolon iç kuvvetler dağılımı.

	LRFD	ASD	TS-648
Kombinasyon	1.2G+1.2TS+1.6KR6+1.6KY6	G+TS+KR6+KY6	G+TS+KR6+KY6
P	-194.93	-128.25	-128.28
M33	-0.35	-0.28	-0.18
M22	-162.24	-106.73	-106.26

Eksenel yük ve moment durumunda :

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = 0.877 \times F_e$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{KL}{r_x} &= \frac{1 \times 6 \times 274.16}{16.84} = 98 < 200 \\ \frac{KL}{r_y} &= \frac{1 \times 1 \times 274.16}{7.34} = 37 < 200 \end{aligned} \right\} 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} = 140.8 \rightarrow F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \times 2100}{98^2}$$

$$F_e = 2.15$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{2.75}{2.15}} \right) \times 2.75 = 1.61$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g \rightarrow 1.61 \times 159$$

$$P_n = 256 \text{ t}$$

$$M_{n,x} = F_y \times Z_x$$

$$M_{n,y} = F_y \times Z_y$$

$$M_{n,x} = 2.75 \times 2562$$

$$M_{n,y} = 2.75 \times 873$$

$$M_{n,x} = 7045.5 \text{ tcm}$$

$$M_{n,y} = 2400.75 \text{ tcm}$$

3.6.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} \geq 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1$$

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} < 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{2\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1$$

Birinci mertebe elastik analiz için moment büyütme çarpanı :

$$B_1 = B_2 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_u / P_{e1}}$$

$$C_m = 1.00$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_1 L_x)^2} = \frac{\pi^2 \times 2100 \times 45070}{(6 \times 274.16)^2} = 344.87 \text{ t}$$

$$B_1 = B_2 = \frac{1}{1 - 1(194.93 / 344.87)} = 2.3$$

$$M_{uy} = \beta_1 \times M_y = 2.3 \times 162.24 = 373.16 \text{ tcm}$$

$$\frac{194.93}{0.9 \times 256} = 0.85 \geq 0.2 \text{ olduğu için } \rightarrow \frac{P_r}{\phi_c P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{n,x}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{n,y}} \right) \leq 1$$

$$\frac{194.93}{0.9 \times 256} + \frac{8}{9} \left(\frac{373.16}{0.9 \times 2400.75} \right) = 0.98 \leq 1$$

3.6.2 ASD'ye göre kesit tahkiki

$$\frac{P_r}{P_n / \Omega_c} \geq 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{P_n / \Omega_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

$$\frac{P_r}{P_n / \Omega_c} < 0.2 \text{ ise } \rightarrow \frac{P_r}{2P_n / \Omega_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

Birinci merteye elastik analiz için moment büyütme çarpanı :

$$B_1 = B_2 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_u / P_{e1}}$$

$$C_m = 1.00$$

$$P_{c1} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_1 L_x)^2} = \frac{\pi^2 \times 2100 \times 45070}{(6 \times 274.16)^2} = 344.87 t$$

$$B_1 = B_2 = \frac{1}{1 - 1(128.25 / 344.87)} = 1.59$$

$$M_{uy} = \beta_1 \times M_y = 1.59 \times 106.73 = 170.00 tcm$$

$$\frac{128.25}{256 / 1.67} = 0.84 \geq 0.2 \text{ olduğu için } \rightarrow \frac{P_r}{P_n / \Omega_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{n,x} / \Omega_b} + \frac{M_{ry}}{M_{n,y} / \Omega_b} \right) \leq 1$$

$$\frac{128.25}{256 / 1.67} + \frac{8}{9} \left(\frac{170.00}{2400.75 / 1.67} \right) = 0.94 \leq 1$$

3.6.3 TS-648'e göre kesit tahkiki

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

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} < 0,15 \quad \longrightarrow \quad \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} + \frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \leq 1, 0$$

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{A} = \frac{128.28}{159} = 0.80 t / cm^2$$

$$\lambda_x = \frac{l_{kx}}{i_x} \Rightarrow \lambda_x = \frac{6 \times 274.16}{16.84} = 98$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ky}}{i_y} \Rightarrow \lambda_y = \frac{1 \times 274.16}{7.34} = 38$$

Bu narinlik değeri için TS 648 Çizelge 8' de basınç emniyet gerilmesi okunur:

$$\sigma_{bem} = 0.75 \text{ t / cm}^2$$

Yalnız eğilme momenti tesiri altında hesaplanan eğilme basınç gerilmesi:

$$\sigma_{bx} = \frac{M_{22}}{S_{22}} = \frac{106.26}{570.93} = 0.18 \text{ t / cm}^2$$

$$C_m = 0.6 - 0.4 \frac{M_1}{M_2} \geq 0.4$$

$$M_1 = 0 \text{ tcm} \quad M_2 = -106.26 \text{ tcm}$$

$$C_{my} = 0.6 + 0.4 \frac{0.0}{106.26} \geq 0.4 \rightarrow C_{my} = 0.6$$

$$\sigma'_{ey} = \frac{8290}{\lambda^2} = \frac{8290}{38^2} = 5.74 \text{ t / cm}^2$$

$$\sigma_{By} = 1.41 \text{ t / cm}^2$$

Gerilme Tahkiki

$$\frac{0.80}{0.75} + \frac{0.6 \times 0.18}{\left(1.0 - \frac{0.80}{5.74}\right) \times 1.41} \leq 1.0$$

$$1.06 + 0.08 = 1.14 \geq 1.0 \quad \text{Kesit yetersiz.}$$

3.7 Deplasman Kontrolleri

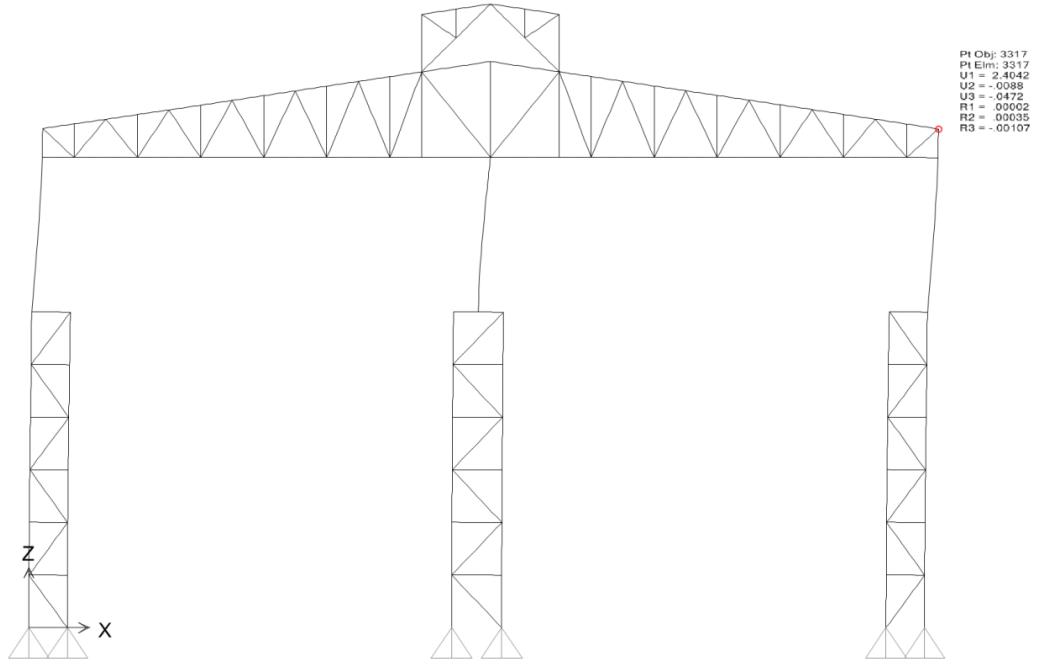
Deplasman kontrolleri arttırılmamış yük birleşimlerine göre AISC - LRFD' de verilen koşullara göre yapılmıştır.

3.7.1 Yatay deplasman kontrolü

Deprem kuvvetinden oluşan deplasmanlar için AISC 360-10 yönetmeliğine göre yapının herhangi bir H yüksekliğindeki noktasındaki yatay yerdeğiştirmeyi ifade eden değer δ olmak üzere;

$$\delta \leq \frac{H}{500} \quad (3.11)$$

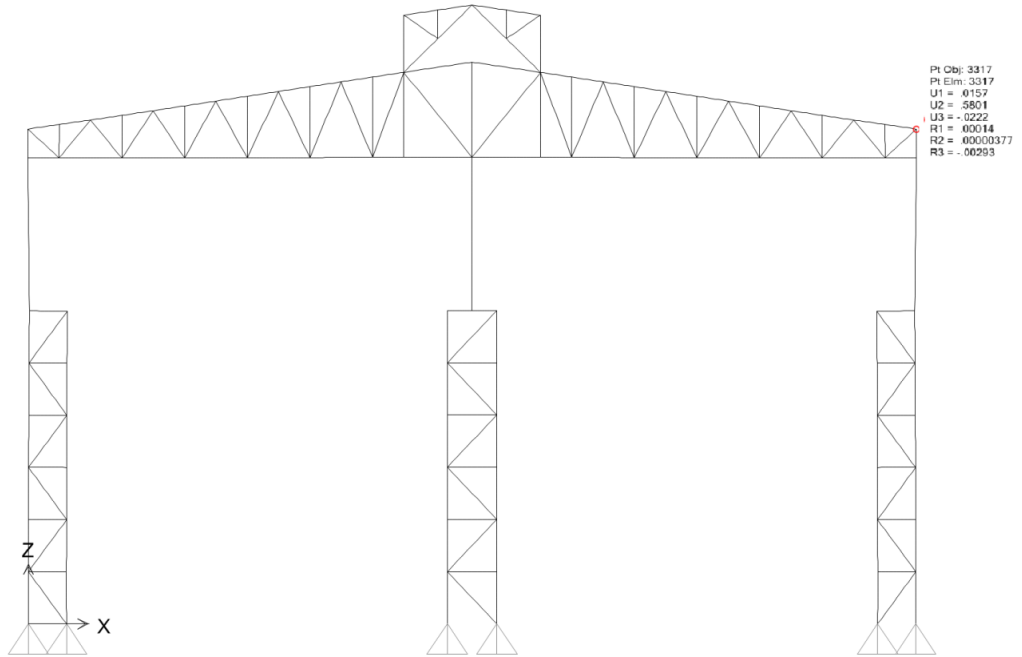
koşulu sağlanmalıdır.



Şekil 3.1 : SAP2000 programında yapının EX deplasmanı.

$$\delta_{EY} = 2.42 \text{ cm}$$

$$2.42 < 2600 / 500 = 5.2 \text{ cm}$$



Şekil 3.2 :SAP2000 programında yapının EY deplasmanı.

$$\delta_{EX} = 0.59 \text{ cm}$$

$$0.59 < 2600 / 500 = 5.2 \text{ cm}$$

TS-648 yönetmeliğinde yatay yerdeğiştirme ile ilgili herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.DBYBHY-2007 yönetmeliğine baktığımızda yatay yerdeğiştirme limiti $\frac{R\Delta_i}{h_i} \leq 0.02$ olarak belirtilmiştir.

$$\frac{5 \times 2.42}{2600} = 0.005 \leq 0.02$$

3.7.2 Düşey deplasman kontrolü

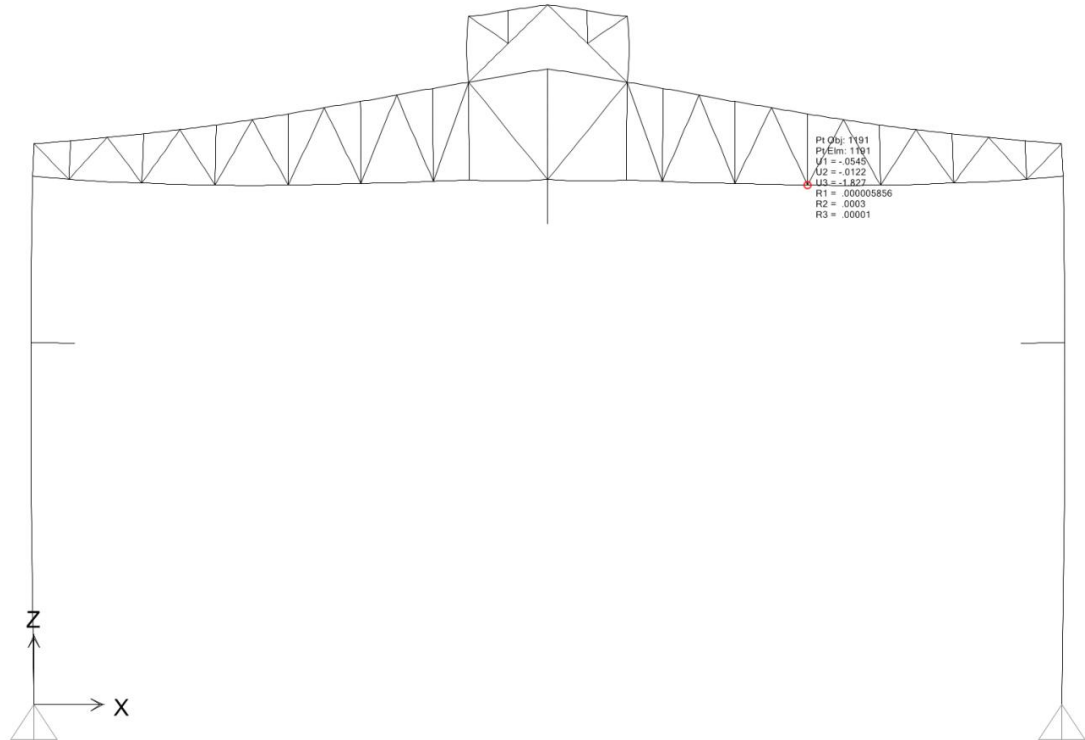
1.0D+1.0L durumunda oluşan maksimum düşey deplasman;

$$\Delta_{1.0D+1.0L} = 1.84 \text{ cm' dir.}$$

AISC360-10'a göre düşey deplasman sınırı $\frac{L}{240}$, TS-648'e göre düşey deplasman

sınırı $\frac{L}{300}$ olarak verilmiştir.

$$\Delta_{mak} = 1.84 \leq \frac{L}{240} = \frac{4660}{240} = 19.41 \text{ cm} \quad \Delta_{mak} = 1.84 \leq \frac{L}{300} = \frac{4660}{300} = 15.53 \text{ cm}$$



Şekil 3.3 : SAP2000 programında yapıнын 1.0D+1.0L deplasmanı.

3.8 Aşık Kesit Tahkiki

Aşık açıklığı $l = 7.5$ m

Aşık aralığı $t = 1.65$ m

Çatı eğimi $\alpha = 10^\circ$

$$P_g = (g_{kap} + g_a) \times t = (0.15 + 0.25) \times 1.65 = 0.66 \text{ kN/m}$$

$$P_s = Q_k \times t = 1 \times 1.65 = 1.65 \text{ kN/m}$$

Kesit : Yapma kesit kullanılmıştır

$$h = 210 \text{ mm } b = 90 \text{ mm } t_w = 8 \text{ mm } t_f = 8 \text{ mm}$$

$$Z_x = 212.63 \text{ cm}^3 \quad Z_y = 53.91 \text{ cm}^3 \quad A = 29.12 \text{ cm}^2 \quad I_x = 1874 \text{ cm}^4 \quad I_y = 190.15 \text{ cm}^4$$

$$S_{33} = 178.55 \text{ cm}^3 \quad S_{22} = 86.50 \text{ cm}^3 \quad F_y = 2.35 \text{ t/cm}^2 \quad r_{33} = 8.02 \text{ cm } r_{22} = 2.55 \text{ cm}$$

3.8.1 LRFD'ye göre kesit tahkiki

Tasarım Yükleri ;

$$\underline{P_g + P_k}$$

$$q_{ux} = (1.20 P_g + 1.60 P_s) \times \cos \alpha = (1.20 \times 0.66 + 1.6 \times 1.65) \times 0.98 = 3.36 \text{ kN/m}$$

$$q_{uy} = (1.20 P_g + 1.60 P_s) \times \sin \alpha = (1.20 \times 0.66 + 1.6 \times 1.65) \times 0.17 = 0.58 \text{ kN/m}$$

Statik sistem ve kesit tesirleri:

Aşıklar basit giriş olarak tasarlanmıştır.

$$M_x = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{3.36 \times 7.50^2}{8} = 23.62 \text{ kNm}$$

$$M_y = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{0.58 \times 3.75^2}{8} = 1.02 \text{ kNm}$$

$$\text{Narinlik oranı } \lambda = \frac{b}{t} = \frac{95}{8} = 11.88$$

$$\text{Narinlik sınır değeri } \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} = 11.36$$

$\lambda > \lambda_p$ olduğundan dolayı kesit sınıfı non-compact kesit olarak sınıflandırılır.

$$L_x = 750 \text{ cm } L_y = 375 \text{ cm}$$

$$K_x = K_y = 1$$

Kesit dayanımı :

Yanal Burkulma Kontrolü;

$L_b \leq L_p$ ise yanal burulmalı burkulma durumu göz ardı edilir.

$L_p < L_b < L_r$ ise ;

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$L_b > L_r$ ise ;

$$M_n = F_{cr} \times S_x \leq M_p$$

şeklinde hesap edilir.

$$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.76 \times 2.55 \times \sqrt{\frac{2100}{2.35}}$$

$$L_p = 134.16 \text{ cm}$$

$$L_b = 375 \text{ cm}$$

$$L_r = \pi \times r_{ts} \times \sqrt{\frac{E}{0.7 F_y}}$$

$$C_w = \frac{I_y \times h_o^2}{4} = \frac{190.15 \times 21^2}{4} = 20964.03$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} = \frac{\sqrt{190.15 \times 20964.03}}{178.55}$$

$$r_{ts} = 11.18$$

$$L_r = \pi \times r_{ts} \times \sqrt{\frac{E}{0.7 F_y}}$$

$$L_r = \pi \times 11.18 \times \sqrt{\frac{2100}{0.7 \times 2.35}}$$

$$L_r = 1254.29 \text{ cm}$$

$L_p < L_b < L_r$ olduğu için

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_{px} = F_y \times Z_x$$

$$M_{px} = 2.35 \times 212.63$$

$$M_{px} = 499.68 \text{ tcm}$$

$$M_n = 1 \times \left[(499.68) - (449.68 - 0.7 \times 2.35 \times 178.55) \left(\frac{375 - 134.16}{1254.29 - 134.16} \right) \right] \leq M_p$$

$$M_{nx} = 416.15 \text{ tcm}$$

Yerel Başlık Eğilme Kontrolü;

$$M_n = M_p - (M_p - 0.7 \times F_y \times S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \leq M_p$$

$$\lambda = \frac{b}{t_f}$$

$$\lambda_{pf} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda_{rf} = 1.00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\lambda = \frac{95}{8} = 11.88$$

$$\lambda_{pf} = 0.38 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} = 11.36$$

$$\lambda_{rf} = 1.00 \sqrt{\frac{2100}{2.35}} = 29.90$$

$$M_n = 499.68 - (499.68 - 0.7 \times 2.35 \times 178.55) \left(\frac{11.88 - 11.36}{29.90 - 11.36} \right) \leq M_p$$

$$M_{nx} = 493.91$$

Yukarıdaki hesaplar doğrultusunda $M_{nx} = 416.15 \text{ tcm}$

$$M_{py} = F_y \times Z_y$$

$$M_{py} = 2.35 \times 53.91$$

$$M_{py} = 126.68 \text{ tcm}$$

Enkesit dayanım kontrolü :

$$\frac{M_x}{\phi_b \times M_{cx}} + \frac{M_y}{\phi_b \times M_{cy}} = \frac{2362}{0.90 \times 4161.5} + \frac{102}{0.90 \times 1266.8} = 0.72 < 1$$

3.8.2 ASD'ye göre kesit tahkiki

$$\underline{P_g + P_k}$$

$$q_{ux} = (P_g + P_s) \times \cos \alpha = (0.66 + 1.65) \times 0.98 = 2.26 \text{ kN/m}$$

$$q_{uy} = (P_g + P_s) \times \sin \alpha = (0.66 + 1.65) \times 0.17 = 0.39 \text{ kN/m}$$

Statik sistem ve kesit tesirleri:

Aşıklar basit giriş olarak tasarlanmıştır.

$$M_x = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{2.26 \times 7.50^2}{8} = 15.89 \text{ kNm}$$

$$M_y = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{0.39 \times 3.75^2}{8} = 0.68 \text{ kNm}$$

Enkesit dayanım kontrolü :

$$\frac{M_x}{M_{cx} / \Omega_b} + \frac{M_y}{M_{cy} / \Omega_b} = \frac{1589}{4161.5 / 1.67} + \frac{68}{1266.8 / 1.67} = 0.73 < 1$$

3.8.3 TS-648'e göre kesit tahkiki

$$\begin{aligned} \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} &\leq 14 \text{ kN} / \text{cm}^2 \\ \frac{1589}{178.55} + \frac{68}{86.50} &\leq 14 \text{ kN} / \text{cm}^2 \\ 9.68 &\leq 14 \text{ kN} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

Aşık kesiti için sehim kontrolü;

İşletme Yükleri:

$$P_g + P_s :$$

$$q_{ux} = 2.26 \text{ kN} / \text{m}$$

$$q_{uy} = 0.39 \text{ kN} / \text{m}$$

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EI}$$

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{0.0226 \times 750^4}{21000 \times 1874} = 2.36 \text{ cm}$$

$$f_{maks} = 2.32 \text{ cm} < f_{lim} = l / 300 = 750 / 300 = 2.5 \text{ cm}$$

3.9 Bağlantı Hesapları

3.9.1 Makas - Diyagonal bağlantı detayı

- L 60.6 diyagonal dikme bağlantı detayı Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

$$P_u = 12.88 \text{ kN} \text{ (GQWYN)}$$

$$P_u = 63.91 \text{ kN}$$

Köşe kaynak kalınlığı $a=6 \text{ mm}$

Kaynak metali çekme dayanımı $F_E=360 \text{ N/mm}^2$

Köşe kaynakta birim boyun dayanımı :

$$R_n = F_w \times A_w = (0.60 \times F_E) \times A_w$$

F_w : köşe kaynak karakteristik kayma dayanımı, (N/mm^2)

F_E : kaynak metalinin karakteristik çekme dayanımı , (N/mm^2)

A_w : kaynağın etkili hesap alanı (mm^2)

$$F_w = 0.6 \times F_E = 0.6 \times 360 = 216 \text{ N / mm}^2$$

$$A_w = 160 \times 6 = 960 \text{ mm}^2$$

$$R_n = F_w \times A_w = 216 \times 960 = 207360 \text{ N} = 207.36 \text{ kN}$$

Tasarım kriteri

$$\frac{R_n}{\Omega} \geq P_u$$

$$\Omega_v = 2.00$$

$$\frac{207.36}{2} = 103.68 > 63.91 \text{ kN}$$

3.9.1.2 TS-648'e göre bağlantı tahkiki

$$N_1 = 16.10 \text{ kN (GQWYN)}$$

Kaynak Kalınlığı = $a = 0.4 \text{ cm}$

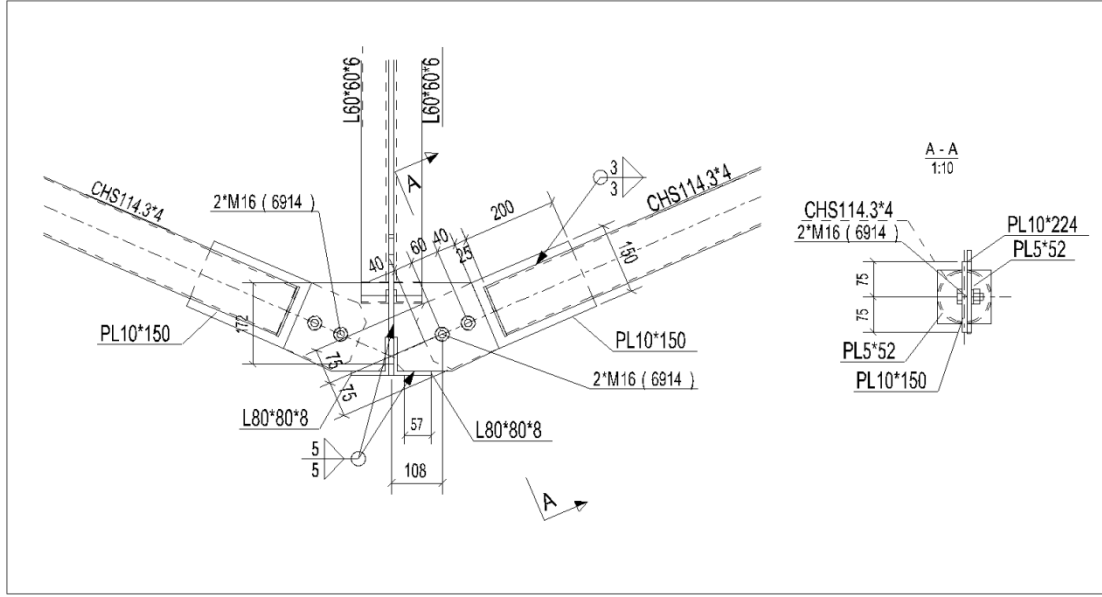
$$\text{Kaynak Alanı} = F_k = 4 \times a \times l_k = 4 \times 0.4 \times 12 = 19.20 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{N_1}{F_k} = \frac{16.10}{19.20} = 0.83 \text{ kN / cm}^2 < 11 \text{ kN / cm}^2$$

3.9.2 Çatı çaprazı bağlantı detayı

Ø 114.3/4 Çatı stabilite bağlantısı birleşim detayı Şekil 3.5'de gösterilmiştir.

$$P_u = 31.38 \text{ kN (GQWYN)}$$



Şekil 3.5 : Çatı çaprazı bağlantısı detayı.

3.9.2.1 ASD'ye göre bağlantı tahkiki

Stabilite elemanında kaynak kontrolü :

Köşe kaynak kalınlığı $a=5$ mm

Kaynak metali çekme dayanımı $F_E=360$ N/mm²

Köşe kaynakta birim boyun dayanımı :

$$R_n = F_w \times A_w = (0.60 \times F_E) \times A_w$$

F_w : köşe kaynak karakteristik kayma dayanımı, (N/mm²)

F_E : kaynak metalinin karakteristik çekme dayanımı , (N/mm²)

A_w : kaynağın etkili hesap alanı (mm²)

$$F_w = 0.6 \times F_E = 0.6 \times 360 = 216 \text{ N / mm}^2$$

$$A_w = (57 + 172) \times 5 = 1145 \text{ mm}^2$$

$$R_n = F_w \times A_w = 216 \times 1145 = 247320 \text{ N} = 247.32 \text{ kN}$$

Tasarım kriteri:

$$\frac{R_n}{\Omega} \geq P_u$$

$$\Omega_v = 2.00$$

$$\frac{247.32}{2} = 123.66 > 31.38 \text{ kN}$$

Bağ levhasında ve bulonlarda dayanım kontrolü

M 16 A325 bulon için

Toplam bulon sayısı $n = 2$

Bulon gövde alanı $A_b = 113 \text{ mm}^2$

M16 (A 325) için karakteristik kayma dayanımı

$$R_n = F_{nv} \times A_b = 414.201.10^{-3} = 83.21 \text{ kN}$$

$$R_{nv} = \frac{R_n}{\Omega}$$

$$R_{nv} = \frac{83.14}{2} = 41.57 \text{ kN}$$

2 tane bulon için : $41.57 \times 2 = 83.14 \text{ kN} > 31.38 \text{ kN}$

Birleşimde ezilme kontrolü:

$$R_n = 1.2 L_c t F_u$$

$L_c = 40 \text{ mm}$ (dış bulon için)

$t = 10 \text{ mm}$

$F_u = 360 \text{ N/mm}^2$

$$R_n = 1.2 \times 40 \times 10 \times 360 = 172800 \text{ N} = 172.8 \text{ kN}$$

$$R_{nv} = \frac{R_n}{\Omega}$$

$$R_{nv} = \frac{172.8}{2} = 86.40 \text{ kN}$$

2 tane bulon için : $86.40 \times 2 = 172.8 \text{ kN} > 31.38 \text{ kN}$

3.9.2.2 TS-648'e göre bağlantı tahkiki

$P = 39.65 \text{ kN}$ (GQWYN)

Birleşim için yüksek mukavemetli 2 adet M16 (8.8) bulon kullanılmıştır.

Bir adet bulonun taşıyabileceği yük ;

$$\frac{\pi \times d^2}{4} \times \tau_{sem} = \frac{3.14 \times 1.6^2}{4} \times 19 = 38.18 \text{ kN} \quad (\text{makaslama})$$

$$\sigma_{lem} \times \left(\min \sum t \right) \times d = 28 \times 1 \times 1.6 = 44.80 \text{ kN} \quad (\text{ezilme})$$

$$P_{em} = 2 \times 38.18 = 76.36 \text{ kN} \geq P_{max} = 39.41 \text{ kN}$$

Levhasının kaynaklarında kontrol :

$$a = 0.5 \text{ cm}, \quad l = 5.7 + 17.2 = 22.9 \text{ cm}$$

$$l' = 22.9 - 2 \times 0.5 = 21.90 \text{ cm}$$

$$F_k = 2 \times 0.5 \times 21.90 = 21.90 \text{ cm}^2$$

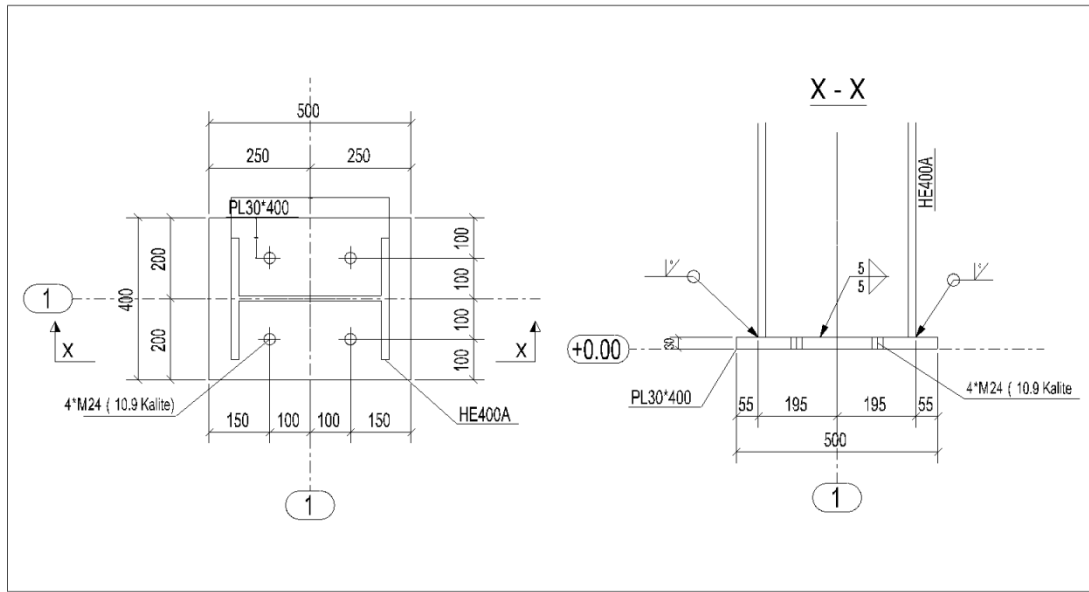
$$\tau_k = \frac{39.65}{21.90} = 1.81 \text{ kN/cm}^2 \leq 11 \text{ kN/cm}^2 \text{ (uygun)}$$

3.9.3 Taban plakası bağlantı detayı

Taban plakası detayı Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

$$P_u = -1378.32 \text{ kN}$$

$$V_u = 244.46 \text{ kN}$$



Şekil 3.6 : Taban plakası bağlantısı detayı.

3.9.3.1 ASD'ye göre bağlantı tahkiki

Ankraj bulonlarında makaslama dayanımı

M24 bulonunda gövde alanı,

$$A = 452 \text{ mm}^2$$

M24 (10.89) için karakteristik kayma dayanımı

$$R_n = n \times F_{nv} \times A_b = 4 \times 400 \times 452 \times 10^{-3} = 723.2 \text{ kN}$$

$$R_{nv} = \frac{R_n}{\Omega}$$

$$R_{nv} = \frac{723.3}{2} = 361.6 \text{ kN} > 244.46$$

Taban plakası kalınlığını tespiti;

$$p = \frac{1378.32}{50 \times 40} = 0.68 \text{ kN/cm}^2 = 68 \text{ kg/cm}^2 < p_{em} = 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$m = \frac{D - 0.95h}{2} = \frac{500 - 0.95 \times 390}{2} = 64.75 \text{ mm}$$

$$n = \frac{B - 0.80b}{2} = \frac{400 - 0.80 \times 300}{2} = 80.00 \text{ mm}$$

$$t = n \sqrt{\frac{3p}{\sigma_{em}}} = 8 \sqrt{\frac{3 \times 68}{0.6 \times 355}} = 2.47 \text{ cm} \text{ (Seçilen } t = 30 \text{ mm)}$$

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Plan boyutları 46.6 x 90 m olan ve üzerinde 100 tonluk kreynerleri bulunan ağır sanayi binasının TS-648, AISC360-10(LRFD) ve AISC360-10(ASD) yönetmeliklerinden yararlanılarak, üç boyutlu analiz programı olan SAP2000 kullanarak yatay ve düşey yükler altında taşıyıcı sistem boyutlandırması ve analizleri yapılmıştır.

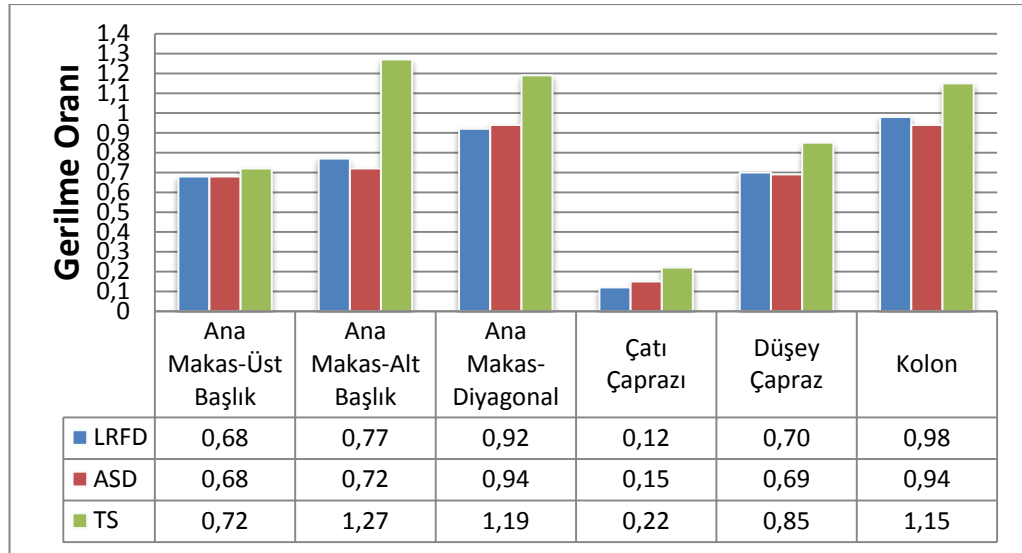
Çalışmanın birinci bölümünde; tez çalışmasının amacı, yapı taşıyıcı sistemi hakkında genel bilgiler, malzemeler hakkında teknik bilgiler, emniyet gerilmesi ve sınır duruma göre boyutlandırma esaslar ve birbiri ile olan bağlantısı, AISC 360-10 ve DBYBHY 2007'ye göre enkesit koşulları ve yönetmeliklerde bulunan kesit dayanımları hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde yapıya etkiyen yüklerin analizleri yapılmıştır. Yapılan yük analizlerinde rüzgar yükleri TS-498 esaslarına göre yapılmıştır. Deprem yükleri AISC 341-10 ve DBYBHY 2007 yönetmeliklerine göre yapılmış olup çıkan sonuçlar birbirine oldukça yakındır. Yapımızda kar yığılması olduğu için ve mevcut yönetmeliğimizde kar yığılması ile ilgili açık bir hesap yöntemi olmadığı için kar yığılması hesabı UBC-97 yönetmeliğine göre yapılmıştır. Kreyner kirişi tasarımında DIN-120 yönetmeliği kullanılmıştır. Bu yönetmeliği kullanmamızın sebebi özellikle sürekli yüklerde meydana gelen yorulma etkilerini dikkate almasıdır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde SAP2000 programıyla iç kuvvetleri bulunan çubuk elemanların, AISC360-10(LRFD), AISC360-10(ASD) ve TS-648 yönetmeliklerine göre çubuk elemanlarda oluşan gerilmeler karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.1 : Kapasite oranlarının karşılaştırması.

Eleman	Kesit	Kombinasyon			Kapasite Oranı		
		LRFD	ASD	TS	LRFD	ASD	TS
Ana Makas-Üst Başlık	2UNP220	1.2G+1.2TS+1.6S+0.5WXN	G+TS+0.75S+0.45WXN	G+TS+S+WXN	0,68	0,68	0,72
Ana Makas-Alt Başlık	2L80*8/10	1.2G+1.2TS+1.6S+0.5WXN	G+TS+0.75S+0.45WXN	G+TS+S+WXN	0,77	0,72	1,27
Ana Makas-Diyagonal	2L120*12/10	1.2G+1.2TS+1.6S+0.5WY	G+TS+S	G+TS+S	0,92	0,94	1,19
Çatı Çaprazı	CHS219.1*6	1.2G+1.2TS+1.6S+0.5WY	G+TS+0.75S+0.45WY	G+TS+S+WY	0,12	0,15	0,22
Düşey Çapraz	UNP240	1.2G+1.2TS+1.6KR7+1.6KY7	G+TS+KR7+KY7	G+TS+KR7+KY7	0,70	0,69	0,85
Kolon	HEA400	1.2G+1.2TS+1.6KR6+1.6KY6	G+TS+KR6+KY6	G+TS+KR6+KY	0,98	0,94	1,15



Şekil 4.1 : Kapasite oranlarının karşılaştırma grafiği.

Çizelge 4.1 de, AISC360-10(LRFD), AISC360-10(ASD) ve TS-648 yönetmeliklerine göre boyutlandırılmış yapı elemanlarının talep/kapasite oranı verilmiştir. Kapasite oranlarını incelediğimizde; LRFD ve ASD dizayn kriterlerine göre boyutlandırmada oldukça yakın sonuçlar ortaya çıkmaktadır fakat TS-648 dizayn kriterine göre boyutlandırmayı göz önüne aldığımızda kesit değişikliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum ekonomiklikten kaçmamıza neden olacaktır ve bina maliyetini arttıran bir unsurdur.

Yapılan bu çalışmalar neticesinde kullanmakta olduğumuz TS-648 yönetmeliğinde bazı eksikliklerde ortaya çıkmaktadır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz;

- Hesaplar ve dayanım tahkikleri için esas yükler ve ilave yükler tanımlanmasına rağmen boyutlandırmada kullanılması gereken kombinasyonlar belirtilmemiştir.
- Deprem yönetmeliğinde çelik yapıların deprem hesabında kullanılmak üzere ‘süneklik düzeyi normal’ ve ‘süneklik düzeyi yüksek’ tanımları vardır. Çelik yapıların depremde yutacakları enerjiye bağlı olarak yapılan bu sınıflandırma, deprem yükü azaltma katsayısını diğer bir deyimle yapı davranış katsayısını direkt olarak etkilemekte ve yapıya gelen deprem etkisi hesaplarda o oranda azalmaktadır. Süneklik düzeyinin belirlenmesinin yanı sıra kullanılan çelik enkesitler için yerel burkulmalar açısından gövde ve başlık enkesit boyutları için enkesit koşulları tanımlanmış ve narinlik üst sınırları belirlenmiştir. Bu açıdan bakıldığında mevcut TS-648’in yetersiz kaldığı gözükmemektedir. Sadece

yapma dolu gövdeli kirişler için gövde ve başlık enkesit boyutlarına bağlı olarak narinlik üst sınırları bulunmaktadır.

- TS-648 Madde 2.4.2.4'te deformasyonlarla ilgili bilgiler verilmiştir fakat bu bilgiler günümüz ihtiyaçlarını karşılayacak durumda değildir.Yapının hizmet kalitesi dikkate alındığında, yapıyı kullananların rahatsız olmalarına neden olacak seviyedeki titreşimler veya salınımlardan, yapının yük taşıyıcı özelliği olmayan mimari detaylarını oluşturan elemanlarının hasar görmesine neden olacak seviyede deformasyonlar, titreşimler veya salınımlar hakkında herhangi bir içerik bulunmamaktadır.
- Eğilmeye çalışan dolu gövdeli kirişlerde yerel burkulma açısından tanımlanan 'kompakt' ve ' kompakt olmayan' kesitlerin ayrımları önemlidir.Sismik yük taşımayan elemanlarda AISC360-10 yönetmeliği 'kompakt' ve ' kompakt olmayan' kesitlerin boyutlandırılmasına müsaade etmektedir fakat TS-648 yönetmeliğinde böyle bir ayırım bulunmamaktadır.
- AISC 360-10 yönetmeliğini incelediğimiz zaman bütün kesit tipleri için(I kesit, U kesit, Kutu kesit, Boru kesit, T kesit vs..) ayrı ayrı kapasite hesaplarının olduğunu görüyoruz.Hatta bazı kesit tipleri için gerilme formülleri bile değişmektedir.TS-648'i incelediğimiz zaman ne yazıkki böyle bir ayrımı görememekteyiz.Kesit tahkiklerinde AISC360-10'a göre kapsamı oldukça dar kalmaktadır.
- TS 648 incelendiği zaman "yorulma" problemi, buna yönelik gözönüne alınması gereken koşullar, taşıyıcı eleman tipi, detayı ve yeri, yük tekrar sayıları, yorulma kategorileri, gerilme aralığı ve hesap esasları hakkında herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Zira sanayi yapılarında kren yolları ve bunları taşıyan elemanlar ile birleşimleri yorulma etkileri gözönünde bulundurularak boyutlandırılmalıdırlar.

Şunu açıkça görüyoruz ki mevcut olarak kullanmakta olduğumuz TS-648 yönetmeliği günümüz koşullarının ve mühendislik deneyimlerinin gerisinde kalmıştır. Teknik olarak yetersiz olan TS-648 yönetmeliğinin günümüz teknoloji, bilgi ve yapım kuralları çerçevesinde tekrar gözden geçirilmesi büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **AISC-360** (2010). Specification for Structural Steel Buildings - Load and Resistance Factor Design , *American Institute of Steel Structures*, Chicago , USA
- [2] **TS-648** (1980). Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [3] **TS-498** (1987). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [4] **DBYBHY**(2007).Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [5] **Deren, H., Uzgider, ve Piroğlu, F.** (1985). Çelik Yapılar, Çağlayan Kitabevi, İstanbul
- [6] **ASCE-7** (2010) Structural Engineering Institute Standart 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures , *American Society of Civil Engineers*, USA
- [7] **UBC-97** (1997) Uniform Building Code, USA
- [8] **DIN-120** Deutsches Institut für Normung, GER

EKLER

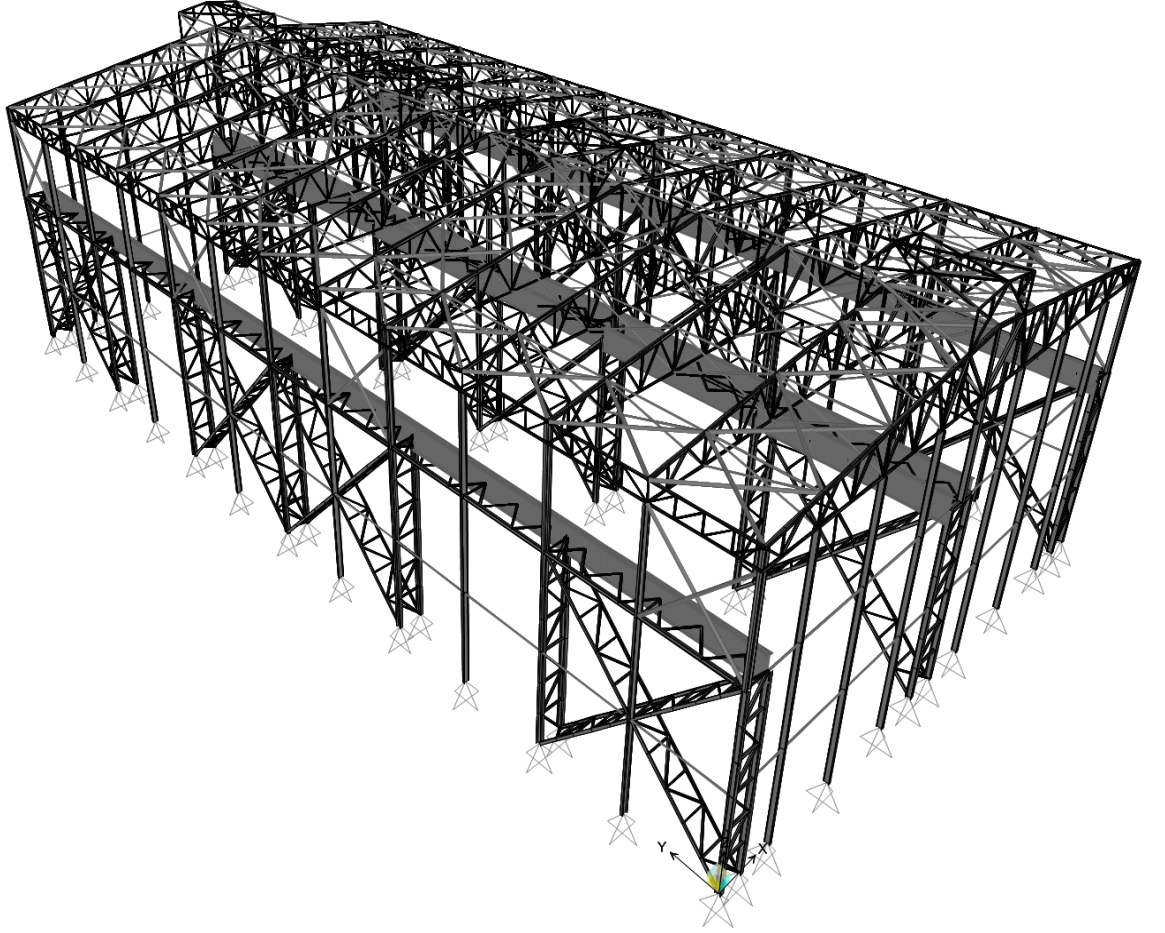
EK A.1 : Perspektif Görünüş

EK A.2 : Çatı Plan Görünüşleri

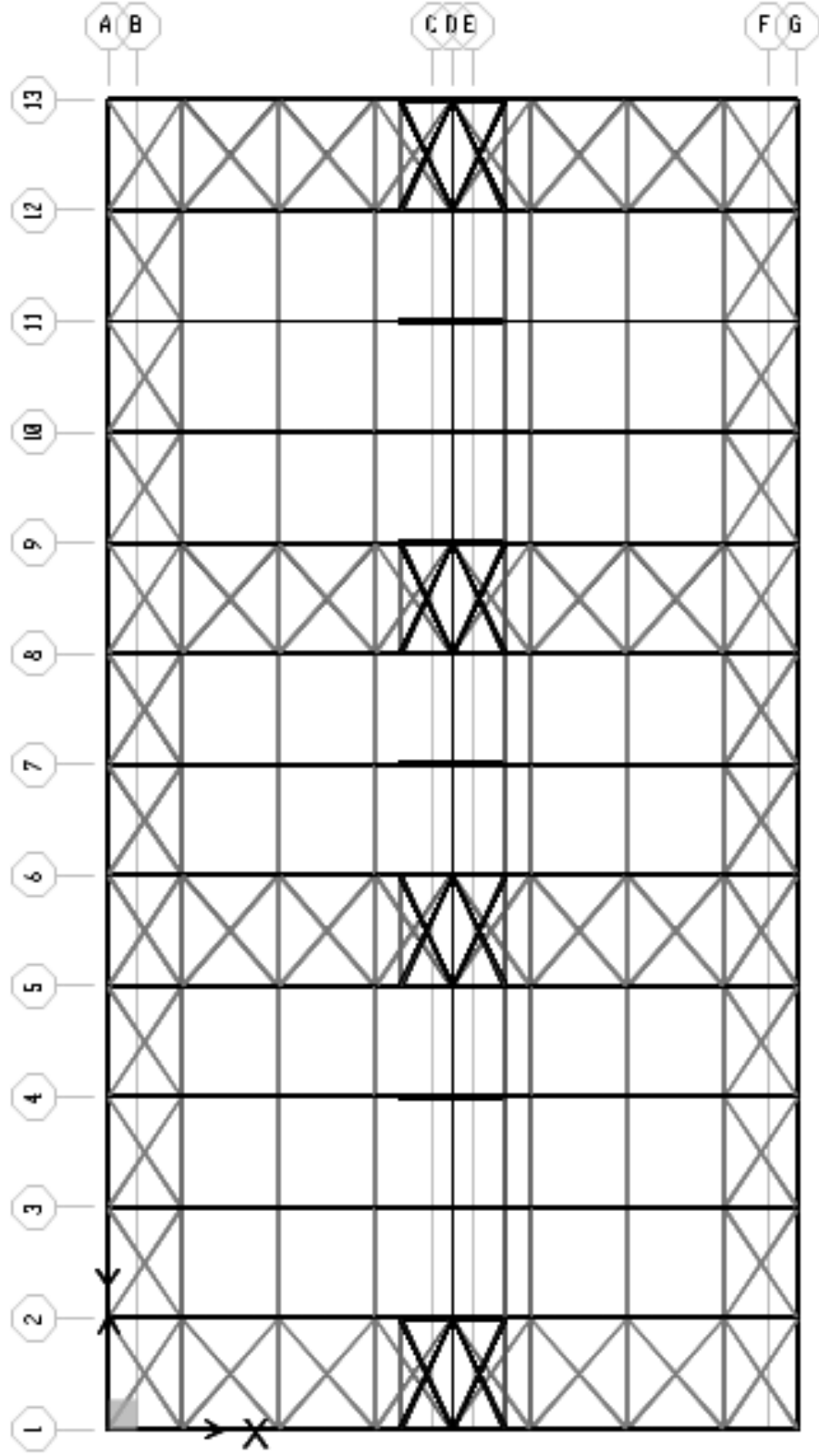
EK A.3 : Kesit Görünüşleri

.

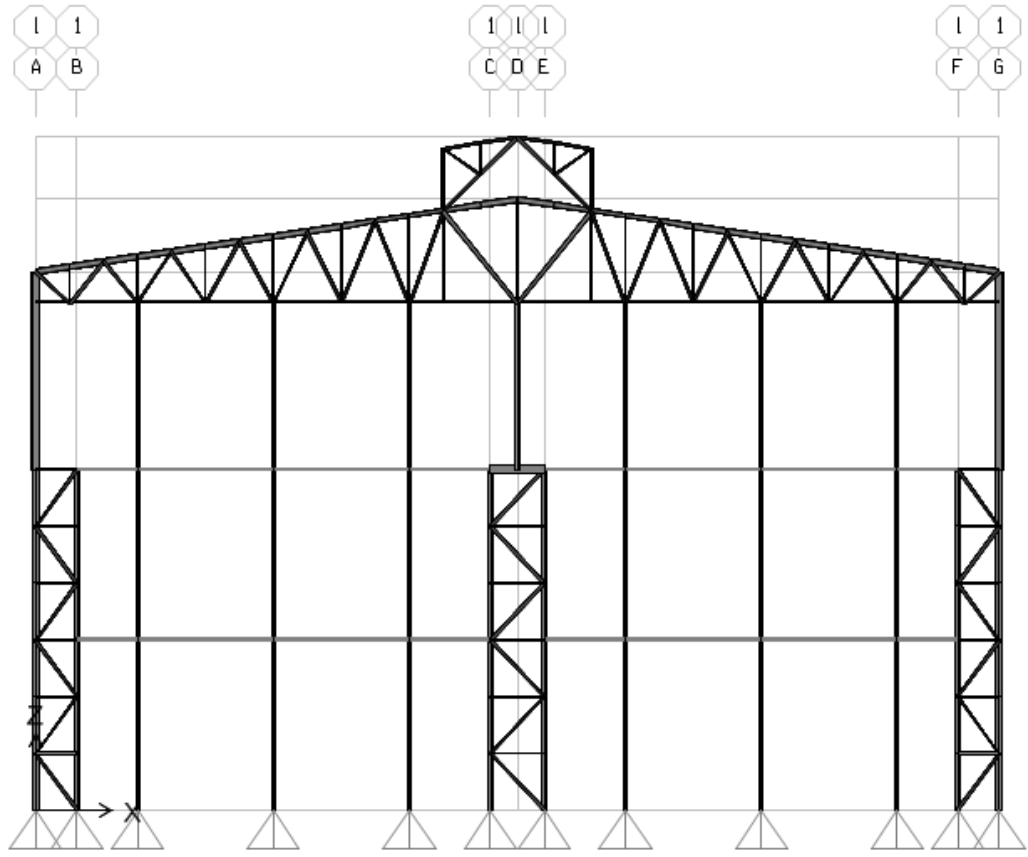
EK A



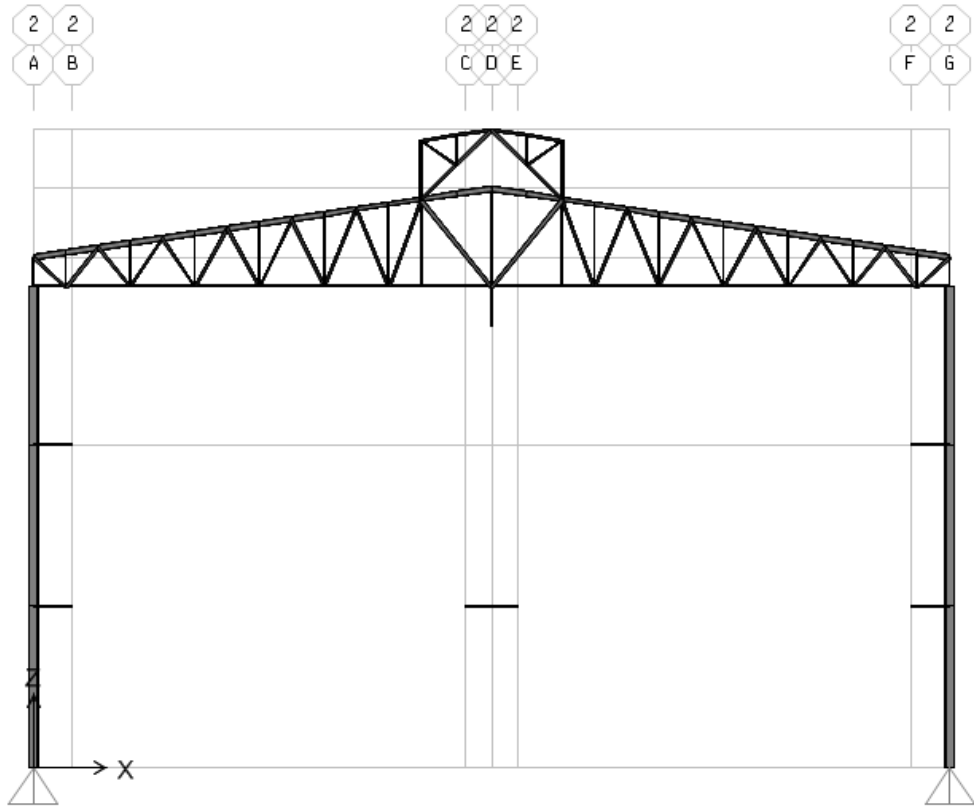
Şekil A.1 : Yapı Sisteminin Üç Boyutlu Görünüşü



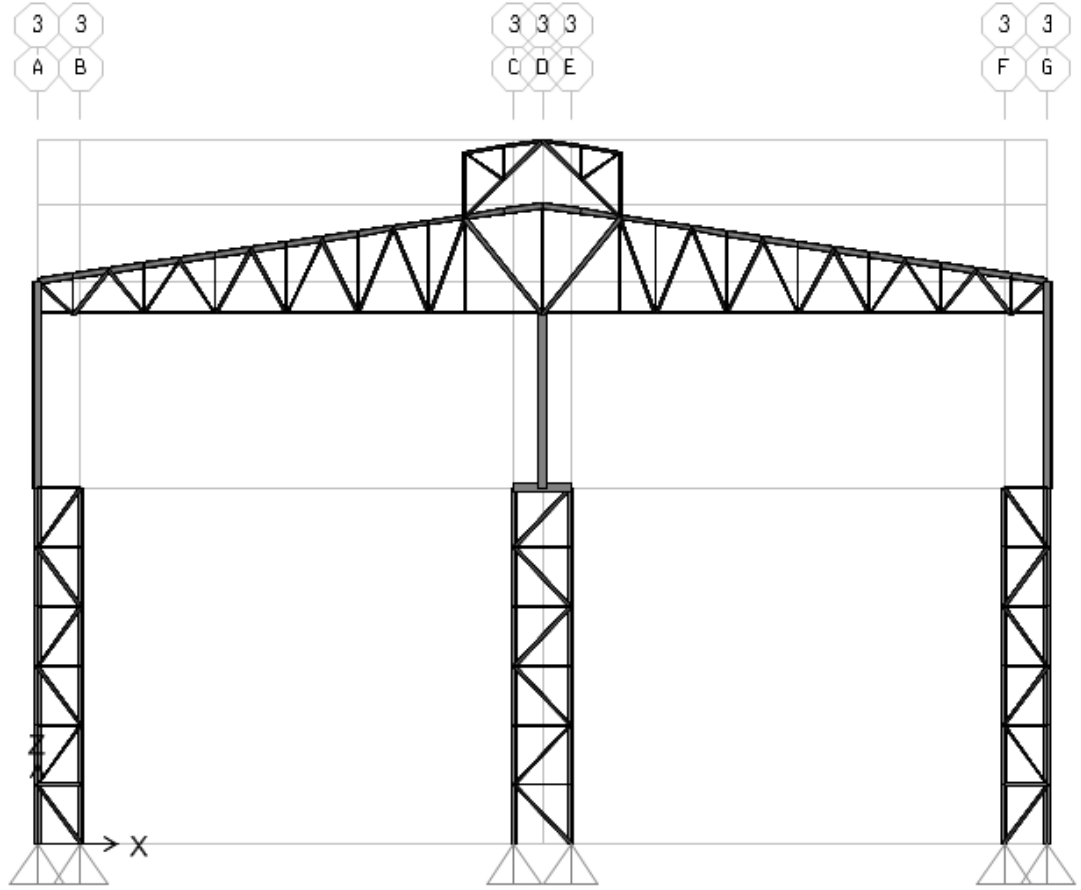
Şekil A.2 : Yapı Sisteminin Çatı Plan Görünüşü.



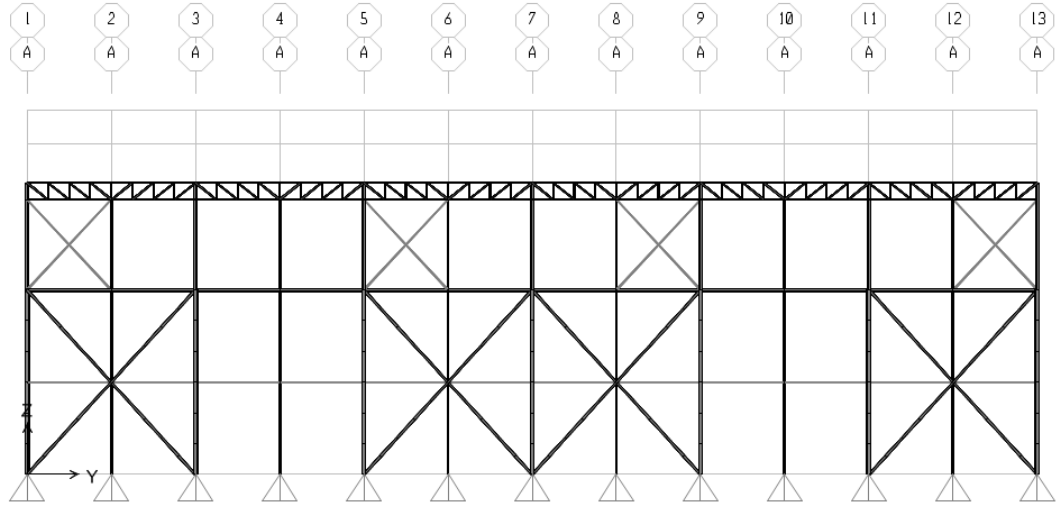
Şekil A.3 : Yapı Sisteminin 1 ve 13 Aksları Kesit Görünüşü.



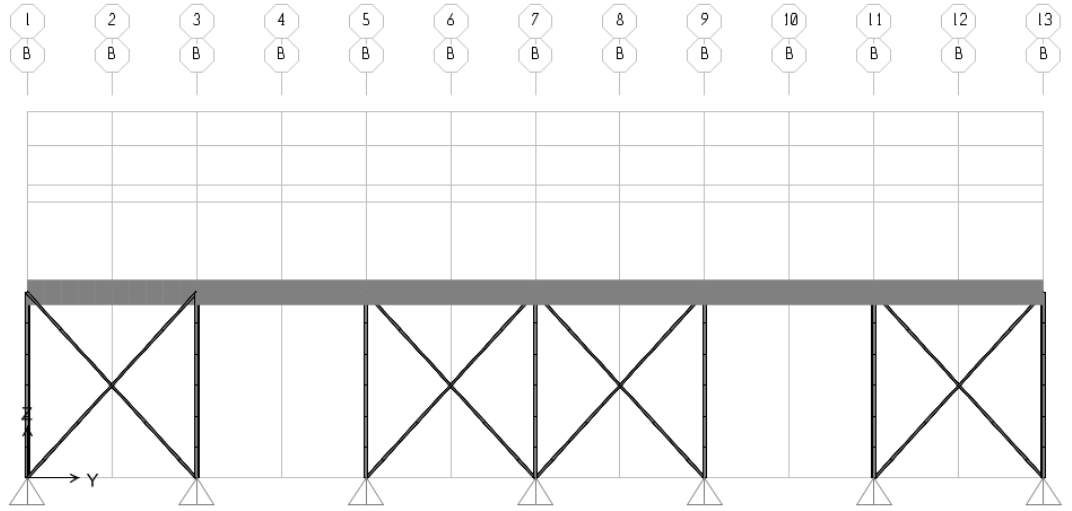
Şekil A.3 : Yapı Sisteminin 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 Aksları Kesit Görünüşü.



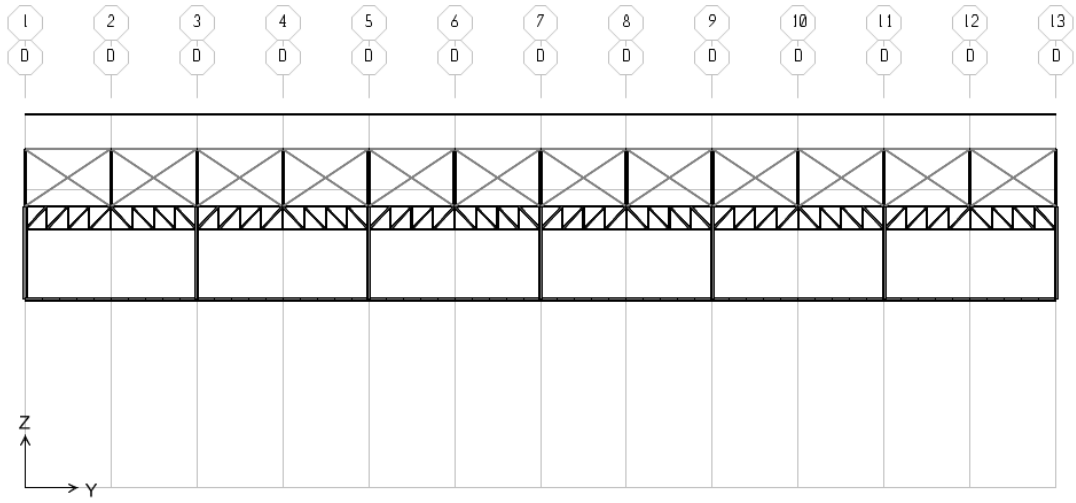
Şekil A.3 : Yapı Sisteminin 3, 5, 7, 9 ve 11 Aksları Kesit Görünüşü.



Şekil A.3 : Yapı Sisteminin A ve G Aksları Kesit Görünüşü.



Şekil A.3: Yapı Sisteminin B, C, E ve F Aksları Kesit Görünüşü.



Şekil A.3 : Yapı Sisteminin D Aksları Kesit Görünüşü.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Cem BİNGÖL

Doğum Yeri ve Tarihi: ADANA - 10.04.1985

Adres: 19 Mayıs Mah. Yaşar Doğu Sk. Kardeşler Apt. No: 13/4 Şişli-İSTANBUL

E-Posta: cm_bingol@hotmail.com

Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi