

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK KREN KAPASİTELİ BİR AĞIR SANAYİ YAPISININ
“İMO – 02. R -01/2008” ’E GÖRE BOYUTLANDIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Abdullah YUFKACI**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

EYLÜL 2010

**YÜKSEK KREN KAPASİTELİ BİR AĞIR SANAYİ YAPISININ
“İMO – 02. R -01/2008” ’E GÖRE BOYUTLANDIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Abdullah YUFKACI
(501061004)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Eylül 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 25 Eylül 2010

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Barlas Özden ÇAĞLAYAN
(İTÜ)**

**Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Mecit ÇELİK (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Meltem ŞAHİN (MSÜ)**

EYLÜL 2010

ÖNSÖZ

İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Mühendisliği Programı çerçevesinde gerçekleştirilen bu yüksek lisans tez çalışmasında; yüksek kren kapasiteli bir ağır sanayi yapısının “İMO – 01.R -01/2008” ve “İMO – 02.R - 01/2008” ’e dökümanları ve mevcut D.B.Y.Y.H.Y.’ e göre boyutlandırılması yapılmıştır.

Çalışmam süresince tüm bilgi-birikimi ve hoşgörüsünü hiçbir zaman esirgemeyen hocam Sayın Y.Doç.Dr.Barlas Özden ÇAĞLAYAN’a, sabır ve desteğiyle her zaman yanımda olan Yasemin AYDIN’a ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

EYLÜL 2010

Abdullah YUFKACI

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xx
1. GİRİŞ	1
1.1 Yapısal Sistemin Genel Özellikleri ve Taşıyıcı Sistem	1
1.2 Yapı Analizi ve Boyutlandırmada Kullanılan Parametreler.....	4
1.2.1 Yapı analizi ve boyutlandırılmasında kullanılan standartlar.....	4
1.2.2 Malzeme.....	4
1.2.2.1 Yapısal çelik.....	4
1.2.2.2 Birleşim elemanları.....	4
1.2.2.3 Temel betonu.....	5
1.3 Sistem Yük Analizi	5
1.3.1 Düşey yükler	5
1.3.2 Kren yükleri	5
1.3.3 Deprem.....	6
1.3.4 Kar ve rüzgar yüklemeleri.....	7
2. HESAP ESASLARI	9
2.1 Konu ve Kapsam	9
2.2 Malzeme Özellikleri.....	9
2.3 Yük Kabülleri ve Yükleme Halleri	10
2.4 Yerel Burkulma	11
2.5 Tahkikler	11
2.5.1 Genel.....	11
2.5.2 Yapılması gereken tahkikler	11
2.5.3 Genel gerilme tahkikleri.....	12
2.5.4 Stabilitate tahkikleri	12
2.5.5 Devrilme tahkiki	12
2.5.6 Deformasyon tahkikleri.....	12
2.6 Özel Tasarım Problemleri	12
2.6.1 Tekil yükler altında gövde ve başlık levhaları	13
2.6.1.1 Kiriş gövdesinde yerel akma kontrolü	13
2.6.1.2 Kiriş gövdesinde yerel gövde buruşması kontrolü	13
2.6.2 Yorulma	13
2.6.3 Birleşim ve birleşim araçları	13
2.6.3.1 Kaynak uygulamaları	13

2.6.3.2 Bulonlu birleşimler	14
3. YAPI ELEMANLARININ BOYUTLANDIRILMASI.....	15
3.1 Aşıkların Boyutlandırılması	15
3.2 Kuşakların Boyutlandırılması.....	17
3.3 Aşık ve Kuşakta Kullanılan Gergilerin Boyutlandırılması	20
3.4 Fenerlik Elemanlarının Boyutlandırılması	21
3.4.1 Fenerlik kolonlarının boyutlandırılması.....	21
3.4.2 Fenerlik kirişlerinin boyutlandırılması.....	24
3.4.3 Fenerlik çatı çapraz dikmelerinin boyutlandırılması.....	27
3.4.4 Fenerlik çatı çapraz diyagonallerinin boyutlandırılması	30
3.4.5 Fenerlik düşey çaprazlarının boyutlandırılması	33
3.5 Çatı Makasının Boyutlandırılması.....	36
3.5.1 Makas üst başlığının boyutlandırılması.....	36
3.5.2 Makas alt başlığının boyutlandırılması	40
3.5.3 Makas dikme ve diyagonallerinin boyutlandırılması	41
3.5.3.1 2L120.10_10 Basınç elemanının boyutlandırılması	41
3.5.3.2 2L90.9_10 Basınç elemanının boyutlandırılması	44
3.5.3.3 2L80.8_10 Basınç elemanının boyutlandırılması	46
3.5.3.4 2L70.7_10 Basınç elemanının boyutlandırılması	48
3.5.3.5 2L50.5_10 Basınç elemanının boyutlandırılması	51
3.5.4 Çatı çapraz ve stabilite elemanlarının boyutlandırılması	53
3.5.4.1 Çatı çaprazlarının boyutlandırılması	53
3.5.4.2 Çatı stabilite elemanlarının boyutlandırılması	56
3.6 Çatı Makasını Taşıyan Makas Kirişlerin Boyutlandırılması	58
3.6.1 Kenar aks makas kirişlerinin boyutlandırılması.....	58
3.6.1.1 Makas kirişi üst başlık elemanlarının boyutlandırılması	59
3.6.1.2 Makas kirişi alt başlık elemanlarının boyutlandırılması	60
3.6.1.3 Makas kirişlerinin dikme elemanlarının boyutlandırılması	62
3.6.1.4 Makas kirişlerinin diyagonal elemanlarının boyutlandırılması	64
3.6.2 Orta aks makas kirişlerinin boyutlandırılması	66
3.6.2.1 Makas kirişi üst başlık elemanlarının boyutlandırılması	66
3.6.2.2 Makas kirişi alt başlık elemanlarının boyutlandırılması	68
3.6.2.3 Makas kirişlerinin dikme elemanlarının boyutlandırılması	69
3.6.2.4 Makas kirişlerinin diyagonal elemanlarının boyutlandırılması	71
3.7 Düşey Düzlem Çaprazlarının Boyutlandırılması.....	73
3.7.1 Kenar aks örgü çaprazlarının boyutlandırılması	73
3.7.1.1 Diyagonal çaprazların başlık elemanlarının boyutlandırılması	73
3.7.1.2 Diyagonal çaprazlarının örgü elemanlarının boyutlandırılması	75
3.7.1.3 Yatay çaprazların başlık elemanlarının boyutlandırılması	77
3.7.2 Orta aks örgü çaprazlarının boyutlandırılması	78
3.7.2.1 Diyagonal çaprazların başlık elemanlarının boyutlandırılması	79
3.7.2.2 Diyagonal çaprazlarının örgü elemanlarının boyutlandırılması	80
3.7.2.3 Yatay çaprazların başlık elemanlarının boyutlandırılması	83
3.7.2.4 Yatay çaprazlarının örgü elemanlarının boyutlandırılması	84
3.7.3 Kren kotu üzerindeki düşey çaprazların boyutlandırılması.....	86
3.8 Çatı Makasının Mesnetlendiği Kolonların Boyutlandırılması	89
3.8.1 Çatı makasının mesnetlendiği kenar kolonların boyutlandırılması.....	90
3.8.2 Çatı makasının mesnetlendiği orta kolonların boyutlandırılması	93
3.9 Kenar Örgü Kolonların Boyutlandırılması.....	96
3.9.1 Kenar örgü kolon düşey elemanlarının boyutlandırılması	96

3.9.2 Kenar örgü-kolon örgü elemanlarının boyutlandırılması.....	99
3.10 Orta Örgü Kolonlarının Boyutlandırılması	101
3.10.1 Orta örgü kolon düşey elemanlarının boyutlandırılması.....	101
3.10.2 Orta örgü kolon örgü elemanlarının boyutlandırılması.....	105
3.11 Kren Kirişlerinin Boyutlandırılması.....	107
3.11.1 45/15/5 Kren kirişi boyutlandırılması	107
3.11.2 100/40 Kren kirişi boyutlandırılması	112
4. ELEMAN BAĞLANTI NOKTALARININ BOYUTLANDIRILMASI	117
4.1 Aşık ve Kuşak Bağlantılarının Hesabı	117
4.2 Fenerlik Kolon Ayağı Bağlantı Hesabı	118
4.3 Fenerlik Kiriş Eki Bağlantı Hesabı	119
4.4 Çatı Makasının Bağlantı Hesabı.....	120
4.4.1 Makas üst başlığının bağlantı hesabı	120
4.4.2 Makas alt başlığının bağlantı hesabı	121
4.5 Çatı Makası Ek Hesabı	122
4.5.1 Makas üst başlığının ek hesabı.....	122
4.5.2 Makas alt başlığının ek hesabı	123
4.6 Çatı çaprazı ve Stabilite Elemanlarının Bulonlu Bağlantı Hesabı	124
4.7 Kaynaklı dikme ve diyagonallerin Bağlantı Hesabı.....	124
4.8 Makası Taşıyan Kiriş Bağlantı Hesabı.....	128
4.8.1 Kenar aks kirişlerinin bağlantı hesabı.....	128
4.8.2 Orta aks kirişlerinin bağlantı hesabı.....	129
4.9 Düşey Düzlem Çaprazların Bağlantı Hesabı.....	130
4.9.1 Yatay çaprazların bağlantı hesabı	130
4.9.2 Diyagonal çaprazların bağlantı hesabı	131
4.10 Örgü ve Çatı kolonunun Birleşim Bölgesinin Bağlantı Hesabı	132
4.11 Kenar Örgü Kolon Ayaklarının Hesabı.....	133
4.12 Orta Örgü Kolon Ayaklarının Hesabı	137
5. SONUÇLAR	141
KAYNAKLAR	143
EKLER.....	145
ÖZGEÇMİŞ.....	151

KISALTMALAR

D.B.Y.Y.H.Y.: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
TS 498 : Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
DIN : Alman Normu
AISE : Technical Report No:13 2003 Guide for the Design and Construction of Mill Buildings

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Çelik malzeme karakteristikleri	4
Çizelge 1.2 : Bulon sınıfı ve özellikleri	5
Çizelge 1.3 : TS 648 rüzgar yükü için q değerleri	7
Çizelge 3.1 : TS 648'e göre rüzgar yükleri.....	18
Çizelge A.1 : İMO-02, Normal Bulon Emniyet Gerilmeleri	147
Çizelge A.2 : İMO-02, Makaslama Kuvvetleri (10.9).....	147
Çizelge A.3 : İMO-02, Makaslama Kuvvetleri (8.8).....	148
Çizelge A.4 : İMO-02, Malzeme Emniyet Gerilmeleri	149
Çizelge A.5 : İMO-02, Çekme Kuvvetleri (10.9).....	149
Çizelge A.6 : İMO-02, Çekme Kuvvetleri (8.8).....	150
Çizelge A.7 : İMO-02, Gerekli Öngerme Kuvvetleri	150

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Çatı Planı	2
Şekil 1.2 : İzometrik Görünüş.....	2
Şekil 1.3 : Ana Çerçeve Görünüşü	3
Şekil 1.4 : Ara Çerçeve Görünüşü	3
Şekil 1.5 : (45/15/5) Kren Yük Katarı	6
Şekil 1.6 : (100/40) Kren Yük Katarı	6
Şekil 1.7 : TS 648 rüzgar yükü için emme katsayıları.....	8
Şekil 3.3 : Aşık yerleşimi	16
Şekil 3.4 : Kuşak yerleşimi.....	18
Şekil 3.5 : Gergi düzeni	20
Şekil 3.6 : Makas üstbaşlık düzeni	36
Şekil 3.7 : Makas altbaşlık düzeni	40
Şekil 3.8 : Makas dikme ve diyagonal tertibi	41
Şekil 3.9 : Makas dikme ve diyagonal tertibi	53
Şekil 3.10 : Makas dikme ve diyagonal tertibi	59
Şekil 3.11 : Makas dikme ve diyagonal tertibi	66
Şekil 3.12 : Makas dikme ve diyagonal tertibi	73
Şekil 3.13 : Makas dikme ve diyagonal tertibi	79
Şekil 3.14 : Kenar çatı kolon kesiti(2HEB650	90
Şekil 3.15 : Kenar örgü kolon kesiti	90
Şekil 3.16 : Kenar kolon grubu Sap2000 modeli.....	91
Şekil 3.17 : Sap2000 dizayn sonucu	92
Şekil 3.18 : Orta çatı kolon kesiti(200.20-760.20)	93
Şekil 3.19 : Orta örgü kolon kesiti	93
Şekil 3.20 : Orta kolon grubu Sap2000 modeli	94
Şekil 3.21 : Sap2000 dizayn sonucu	94
Şekil 3.22 : Örgü kolon kesiti	96
Şekil 3.23 : 45/15/5 Kreni iç kuvvetleri	107
Şekil 3.24 : 100/40 Kreni iç kuvvetleri.....	112

SEMBOL LİSTESİ

a	: Kaynak dikişi hesap kalınlığı
a	: Enine takviyeler arası mesafe
A	: Enkesit alanı
A_b	: Kirişin başlık enkesit alanı
A_b	: Basınç başlığının alanı
A_g	: Kirişin gövde enkesit alanı
A_k	: Kaynak dikişi hesap alanı
A_s	: Yüksek mukavemetli bulonlarda dışdibi enkesit alanı
b	: Başlık genişliği
C_b	: Kiriş uç momentlerine bağlı olarak saptanan bir katsayı
C_m	: Eğilmeli burkulma hesabında uç momentini dikkate alan katsayı
d	: Kirişin yüksekliği
d	: Hadde ürünü veya yapma kesitlerin gövde elemanlarında kesitin yüksekliği
e	: Münferit basınç çubuğunun eksenleri arasındaki uzaklık
E	: Elastisite modülü
F	: Enkesit alanı
f	: Sehim
G	: Kayma modülü
h	: Elemanın başlıkları arası (temiz) mesafe
i	: Atalet yarıçapı
I	: Atalet momenti
L_c	: Basınç başlığının yanal burkulmasında sınır uzunluk değeri
k	: Başlığın kenarından gövdenin kenarına olan mesafe
L_b	: Basınca başlığının yanal olarak tutulmuş uzunluğu
M	: Eğilme momenti
P	: Eksenel kuvvet
S	: Eleman boyu,profil gövde kalınlığı
S_k	: Basınç çubuğunun burkulma boyu
S_x	: x eksenine göre statik moment
t	: Et kalınlığı
σ	: Gerilme
σ_B	: Basınç başlığındaki en büyük eğilme gerilmesi
τ	: Kesme (Makaslama) Gerilmesi

YÜKSEK KREN KAPASİTELİ BİR AĞIR SANAYİ YAPISININ “İMO – 02. R -01/2008” ’E GÖRE BOYUTLANDIRILMASI

ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak yapılan bu çalışmada; İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesinde Şubat 2008’de yayınlanan ve TS 648’in eksik yönlerini tamamlayarak, çelik yapıların emniyet gerilmesi esasına göre boyutlandırılmasında daha kapsamlı bilgileri içeren “ÇELİK YAPILAR EMNİYET GERİLMESİ ESASINA GÖRE HESAP VE PROJE ESASLARI, İMO – 02. R -01/2008” dökümanı, ve yine 2005 yılında yayınlanan “çelik yapılarda kaynaklı birleşim; hesap, yapım ve muayene kuralları, İMO – 01. R -01/2008” dökümanı ayrıntılı olarak incelenmiştir.Devamında “İMO – 02. R -01/2005” ve “İMO – 01. R -01/2008” dökümanlarında belirtilen hesap yöntemlerine göre tasarlanan yapının boyutlandırma ve detay hesapları yapılmıştır.

Çalışmadaki esas amaç; yukarıda bahsi geçen dökümanlara göre tasarım projesinin boyutlandırılması ve detay hesaplarının yapılmasını sayısal olarak göstermektir. Tasarım projesi; 46,60 m makas açıklıklı, planda 108,00 m uzunluğunda iki gözlü bir ağır sanayi yapısıdır ve her bir gözde iki adet olmak üzere toplamda dört adet kren bulunmaktadır. Yapı; boyuna doğrultuda 12,00 m aralıklı ana çerçevelerle, bu ana çerçeveler arasına yerleştirilen çatı makaslarından oluşmaktadır. Çatı makasları yapı boyunca devam eden kafes kirişlere mesnetlendirilmiş, bu şekilde yükler ana çerçevelere, buradan da zemine iletilmiştir. Yapının düşey taşıyıcı elemanları olan kolonlar; kren kotuna kadar örgü kolon, kren kotundan çatıya kadar olan bölümde ise münferit kolon olarak boyutlandırılmıştır. Yapının deprem ve rüzgar yüklerine karşı stabilitesini sağlamak için düşey ve çatı çaprazları düzenlenmiştir. Çatı çaprazları; düzenleniş biçimiyle çatı düzleminde bir diyafram oluşturmuş ve çatının yatay yükler etkisinde bir bütün olarak hareket etmesini sağlamıştır. Yapıya ilişkin nokta detaylarını içeren genel konstrüksiyon resimleri ekli dosyada verilmiştir. Ayrıca yapının; 1. Derece deprem bölgesi olan bir alanda inşa edileceği varsayılarak D.B.Y.Y.H.Y.’de belirtilen eşdeğer deprem yükü esasına göre deprem hesabı yapılmıştır. Yapının üç boyutlu modeli ve analizleri Sap2000 programında yapılmıştır.

DESIGN OF HEAVY MILL STRUCTURE ACCORDING TO “IMO - 02.R - 01/2008”

SUMMARY

In this MSc thesis, elaborate examinations of the documents those “Design and Project Basis of Steel Structures According to allowable stress design, “IMO -02. R - 01/2008” which was published by Civil Engineering Chamber (CEC) Istanbul Department in February 2008” to complete the deficiencies and give us more detailed information about designing the steel structures according to allowable stress design, and “Welded Connections of Steel Structures: Design, construction and consultation, IMO -01. R -01/2008” which was published by CEC by 2005 were made. Then, design of a steel structure according to these documents was shown as an example.

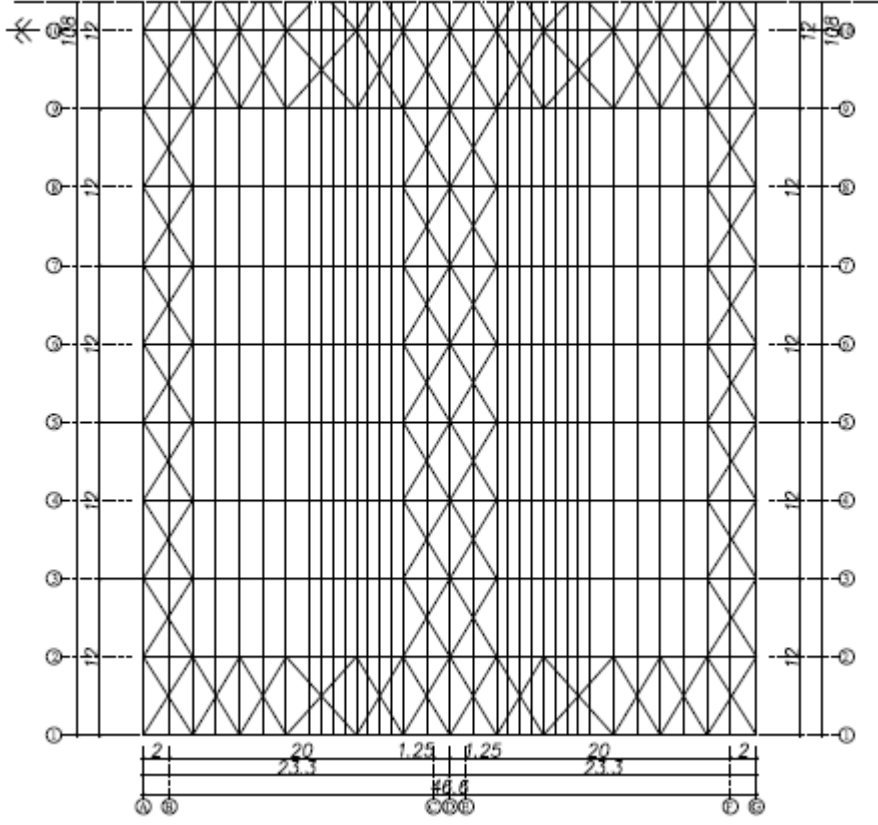
The aim of the study is making numerical examples about the design project and details of the connections according to the code which is mentioned above. The structure is two parted industrial building which has 108 m length on the plan and the trusses have 46,60 m length between each others and there are 4 cranes that each part of the structure has two of them. The structure is formed with frames that the longitudinal direction length is 12 m and roof trusses which are placed between frames. Roof trusses are supported to truss beams which are placed along the structure thus, loads are transfered to frames from lattice trusses and to soil from frames. Columns are pattern into crane level and it is singular over of the crane level. Vertical and roof diagonals are placed for stability against earthquake and wind effects. Roof diagonals provide diaphragm behaviour and thus, roof moves massively. The figures of the details are given in attached document. Also the structure was designed for the earthquake effect according to the rules of equivalent earthquake load which is mentioned in Turkish Earthquake Code 2007 since it is assumed that structure will be constructed in a 1st earthquake region. The structure was modeled as 3D by SAP2000 program and analyses were performed using SAP2000.

1. GİRİŞ

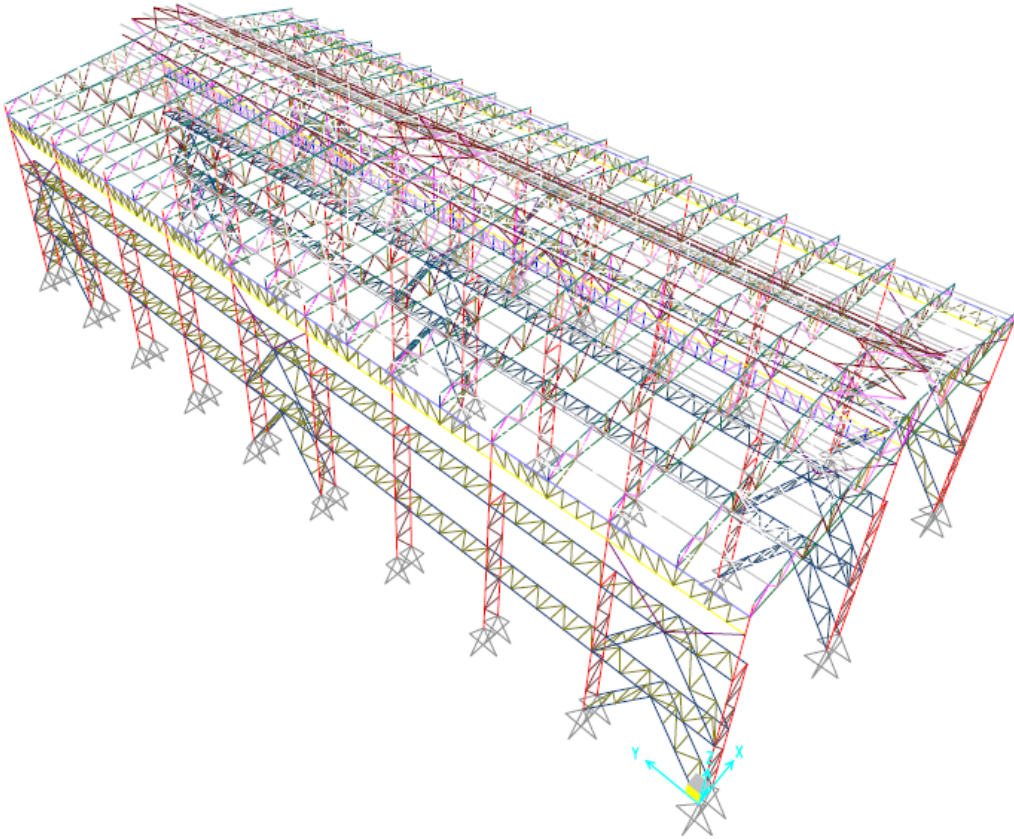
1.1 Yapısal Sistemin Genel Özellikleri ve Taşıyıcı Sistem

Yapı; planda enine doğrultuda 46,60 m, boyuna doğrultuda: 108,00 m uzunluğunda bir ağır sanayi yapısıdır.Yapının kren alt kotu: +17,00 m, çatı makası alt kotu: +24,50 m, çatı fenerliği üst kotu +32,50 m'dir.Yapının dispozisyon planı Şekil 1.1 'de verilmiştir. Yapıda herbir gözde iki adet olmak üzere toplam dört adet kren bulunmaktadır. Birinci gözde (45/15/5) tonluk krenler, ikinci gözde (100/40) tonluk krenler kullanılmıştır.

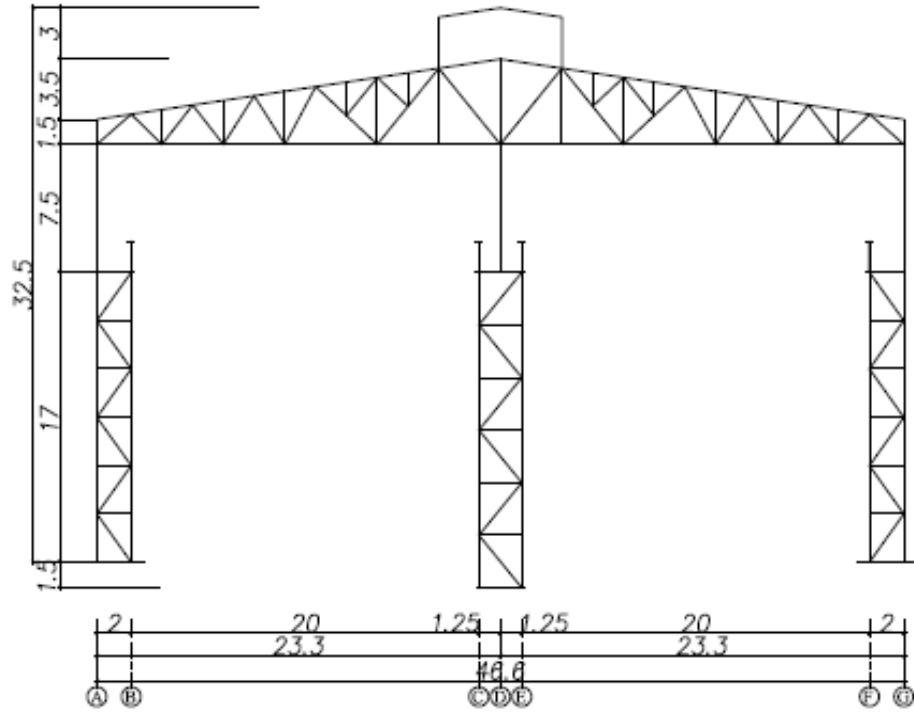
Yapının taşıyıcı sistemi kısa doğrutuda çerçeve, uzun doğrultuda merkezi çelik çaprazlardan oluşmaktadır. Çatı yükleri; 1,80 m aralıklı aşıklar ile makaslara aktarılmaktadır. Aşık sistemi olarak iki açıklıklı sürekli kiriş kullanılmış ve ekonomik sonuç vermesi için üçtebir noktalarından zayıf yönde gergiler ile tutulmuştur. Ayrıca kar birikintisinin sözkonusu olduğu fenerlik kısımlarında aşık aralıkları yarıya düşürülmüştür. Aşık profil kesiti olarak UNP140 kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem yapı boyunca 12,00 m aralıklı 10 adet ana ve 9 adet ara makastan oluşmaktadır. Ara makaslar boyuna doğrultuda ana makaslara mesnetli kafes kirişlerin üst başlığına mesnetlendirilmiştir. Yapıda düşey taşıyıcı elaman olarak kren kotuna kadar örgü kolonlar kullanılmıştır. Örgü kolonların başlıkları hadde profillerden, örgü elemanları ise 1. Grup çerçeve tarzı basınç çubuklarından oluşmaktadır. Uzun doğrultuda yapının yatay yüklere karşı stabilitesi merkezi düşey ve çatı çaprazları ile sağlanmıştır. Bu çaprazlar hem basınç hem de çekme kuvveti alacak biçimde, mevcut yönetmelik ve standartlara uygun biçimde boyutlandırılmıştır. Yapıda kullanılan elemanların kaynaklı birleşimlerinin tümü fabrikada yapılacaktır ve montajdaki birleşimlerin tümü ise bulonlu birleşim olarak imal edilecektir.



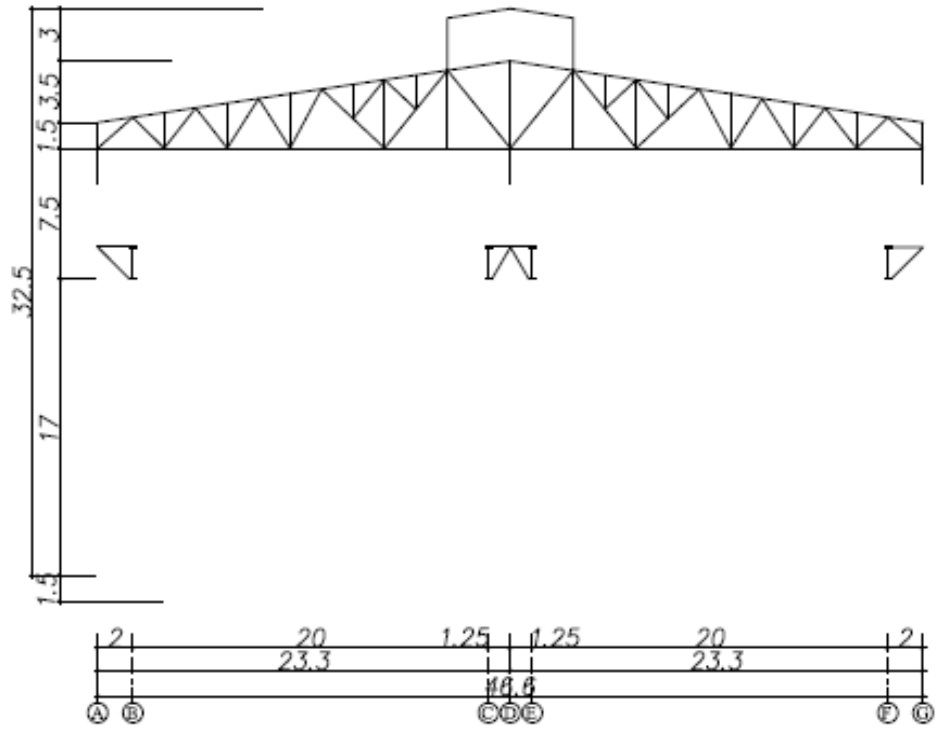
Şekil 1.1 : Çatı Planı



Şekil 1.2 : İzometrik Görünüş



Şekil 1.3 : Ana Çerçeve Görünüşü



Şekil 1.4 : Ara Çerçeve Görünüşü

1.2 Yapı Analizi ve Boyutlandırmada Kullanılan Parametreler

1.2.1 Yapı analizi ve boyutlandırılmasında kullanılan standartlar

İMO – 02.R -01/2008: Çelik Yapılar Emniyet Gerilmesi Esasına Göre Hesap ve Proje Esasları

İMO – 01.R -01/2008: Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşim; Hesap, Yapım ve Muayene Kuralları.

D.B.Y.Y.H.Y. 2007: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.

TS 498-1997: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri.

DIN 4114

AISE Technical Report No:13 2003: Guide for the Design and Construction of Mill Buildings

1.2.2 Malzeme

1.2.2.1 Yapısal çelik

Yapıda çelik malzeme olarak St 37 ve St 52 kalite çelik kullanılmıştır. UNP, korniyer ve bunların birleşim levhaları St 37, diğer elemanlar ise St 52 kalite çelik olarak seçilmiştir.

Boyutlandırmada kullanılan bu çelik malzeme sınıflarının mekanik özellikleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 1.1 : Çelik malzeme karakteristikleri

Çelik Cinsi	Kalınlık t (mm)	Akma Gerilmesi σ_a (kN/cm ²)	Kopma Mukavemeti σ_B (kN/cm ²)	Elastisite Modülü E (kN/cm ²)	Kayma Modülü G (kN/cm ²)	Lineer Isı Genleşme Katsayısı α_t
St 37-2	t ≤ 40	24	36	21000	8100	12x10 ⁻⁶
	40 ≤ t ≤ 80	21.5				
St 52-3	t ≤ 40	36	51			
	40 ≤ t ≤ 80	32.5				

1.2.2.2 Birleşim elemanları

Bulonlu birleşimlerde; yüksek mukavemetli bulonlar kullanılmıştır. Aşağıdaki çizelgede bulonlara ait akma ve kopma nominal değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.2 : Bulon sınıfı ve özellikleri

Bulon Kalitesi	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
Akma F_y (kN/cm ²)	24	30	64	90	108
Kopma F_u (kN/cm ²)	40	50	80	100	120

Kaynaklı birleşimlerde yöntem olarak tozaltı ark kaynağı tercih edilmiş ve hesaplamalarda; kullanılan çelik malzemeye karşılık gelen mukavemet değerleri kullanılmıştır. Tam nüfuziyetli küt kaynaklarda; kaynak ağzı ilgili dökümanda belirtilen hususlara göre açılmış, kaynak dayanımının birleştirdiği elemanlardan zayıf olanın tasarım dayanımına eşit olduğu varsayılmıştır.

1.2.2.3 Temel betonu

Yapının sadece temel kısmında C25 sınıfı beton kullanılmıştır. C25 sınıfı beton için değerler TS 500 standardının ilgili bölümünden temin edilmiştir.

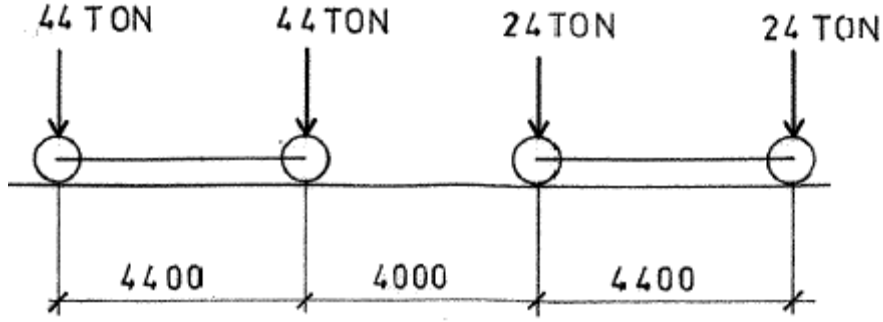
1.3 Sistem Yük Analizi

1.3.1 Düşey yükler

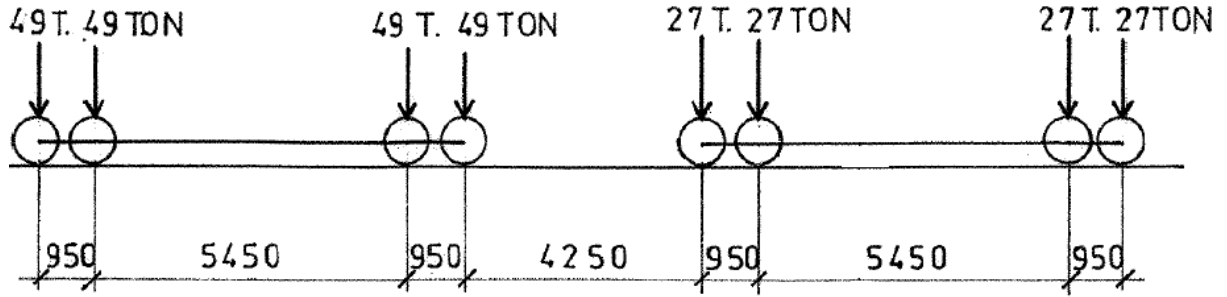
Çatı kaplaması olarak; poliüretan kalınlığı 40 mm, alt ve üst saç kalınlığı 0,5 mm olan saç sandviç paneller kullanılmıştır. Bu paneller 1,20 m aşık aralığına kadar 366 kg/m², 2,00 m aralığına kadar 193 kg/m² yük taşımaktadırlar. Cephe kaplamaları için yine poliüretan dolgulu cephe paneli kullanılmıştır. Kullanılan bu kaplama malzemelerinin bağlantı elemanları ile birlikte yapıya etkiyen yükleri 20 kg/m² olarak alınmıştır.

1.3.2 Kren yükleri

Yapıda iki tip kren kullanılmıştır. Kullanılan bu krenlerin tekerler basınçları aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 1.5 : (45/15/5) Kren Yük Katarı



Şekil 1.6 : (100/40) Kren Yük Katarı

1.3.3 Deprem

Boyutlandırılması yapılacak olan yüksek kren kapasiteli ağır sanayi yapısı; 1.Derece deprem bölgesinde Z1 yerel zemin sınıfı üzerinde inşa edilecek ve endüstriyel tesis olarak kullanılacaktır. Yapı taşıyıcı sisteminin bir doğrultuda süneklik düzeyi normal çerçevelerden, diğer doğrultuda ise süneklik düzeyi normal merkezi çelik çaprazlı perdelerden oluşturulması düşünülmüştür. Bu doğrultuda deprem hesapları; A.B.Y.Y.H.Y.'de belirtilen kriterlere göre yapılmıştır. İlgili yönetmelikte kullanılan parametreler aşağıda belirtilen şekildedir.

Deprem bölgelerine karşılık gelen etkin yer ivme katsayıları: $A_0 = 0.40$

Spektrum karakteristik periyotları: $T_A = 0.10$ $T_B = 0.30$

Bina önem katsayısı: $I = 1.00$

Taşıyıcı sistem davranış katsayıları sırasıyla:

Çerçeve düzleminde: $R = 5$

Çapraz düzleminde: $R = 4$

Hareketli yük katılım katsayısı: $n = 0,30$

Heriki deprem doğrultusu için toplam taban kesme kuvveti ilgili yönetmelikte

$$V_t = W \frac{A(T_t)}{R_a(T_1)} \geq 0.1A_0 \times I \times W \quad (1.1)$$

formülüne göre hesap edilmiştir.

1.3.4 Kar ve rüzgar yüklemeleri

İlgili değerler TS 498'den alınmıştır.

Kar yükü için yapının 1. Bölge de bulunduğu, denizden yüksekliğinin de 200 m'den az olduğu kabul edilmiştir ve bu doğrultuda kar yükleri alınmıştır.

Rüzgar yükü için TS 498'in ilgili bölümleri şu şekildedir;

Rüzgar yükü hesap değeri:

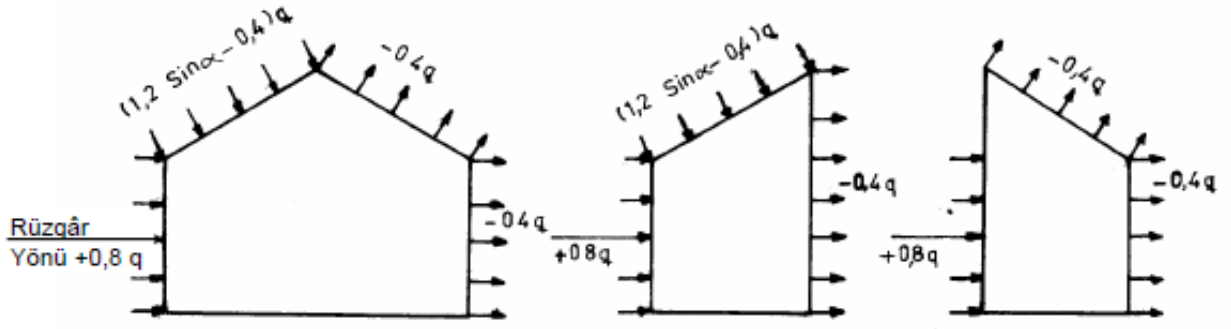
$$W = q \times C_p \quad (1.2)$$

q : Yapının yerden yüksekliğine bağlı, rüzgar hızıyla değişen rüzgar basıncıdır. Bu değer aşağıdaki çizelgeden alınır.

Çizelge 1.3 : TS 648 rüzgar yükü için q değerleri

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

C_p : Emme katsayısı. Rüzgarın esiş yönüne bağlı olarak, yapıda rüzgarın dik olarak tesir ettiği yüzeyde basınç arka yüzeyde emme etkisi oluşmaktadır. Bu değerler de aşağıdaki şekilden alınır.



Şekil 1.7 : TS 648 rüzgar yükü için emme katsayıları

2. HESAP ESASLARI

2.1 Konu ve Kapsam

Ülkemizdeki yapılaşmada malzeme olarak çeliğin kullanımı hergeçen gün biraz daha artmaktadır. Özellikle 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinden sonra tekrar ele alınan deprem yönetmeliği düzenlenerek 2007 yılında son halini almıştır. Bu düzenleme sürecinde çelik yapılar ile ilgili bölüm de ele alınmış ve yeniden yapılandırılmıştır. Çelik yapılar ile ilgili kısımda deprem yönetmeliğinde yer verilmeyen boyutlandırılma kuralları için ise 1980’li yıllarda hazırlanan ve günün koşullarına göre çok eski denilebilecek TS 648 ve TS 3357 standartları adres olarak gösterilmiştir. Bu noktada TS 648 ve TS 3357 standartlarının biz mühendislerin ihtiyaçlarına cevap veremeyeceği ortaya çıkmıştır. Bu sebeple İMO İstanbul Şubesi ve kurmuş olduğu komite D.B.Y.Y.H.Y.’ye altyapı oluşturacak ve mevcut ihtiyaçları karşılayabilecek “İMO – 02. R -01/2008” ve “İMO – 01. R -01/2008” dökümanlarını hazırlamışlardır. Bu dökümanlarda mevcut standartlarla aynı olan kısımlarda vardır ayrıca bir dizi yenilikte ilave edilmiştir.

2.2 Malzeme Özellikleri

İMO – 02. R -01/2008 dökümanının getirmiş olduğu yeniliklerden birtanesi ve belki en önemlisi yapısal çelik sınıflarının ve mekanik özelliklerinin yeniden tanımlanmasıdır. Yeni deprem yönetmeliği: TS 648’de veya uluslararası kabul görmüş diğer standartlarda tanımlanan ve kaynaklanabilme özelliğine sahip olan tüm yapı çelikleri kullanılabileceğini belirtmiş ve başlıklarının et kalınlığı en az 40 mm. olan hadde profillerinde, kalınlığı en az 50 mm. olan levhalarda ve bu levhalardan yapma profillerde kabul görmüş standartlar uyarınca ilgili testlerin yapılmasını öngörmüştür. TS 648 deki bu malzeme tablosu ihtiyaca cevap verememektedir ve yeni tablo deprem yönetmeliğinin ihtiyacına cevap verecek niteliktedir.

2.3 Yük Kabülleri ve Yükleme Halleri

İMO – 02. R -01/2008’de boyutlandırma ve gerilme tahkiklerine esas olan yüklemeler şu şekildedir:

- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| a) D | (H) |
| b) D + L + (Lr veya S) | (H) |
| c) D + L + (Lr veya S) + T | (HZ) |
| d) D + L + S + W/2 | (HZ) |
| e) D + L + S/2 + W | (H) |
| f) 0,9D ± E/1,4 | (HZ)* |
| g) D + L + S + E/1,4 | (HZ)* |
| h) D + (W veya E/1,4) | (HZ) veya (HZ)* |
| i) D + L + (W veya E/1,4) | (HZ) veya (HZ)* |
| j) D + L + (W veya E/1,4) + T | (HZ) veya (HZ)* |

Bu yük kombinasyonlarında kullanılan ifadelerin anlamı:

D: Ölü yükler, kren yükü ve makinaların kütle kuvvetleri

L: Hareketli yükler

Lr: Çatılarda hesaba katılacak hareketli yükler ve su birikmesi ile oluşan etkiler

S: Kar yükü

W: Rüzgar yükü

E: Deprem yükü

T: Sıcaklık değişimi ve mesnet çökmesi nedeni ile oluşan etkiler, krenlerde fren ve yanal çarpma kuvvetleri

NOT: (HZ) Halinde kombinasyonda deprem yükü yoktur. (H) ile ilgili emniyet gerilmeleri 1,15 ile büyütülecektir.

(HZ)* Halinde kombinasyonda deprem yükü vardır. Emniyet gerilmeleri 1,33 ile büyütülecektir.

Bu yük kombinasyonlarına en elverişsiz sonuçları verecek şekilde kren yüklemeleri de dahil edilmiştir.

2.4 Yerel Burkulma

İMO – 02. R -01/2008 dökümanının sağladığı yeniliklerden biri de çelik kesitler ile ilgili sınıflandırmalardır. Bunlar: “kompakt olan kesitler”, “kompakt olmayan kesitler” ve “narin elemanlardan oluşan kesitler” dir. Bir kesitin kompakt olarak nitelendirilebilmesi için, başlık elemanları gövde levhasına veya levhalarına sürekli olarak birleştirilmiş olması ve bunların basınç çalışanlarının (genişlik/ kalınlık) oranlarının “Tablo 3.2de” verilen sınır (genişlik/ kalınlık oranlarını aşmaması gerekir. Kompakt olarak nitelendirilmeyen çelik kesitler, eğer basınç elemanlarının (genişlik/ kalınlık) oranları “Tablo 3.2de” kompakt olmayanlar için verilmiş olan sınır değerleri aşmıyorlarsa, “kompakt olmayan kesitler” olarak sınıflandırılırlar. Eğer herhangi bir basınç elemanının (genişlik/ kalınlık) oranı bu son sınır değerleri aşarsa, bu kesit bir “narin elemanlı kesit” olarak sınıflandırılır. Bu sınıflandırmalar yapıldıktan sonra ilgili bölümlerdeki adımlara göre hesaplamalar yapılır.

2.5 Tahkikler

2.5.1 Genel

Genel olarak gerilmeler ve mesnet reaksiyonları her yükleme için ayrı ayrı belirlenmelidir.

Böylece elde edilebilen değerlerin en elverişsiz olası bileşik etkileri, birbirilerine eklenip toplanarak hesaplanır.

Enkesitler boyutlandırıldıktan sonra, en çok etkilenen kesitlerde gerilmelerin oluşturuldukları en büyük değerler saptanır ve emniyet gerilmesi ile karşılaştırılır.

Bu tahkikler EY ve EİY yükleme durumları için ayrı ayrı yapılmalıdır.

2.5.2 Yapılması gereken tahkikler

Yapılması gerekli tahkikler aşağıda gösterilmiştir:

- Gerilme tahkikleri
- Stabilite Tahkikleri
- Devrilme Tahkikleri

- Deformasyon Takikleri

Bu tahkikler imalat, nakliye, monte ve işletme durumlarında yapılmalıdır.

2.5.3 Genel gerilme tahkikleri

Genel gerilme tahkikleri Tablo 3.2 de tanımlanan boyutlandırmaya esas alınan Enkesit değerleri ile EY (esas yükleme) ve EİY (esas ve ilave yükleme) yükleme halleri için ayrı ayrı yapılır.

Hareketli yükler için bu tahkiklerde titreşim katsayısı da göz önünde tutulmalıdır.

2.5.4 Stabilite tahkikleri

Stabilite tahkikleri “burkulma”, “buruşma” ve “yanal burkulma” tahkiklerini kapsar.

2.5.5 Devrilme tahkiki

Devrilme Tahkikinde her bir yapı kısmının devrilme emniyet katsayısı en az 2 olmalıdır. Bazı özel hallerde bu katsayı 1,5 alınabilir. Mesnetlerde kalkmaya karşı emniyet katsayısı, örneğin sürekli kirişlerde en az 1,3 olmalıdır. Yapının tümünün devrilme emniyet katsayısı en az 1,5 olmalıdır.

2.5.6 Deformasyon tahkikleri

Kullanma amacı ve konstruktif bakımdan gereken hallerde deformasyonlar irdelenecek ve sınırlandırılacaktır. Öz yüklerden ileri gelen deformasyonlar, “ters sehim” verilerek giderilebilir. Açıklığı 5,0 m ’den fazla olan kiriş aşıkların sehimleri açıklığın 1/300 ’ünden, konsol kirişlerin ucundaki sehim ise konsol uzunluğunun 1/250 ’sinden fazla olmamalıdır.

2.6 Özel Tasarım Problemleri

Bu kısım İMO – 02. R -01/2008 dökümanında boyutlandırmayı ciddi anlamda etkilediği düşünülerek ilave edilmiş yeni bir bölümdür. Uygulanacak yöntem ayrıntılı bir şekilde ilgili bölümlerde anlatılmıştır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

2.6.1 Tekil yükler altında gövde ve başlık levhaları

2.6.1.1 Kiriş gövdesinde yerel akma kontrolü

Eğer tekil yüklerden dolayı I - hadde profillerinin başlık levhası ile gövde levhasının kesiştiği bölgede veya levhalardan kaynaklanarak yapılan I - kesitlerde, boyun köşe kaynaklarının ikizkenar dik üçgen kesitinin gövde levhası üzerindeki dar acılı kenarı hizasındaki bölgede hesaplanan basınç gerilmesi verilen sınır değeri ($0,66\sigma_a$) aşması halinde, takviye levhalarının kullanılması gerekmektedir. Hazırlanan İMO – 02. R - 01/2008 dökümanının bu bölümünde takviye levhaları göz önünde tutularak, basınç gerilmesinin nasıl hesaplanacağı ve tahkik edileceği anlatılmaktadır.

2.6.1.2 Kiriş gövdesinde yerel gövde buruşması kontrolü

Döküm anda kirişe etkiyen tekil yükün ilgili bölümde hesap edilen tekil yükten daha fazla olması durumunda gövde takviyesi yapılması gerektiğini belirtir.

2.6.2 Yorulma

Sanayi yapılarında, kren yolları ve bunları taşıyan elemanlar ile birleşimleri, makina platformlarını taşıyan çelik taşıyıcı sistemlerin elemanları ve birleşimleri, yüksek gerilim hatlarının direkleri, antenler ve bacalar yorulma göz önünde bulundurularak boyutlandırılmalıdırlar.

Bu bölümde yorulma problemi, buna yönelik gözönüne alınması gereken koşullar, taşıyıcı elemanların ve detayların tipi ve yeri, yükleme tekrar sayıları, izin verilen gerilme aralığı ve yorulma kategorilerine yer verilmiştir. Bu kısım TS 648 de bulunmaktadır.

2.6.3 Birleşim ve birleşim araçları

2.6.3.1 Kaynak uygulamaları

Deprem yönetmeliğinde kaynak ile ilgili açıklama şu şekildedir:

Kaynaklı birleşimlerde çelik malzemesine ve kaynaklama yöntemine uygun elektrod kullanılacak ve elektrodun akma dayanımı birleştirilen malzemelerin akma dayanımından daha az olmayacaktır. Moment aktaran çerçevelerin kaynaklı kolon-kiriş birleşimlerinde tam penetrasyonlu küt kaynak veya köşe kaynağı dikişleri kullanılacaktır. Bu kaynaklarda kullanılan elektrodun minimum Charpy-V-Notch (CVN) dayanımı (Çentik Dayanımı) -29 °C’de 27 Nm (27 J) olacaktır.

Bu nedenle TS 3357 de bu konunun cevabı yoktur. “İMO – 02. R -01/2008” ve “İMO – 01. R -01/2005” dökümanlarında bu konuya ayrıntılı olarak yer verilmiştir.

2.6.3.2 Bulonlu birleşimler

Deprem yönetmeliğinde bulonlu birleşimler ile ilgili açıklama şu şekildedir:

Deprem yükleri etkisindeki elemanların birleşim ve eklerinde kullanılacak bulonlar ISO 8.8, 10.9 veya daha yüksek kalitede olacaktır. Bu bulonlar, moment aktaran birleşimlerde kendilerine uygulanabilecek öngerme kuvvetinin tümü ile, diğer birleşimlerde ise en az yarısı ile öngerilecektir. Deprem yükleri etkisinde olmayan elemanların birleşim ve ekleri ile temel bağlantı detaylarında ISO 4.6 ve 5.6 kalitesinde bulonlar kullanılabilir.

Yüksek mukavemetli bulonlar ilgili dökümanda ayrıntılı biçimde açıklanmış ve tablolar halinde kullanıma sunulmuştur.

3. YAPI ELEMANLARININ BOYUTLANDIRILMASI

3.1 Aşıkların Boyutlandırılması

Bu yapıda çatı elemanı olarak kullanacağımız aşıklar iki açıklıklı sürekli kiriş şeklinde tasarlanmıştır. Bunun sebebi: tek açıklıklı kirişe göre daha ekonomik kesit vermesi, çok açıklıklı kirişe göre de uygulamasının daha kolay olmasıdır. Daha detaylı açıklamak gerekirse, tek açıklıklı kirişte açıklık momenti:

$$M = q \times l^2 / 8 \quad (3.1)$$

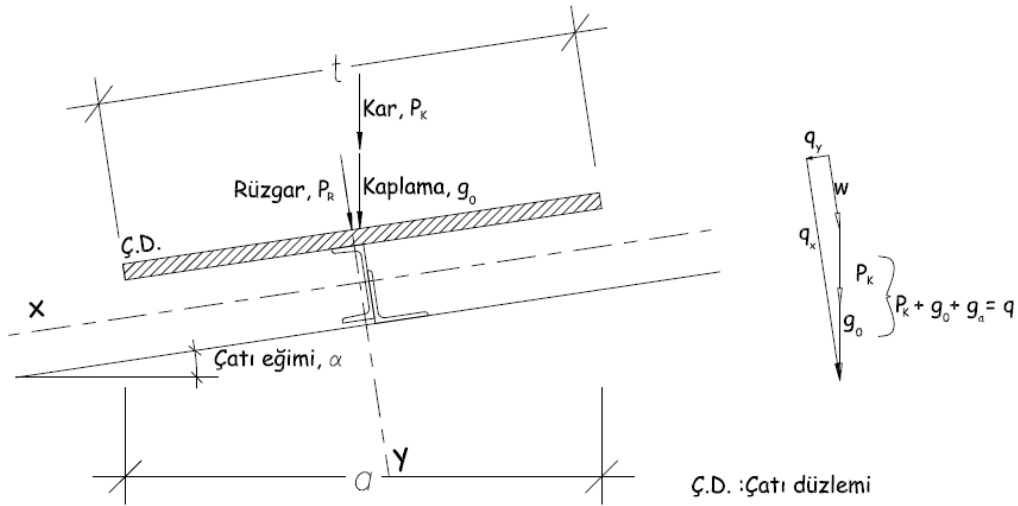
olarak hesap edilir. Açıklık sayısı arttıkça bu değer “İMO -02.R – 01/2008” ve “TS 648” de belirtilen, taşıma yükü esasına göre elde edilmiş formüllere göre hesap edilebilir. Bunlar: kenar açıklık için;

$$M = q \times l^2 / 11 \quad (3.2)$$

iç açıklık için;

$$M = q \times l^2 / 16 \quad (3.3)$$

şeklindedir. Buradan sürekli kiriş teşkilinde kesitin daha ekonomik sonuç vereceği görülmektedir. Ancak sürekli kiriş teşkilinde de aşıkların ek yerlerinin moment aktaracak biçimde düzenlenmesi gerekir ki bu durumda da çatı kaplaması ile ek yerleri birbirine çarpar. Bunun için sistem iki açıklıklı sürekli kiriş olarak düzenlenmiştir. Busayede 12,00 m olan profil boyları zahiyatsız kullanılmıştır.



Şekil 3.3 : Aşık yerleşimi

Malzeme: St-37

Aşık açıklığı, $l=600.00$ cm

Çatı düzleminde aşık aralığı, t :

Yatay düzlemde aşık aralığı, a :

Kar birikintisinin göz önünde tutulduğu bölümlerde,

$a=t=90.00$ cm; diğer bölümlerde 180.00 cm

Çatı eğimi, $\alpha = 8.50^\circ$

Yük analizi:

Çatı örtüsü ağırlığı, g_0 0.25 kN/m²

Aşık ve Gergi, g_a 0.10 kN/m²

Kar yükü, P_k 2.11 kN/m²

Rüzgar yükü, P_R 1.1 kN/m²

Toplam düşey yük, $q= g_0 + g_a + P_k$ 2.46 kN/m²

Rüzgar yükü, $r = t \times (1.2 \times \sin \alpha - 0.4) \times P_r$

Rüzgar yükü, $r = 0.90 \times (1.2 \times \sin 8.50 - 0.4) \times 1.1 = -0.24$ kN / m²

$q_x = q \times t \times \cos \alpha = 2.46 \times 0.90 \times \cos 8.50 = 2.19$ kN / m

$q_y = q \times t \times \sin \alpha = 2.46 \times 0.90 \times \sin 8.50 = 0.33$ kN / m

Aşıklar müttemadi olarak tasarlandığında; her iki yönde en elverişsiz kesit tesiri ara mesnette oluşmaktadır.

$$M_{kx} = 985.50 \text{ kNcm}$$

$$M_{ky} = 11.40 \text{ kNcm (1/3 noktasından gergili olması durumunda)}$$

Seçilen kesit: UNP140

$$I_x = 605 \text{ cm}^4 \quad I_y = 62.7 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 86.4 \text{ cm}^3 \quad W_y = 14.8 \text{ cm}^3$$

Genel gerilme tahkiki yapılırsa:

$$\frac{M_{k,x}}{W_x} + \frac{M_{k,y}}{W_y} = \frac{985.50}{86.4} + \frac{11.40}{14.80} = 12.16 \text{ kN / cm}^2 < 14.10 \text{ kN / cm}^2$$

Sehim kontrolü:

$$f_x = 0.305 \times \frac{q_x \times l_x^4}{I_x} = 1.43 \text{ cm}$$

$$f_y = 0.305 \times \frac{q_y \times l_y^4}{I_y} = 0.03 \text{ cm}$$

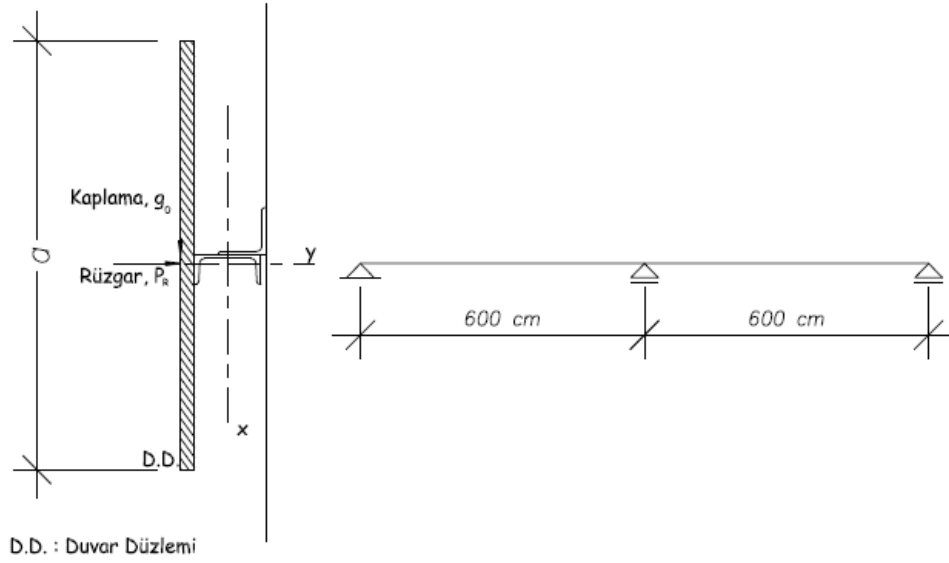
$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 1.43 \text{ cm} < l / 300 = 2.00 \text{ cm}$$

3.2 Kuşakların Boyutlandırılması

Kuşaklar da aşıklara benzer şekilde boyutlandırılmıştır. Burada farklı olarak kuşaklar: örgü kolon bitimine kadar 200.00 cm de bir, örgü kolondan sonra ise 140.00 cm de bir tertiplenmiştir. Gerekçe ise ilgili “TS 498” standardındaki yüksekliğe bağlı olarak değişen rüzgar yüküdür ve şu şekildedir.

Çizelge 3.1 : TS 648'e göre rüzgar yükleri

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 3.4 : Kuşak yerleşimi

Malzeme: St-37

Cephe kuşak tipi: İki açıklıklı sürekli kiriş.

Cephe kuşağı açıklığı, l=600.00 cm

Cephe kuşağı aralığı, a:

Örgü kolon bitimine kadar (0.00 ; +17.00), a = 200 cm

Örgü kolon bitiminden çatı saçağına kadar (+17.00 ; +26.00), a = 140 cm

Yük analizi:

Kaplama ve bağlantı elemanları ağırlığı, g_0 0.25 kN/m²

(0.00;+17.00) Arası rüzgar yükü (Duvar Düzlemine dik), P_R 0.80 kN/m²

(17.00;+26.00) Arası rüzgar yükü (Duvar Düzlemine dik), P_R 1.10 kN/m²

(0.00;+17.00) Kotları atasındaki cephe kuşakları tasarımı:

$$M_x = 0.0865 \times 0.25 \times 2.00 \times 2^2 \times 100 = 17.30 \text{ kNcm (l/3 noktasından gergili)}$$

$$M_y = 0.125 \times 0.80 \times 2.00 \times 6^2 \times 100 = 576.00 \text{ kNcm}$$

Seçilen kesit: UNP140

$$I_x = 206 \text{ cm}^4 \quad I_y = 29.30 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 41.20 \text{ cm}^3 \quad W_y = 8.49 \text{ cm}^3$$

Genel gerilme tahkiki yapılırsa:

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{576}{41.20} + \frac{17.30}{8.49} = 16.02 \text{ kN / cm}^2 < 1.15 \times 14.10 \text{ kN / cm}^2$$

Sehim kontrolü:

$$f_x = 0.248 \times \frac{r \times l_x^4}{I_x} = 1.997 \text{ cm}$$

$$f_y = 0.134 \times \frac{r \times l_y^4}{I_y} = 0.037 \text{ cm}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 1.998 \text{ cm} < l / 300 = 2.00 \text{ cm}$$

(+17.00 ; 26.00) Kotları atasındaki cephe kuşakları tasarımı:

$$M_y = 0.0865 \times 0.25 \times 1.40 \times 2^2 \times 100 = 12.11 \text{ kNcm (l/3 noktasından gergili)}$$

$$M_x = 0.125 \times 0.80 \times 1.1 \times 1.40 \times 6^2 \times 100 = 554.40 \text{ kNcm}$$

Seçilen kesit: UNP140

$$I_x = 206 \text{ cm}^4 \quad I_y = 29.30 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 41.20 \text{ cm}^3 \quad W_y = 8.49 \text{ cm}^3$$

Genel gerilme tahkiki yapılırsa:

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} = \frac{554.40}{41.20} + \frac{12.11}{8.49} = 14.88 \text{ kN / cm}^2 < 1.15 \times 14.10 \text{ kN / cm}^2$$

Sehim kontrolü:

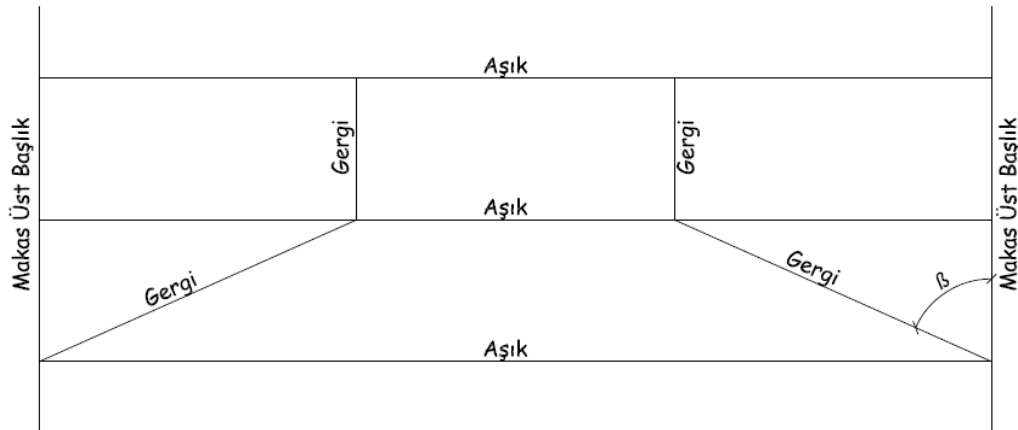
$$f_x = 0.248 \times \frac{r \times l_x^4}{I_x} = 1.92 \text{ cm}$$

$$f_y = 0.134 \times \frac{r \times l_y^4}{I_y} = 0.03 \text{ cm}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 1.92 \text{ cm} < l / 300 = 2.00 \text{ cm}$$

3.3 Aşık ve Kuşakta Kullanılan Gergilerin Boyutlandırılması

Aşık ve kuşakların tasarımında kullanılan profillerin bir yönü güçlü diğer yönü ise diğer yönüne nazaran zayıf kalmaktadır. Bu nedenle çatı düzlemi içerisinde kalan bu zayıf eksen gergiler vasıtasıyla bölünerek azaltılmış kesit tesirlerine göre boyutlandırılmıştır. Bu da boyutlandırmada bize ilave bir ekonomi sağlamıştır.



Şekil 3.5 : Gergi düzeni

Malzeme: St-37

Aşık açıklığı, $l=600.00 \text{ cm}$

Gergi düzeni: $l/3$

Gergi ile makas üst başlığı arasındaki açı, $\beta = 65.80^\circ$

Aşık aralığı, $a=90.00 \text{ cm}$

Gergiye gelen çekme kuvveti, Z :

$$Z = \frac{l/3}{\cos \beta} \Sigma q_y = \frac{6/3}{\cos 65.80} \times 4.10 = 20.00 \text{ kN}$$

$$A = \frac{20}{14.10} = 1.40 \text{ cm}^2$$

Seçilen gergi: Ø16 (A = 2.01 cm²)

3.4 Fenerlik Elemanlarının Boyutlandırılması

3.4.1 Fenerlik kolonlarının boyutlandırılması

Kolonun çerçeve düzlemindeki serbest boyu, $S_x = 300.00 \text{ cm}$

Kolonun çerçeve düzlemine dik serbest boyu, $S_y = 300.00 \text{ cm}$

Kolonun çerçeve düzlemindeki burkulma boyu katsayısı, $K_x = 1.75$

Kolonun çerçeve düzlemine dik burkulma boyu katsayısı, $K_y = 1.00$

Kolonun çerçeve düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 525.00 \text{ cm}$

Kolonun çerçeve düzlemine dik burkulma boyu, $S_{ky} = 300.00 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvetler (Hz):

$P = 88.04 \text{ kN}$ (Basınç)

$M = 3872.77 \text{ kNcm}$

$V = 12.91 \text{ kN}$

Seçilen çelik malzeme: St 52

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 106.3$

Seçilen Kolon Kesiti: IPE270

IPE270 Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 5790 \text{ cm}^4 \quad W_x = 429 \text{ cm}^3 \quad i_x = 11.2 \text{ cm}$$

$$I_y = 420 \text{ cm}^4 \quad W_y = 62.2 \text{ cm}^3 \quad i_y = 3.02 \text{ cm}$$

$$A = 45.9 \text{ cm}^2 \quad i_{yb} = 3.56 \text{ cm} \quad G = 36.1 \text{ kg/m}$$

IPE270 Enkesit Boyutları:

$$\text{Başlık genişliği,} \quad b = 135 \text{ mm}$$

$$\text{Başlık kalınlığı,} \quad t_f = 10.2 \text{ mm}$$

$$\text{Enkesit yüksekliği,} \quad h = 270 \text{ mm}$$

$$\text{Gövde kalınlığı,} \quad t_w = 6.6 \text{ mm}$$

Yerel burkulmanın önlenmesi amacıyla D.B.Y.B.H.Y.'te uyulması gereken enkesit koşulları (Tablo4.3)

$$\frac{b}{2t} = 6.62 < 0.5 \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a}} = 12.08$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çelik Kesitinin Sınıflandırılması (Tablo 3.2b)

$$\frac{b}{2t} = 6.62 < \frac{54}{\sqrt{\sigma_a}} = 9.00 \rightarrow \text{Kesit Kompakttır.}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca eksenel basınç ile momentin aynı anda etkimesi durumunda çubuk kesitinde gerilme kontrolü (Bölüm 4.5.)

Basınç emniyet gerilmesi (σ_{bem}) hesabı:

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = 99.3$$

$$20 < \lambda_y < \lambda_p$$

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 2.46$$

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 8.25 \text{ kN / cm}^2$$

Eğilme emniyet gerilmesi (Bölüm 4.3.1.)

$$L_b = 300.00 \text{ cm}$$

$$L_{c,1} = \frac{63 \times b}{\sqrt{\sigma_a}} = 141.80 \text{ cm}$$

$$L_{c,2} = \frac{13790 \times t \times b}{h \times \sqrt{\sigma_a}} = 195.40 \text{ cm}$$

$$L = \min(L_{c,1}; L_{c,2}) = 141.8 \text{ cm}$$

$L_b > L_c$ olduğu için eğilme emniyet gerilmesi Bölüm 4.3.1.3. 'e göre hesap edilecektir.

$$\frac{l}{i_{yb}} = 84.29$$

Eksenel basınç ve eğilme etkisindeki elemanlarda,

$$C_b = 1.0$$

$$\sqrt{\frac{70327 \times C_b}{\sigma_a}} < \frac{l}{i_{yb}} < \sqrt{\frac{35857 \times C_b}{\sigma_a}}$$

$$\sigma_{Bx} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times \left(\frac{l}{i_{yb}} \right)^2}{1054898 \times C_b} \right] \times \sigma_a = 15.27 \text{ kN / cm}^2$$

Eksenel basınç kuvvetine göre hesap edilen gerilme,

$$\sigma_{eb} = \frac{P}{A} = 1.92 \text{ kN / cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = 0.23 > 0.15 \text{ olduğu için (4.125) ve (4.126) formülleri sağlanmalı.}$$

Yanal harekete serbest olan çerçeve kolonlarda, $C_{mx} = C_{my} = 0.85$ (4.131a)

$$\sigma_{by} = 0.00$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M}{W_x} = 9.03 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{ex}' = \frac{81302}{K \times S_x / i_x} = 37.00 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{ey}' = \frac{81302}{K \times S_y / i_y} = 8.24 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} \right) + \left(\frac{C_{mx} \times \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}'}{\sigma_{ex}'} \right) \sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{C_{my} \times \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}'}{\sigma_{ey}'} \right) \sigma_{By}} \right) = 0.76 < 1.00$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{0.6 \times \sigma_a} \right) + \left(\frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \right) = 0.68 < 1.00$$

Kesme kuvveti kontrolü,

$$\frac{h}{t_w} = 33.18 < \frac{316}{\sqrt{\sigma_a}} = 52.67 \rightarrow \tau_{em} = 0.4 \times \sigma_a = 14.4 \text{ kNcm}^2$$

$$\tau = \frac{16.38}{21.9 \times 0.66} = 0.78 < \tau_{em}$$

3.4.2 Fenerlik kirişlerinin boyutlandırılması

Kirişin çerçeve düzlemindeki serbest boyu, $S_x = 362.5 \text{ cm}$

Kirişin çerçeve düzlemine dik serbest boyu, $S_y = 362.5 \text{ cm}$

Kirişin çerçeve düzlemindeki burkulma boyu katsayısı, $K_x = 1.00$

Kirişin çerçeve düzlemine dik burkulma boyu katsayısı, $K_y = 1.00$

Kirişin çerçeve düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 362.5 \text{ cm}$

Kirişin çerçeve düzlemine dik burkulma boyu, $S_{ky} = 362.5 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvetler (Hz):

$P = 7.43 \text{ kN}$ (Basınç)

$M = 7876.79 \text{ kNcm}$

$V = 41.21 \text{ kN}$

Seçilen elik malzeme: St 52

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 106.3$

Seçilen Kolon Kesiti: IPE300

IPE300 Enkesit zellikleri:

$I_x = 8360 \text{ cm}^4$ $W_x = 557 \text{ cm}^3$ $i_x = 12.5 \text{ cm}$

$I_y = 604 \text{ cm}^4$ $W_y = 80.5 \text{ cm}^3$ $i_y = 3.35 \text{ cm}$

$A = 53.8 \text{ cm}^2$ $i_{yb} = 3.94 \text{ cm}$ $G = 42.2 \text{ kg/m}$

IPE300 Enkesit Boyutları:

Başlık genişliği, $b = 150 \text{ mm}$

Başlık kalınlığı, $t_f = 10.7 \text{ mm}$

Enkesit yüksekliği, $h = 300 \text{ mm}$

Gövde kalınlığı, $t_w = 7.1 \text{ mm}$

Yerel burkulmanın önlenmesi amacıyla D.B.Y.B.H.Y.'te uyulması gereken enkesit koşulları (Tablo4.3)

$$\frac{b}{2t} = 7.01 < 0.5 \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a}} = 12.08$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca elik Kesitinin Sınıflandırılması (Tablo 3.2b)

$$\frac{b}{2t} = 7.01 < \frac{54}{\sqrt{\sigma_a}} = 9.00 \rightarrow \text{Kesit Kompakttır.}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca eksenel basınç ile momentin aynı anda etkimesi durumunda çubuk kesitinde gerilme kontrolü (Bölüm 4.5.)

Basınç emniyet gerilmesi (σ_{bem}) hesabı:

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = 108.2$$

$$\lambda_p < \lambda_y$$

$$n = 2.50$$

$$\sigma_{bem} = \frac{81302}{\lambda^2} = 6.94 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Eğilme emniyet gerilmesi (Bölüm 4.3.1.)

$$L_b = 362.50 \text{ cm}$$

$$L_{c,1} = \frac{63 \times b}{\sqrt{\sigma_a}} = 157.50 \text{ cm}$$

$$L_{c,2} = \frac{13790 \times t \times b}{h \times \sqrt{\sigma_a}} = 204.93 \text{ cm}$$

$$L = \min(L_{c,1}; L_{c,2}) = 157.5 \text{ cm}$$

$L_b > L_c$ olduğu için eğilme emniyet gerilmesi Bölüm 4.3.1.3. 'e göre hesap edilecektir.

$$\frac{l}{i_{yb}} = 91.89$$

Eksenel basınç ve eğilme etkisindeki elemanlarda,

$$C_b = 1.0$$

$$\sqrt{\frac{70327 \times C_b}{\sigma_a}} < \frac{l}{i_{yb}} < \sqrt{\frac{35857 \times C_b}{\sigma_a}}$$

$$\sigma_{Bx} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times \left(\frac{l}{i_{yb}} \right)^2}{1054898 \times C_b} \right] \times \sigma_a = 13.63 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Eksenel basınç kuvvetine göre hesap edilen gerilme,

$$\sigma_{eb} = \frac{P}{A} = 0.14 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = 0.02 < 0.15 \text{ olduğu için (4.128) formülü sağlanmalı.}$$

$$\sigma_{by} = 0.00$$

$$\sigma_{bx} = \frac{M}{W_x} = 14.14 \text{ kN / cm}^2$$

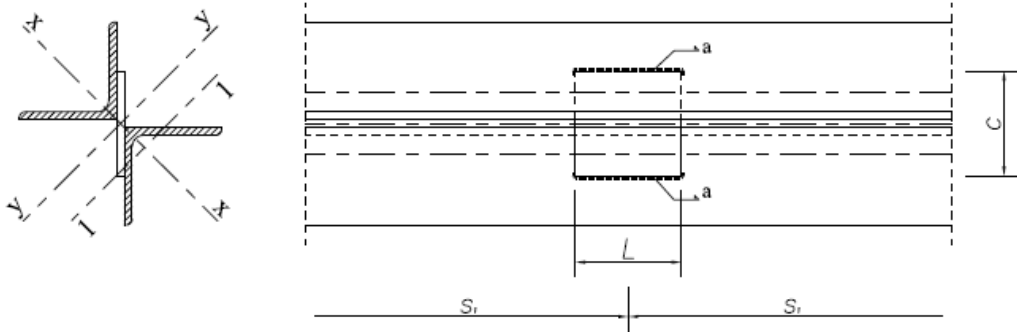
$$\left[\left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} \right) + \left(\frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \right) \right] / 1.15 = 0.92 < 1.00$$

Kesme kuvveti kontrolü,

$$\frac{h}{t_w} = 42.25 < \frac{316}{\sqrt{\sigma_a}} = 52.67 \rightarrow \tau_{em} = 0.4 \times \sigma_a = 14.4 \text{ kNcm}^2$$

$$\tau = \frac{V}{(h - 2c) \times t_w} = 2.08 \text{ kN / cm}^2 < \tau_{em}$$

3.4.3 Fenerlik çatı çapraz dikmelerinin boyutlandırılması



Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 600.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 600.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 600.00 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 37.33 \text{ kN}$ (Basınç)

$P = 5.20 \text{ kN}$ (Çekme)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$ (4.18c)

Seçilen Kesit: 2L75.7

L75.7 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$e = 2.09 \text{ cm}$ $w = 5.30 \text{ cm}$ $v_1 = 2.95 \text{ cm}$

$i_x = i_y = 2.28 \text{ cm}$ $i_\xi = 2.88 \text{ cm}$ $i_\eta = 1.45 \text{ cm}$

$A = 10.1 \text{ cm}^2$ $G = 7.94 \text{ kg/m}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$i_x = i_\xi = 2.88$

Bileşke elemanın narinliği: $\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 208.3$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$\lambda_p < \lambda$$

$$n = 2.5$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{81302}{\lambda^2} = 1.87 \text{ kN/cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.99 < 1.0$$

Eksenel yükün çekme olması durumunda gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{\text{çem}} = (P / 2A) / \sigma_{\text{çem}} = 0.26 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 9$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 10 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 60.00 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narınlığı:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 41.4$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 6.99 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 3.64 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 29.8 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 10 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 148.9 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 15 \text{ cm} \quad a = 5 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 7.5 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 18.75 \text{ cm}^3$$

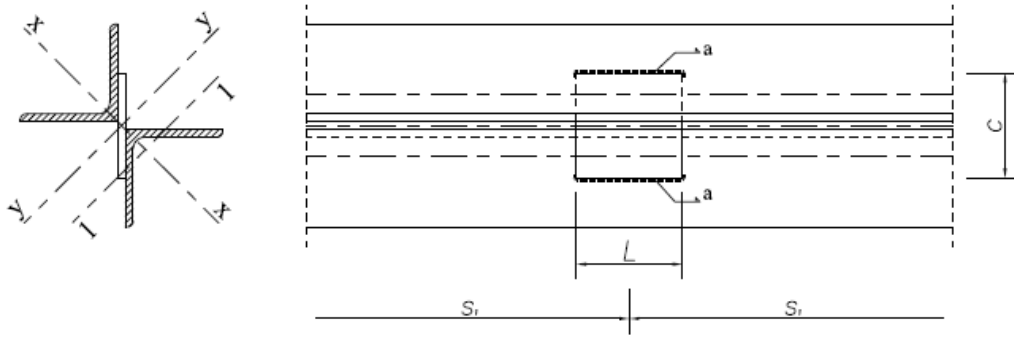
Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 7.94 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 3.97 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 8.88 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.4.4 Fenerlik çatı çapraz diyagonallerinin boyutlandırılması



Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 350.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 700.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 525.00 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 18.8 \text{ kN}$ (Basınç)

$P = 9.72 \text{ kN}$ (Çekme)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$ (4.18c)

Seçilen Kesit: 2L60.6

L60.6 Enkesit Özellikleri:

$$e = 1.69 \text{ cm} \quad w = 4.24 \text{ cm} \quad v_1 = 2.39 \text{ cm}$$

$$i_x = i_y = 1.82 \text{ cm} \quad i_\xi = 2.29 \text{ cm} \quad i_\eta = 1.17 \text{ cm}$$

$$A = 6.91 \text{ cm}^2 \quad G = 5.42 \text{ kg/m}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$$i_x = i_\xi = 2.29$$

$$\text{Bileşke elemanın narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 229.3$$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$\lambda_p < \lambda$$

$$n = 2.5$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{81302}{\lambda^2} = 1.55 \text{ kN / cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.88 < 1.0$$

Eksenel yükün çekme olması durumunda gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{\zeta em} = (P / 2A) / \sigma_{\zeta em} = 0.05 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, n = 10

Eleman bağ levhası kalınlığı, t = 10 mm

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, s = 58.3 cm

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narınlığı:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 49.9$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 6.19 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 2.49 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 23.4 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 8 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 93.7 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 12 \text{ cm} \quad a = 4 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 4.8 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 9.6 \text{ cm}^3$$

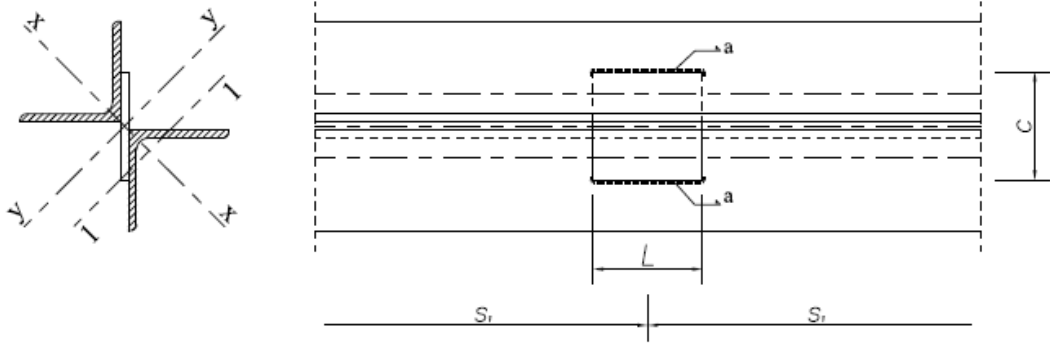
Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 9.76 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 4.88 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 10.91 \text{ kN / cm}^2$$

3.4.5 Fenerlik düşey çaprazlarının boyutlandırılması



Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 335.00\text{cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 670.00\text{cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 502.50\text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 44.61\text{ kN}$ (Basınç)

$P = 34.96\text{ kN}$ (Çekme)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24\text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36\text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000\text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$

Seçilen Kesit: 2L75.7

L75.7 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$e = 2.09\text{ cm}$ $w = 5.30\text{ cm}$ $v_1 = 2.95\text{ cm}$

$i_x = i_y = 2.28\text{ cm}$ $i_\xi = 2.88\text{ cm}$ $i_\eta = 1.45\text{ cm}$

$A = 10.1\text{ cm}^2$ $G = 7.94\text{ kg/m}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$$i_x = i_y = 2.88$$

$$\text{Bileşke elemanın narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 174.5$$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$\lambda_p < \lambda$$

$$n = 2.5$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{81302}{\lambda^2} = 2.67 \text{ kN / cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.83 < 1.0$$

Eksenel yükün çekme olması durumunda gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{\text{çem}} = (P / 2A) / \sigma_{\text{çem}} = 0.12 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, n = 9

Eleman bağ levhası kalınlığı, t = 10 mm

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, s = 67.00 cm

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narinliği:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 46.2$$

Korniyelelerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, e = 7.33 cm

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 3.64 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 33.3 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 10 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 166.3 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 15 \text{ cm} \quad a = 5 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 7.5 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 18.75 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

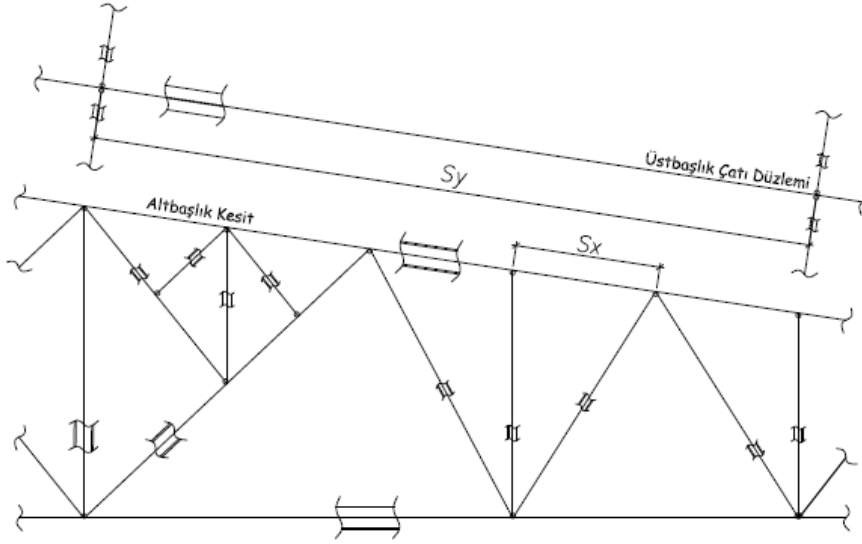
$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 8.87 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 4.43 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}^2} = 9.91 \text{ kN / cm}^2$$

3.5 Çatı Makasının Boyutlandırılması

3.5.1 Makas üst başlığının boyutlandırılması



Şekil 3.6 : Makas üstbaşı düzeni

Kolonun çerçeve düzlemindeki serbest boyu, $S_x = 181.10$ cm

Kolonun çerçeve düzlemine dik serbest boyu, $S_y = 543.30$ cm

Kolonun çerçeve düzlemindeki burkulma boyu katsayısı, $K_x = 1.00$

Kolonun çerçeve düzlemine dik burkulma boyu katsayısı, $K_y = 1.00$

Kolonun çerçeve düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 181.1$ cm

Kolonun çerçeve düzlemine dik burkulma boyu, $S_{ky} = 543.3$ cm

Tasarıma esas iç kuvvetler (H):

$P = 245.69$ kN (Basınç)

$M = 330.81$ kNcm

$V = 2.72$ kN

Seçilen elik malzeme: St 52

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 106.3$

Seçilen Kolon Kesiti: 1/2 IPE500

1/2 IPE500 Enkesit zellikleri:

$I_x = 3260 \text{ cm}^4$ $W_{x,\zeta} = 172 \text{ cm}^3$ $W_{x,b} = 542.43 \text{ cm}^3$ $i_x = 7.52 \text{ cm}$

$I_y = 1070 \text{ cm}^4$ $W_y = 107 \text{ cm}^3$ $i_y = 4.31 \text{ cm}$

$A = 57.8 \text{ cm}^2$ $i_{yb} = 5.64 \text{ cm}$ $G = 70.4 \text{ kg/m}$

1/2 IPE500 Enkesit Boyutları:

Başlık genişliği, $b = 200 \text{ mm}$

Başlık kalınlığı, $t_f = 16 \text{ mm}$

Enkesit yüksekliği, $h = 250 \text{ mm}$

Gövde kalınlığı, $t_w = 10.2 \text{ mm}$

Yerel burkulmanın önlenmesi amacıyla D.B.Y.B.H.Y.'te uyulması gereken enkesit koşulları (Tablo4.3)

$$\frac{b}{2t} = 6.25 < 0.5 \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a}} = 12.08$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca elik Kesitinin Sınıflandırılması (Tablo 3.2b)

$$\frac{b}{2t} = 6.25 < \frac{54}{\sqrt{\sigma_a}} = 9.00 \rightarrow \text{Kesit Kompakttır.}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca eksenel basınç ile momentin aynı anda etkimesi durumunda çubuk kesitinde gerilme kontrolü (Bölüm 4.5.)

Basınç emniyet gerilmesi (σ_{bem}) hesabı:

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = 126$$

$$\lambda_p < \lambda$$

$$n = 2.5$$

$$\sigma_{bem} = \frac{81302}{\lambda^2} = 5.12 \text{ kN / cm}^2$$

Eğilme emniyet gerilmesi (Bölüm 4.3.1.)

$$L_b = 543.3 \text{ cm}$$

$$L_{c,1} = \frac{63 \times b}{\sqrt{\sigma_a}} = 210.0 \text{ cm}$$

$$L_{c,2} = \frac{13790 \times t \times b}{h \times \sqrt{\sigma_a}} = 490.3 \text{ cm}$$

$$L = \min(L_{c,1}; L_{c,2}) = 210.0 \text{ cm}$$

$L_b > L_c$ olduğu için eğilme emniyet gerilmesi Bölüm 4.3.1.3. 'e göre hesap edilecektir.

$$\frac{l}{i_{yb}} = 96.33$$

Eksenel basınç ve eğilme etkisindeki elemanlarda,

$$C_b = 1.0$$

$$\sqrt{\frac{70327 \times C_b}{\sigma_a}} < \frac{l}{i_{yb}} < \sqrt{\frac{35857 \times C_b}{\sigma_a}}$$

$$\sigma_{Bx} = \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a \times \left(\frac{l}{i_{yb}} \right)^2}{1054898 \times C_b} \right] \times \sigma_a = 12.6 \text{ kN / cm}^2$$

Eksenel basınç kuvvetine göre hesap edilen gerilme,

$$\sigma_{eb} = \frac{P}{A} = 4.25 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = 0.83 > 0.15 \text{ olduğu için (4.125) ve (4.126) formülleri sağlanmalı.}$$

Yanal harekete serbest olan çerçeve kolonlarda, $C_{mx} = C_{my} = 0.85$

$$\sigma_{by} = 0.00$$

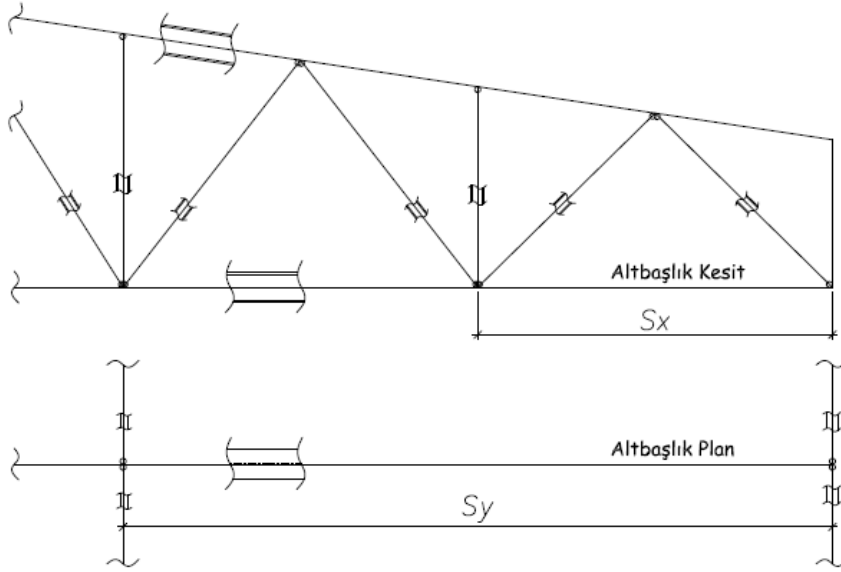
$$\sigma_{bx} = \frac{M}{W_x} = 0.61 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{ex}' = \frac{81302}{(K \times S_x / i_x)^2} = 140.2 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} \right) + \left(\frac{C_{mx} \times \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}'}{\sigma_{ex}'} \right) \sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{C_{my} \times \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}'}{\sigma_{ey}'} \right) \sigma_{By}} \right) = 0.88 < 1.00$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{0.6 \times \sigma_a} \right) + \left(\frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \right) = 0.25 < 1.00$$

3.5.2 Makas alt başlığının boyutlandırılması



Şekil 3.7 : Makas altbaşlık düzeni

Makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 360.0 \text{ cm}$

Çatı düzlemindeki burkulma boyu, $S_{ky} = 720.0 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvet:

$P = 290.06 \text{ kN}$ (Basınç)

Malzeme: St-52

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 106.3$

Seçilen Üstbaşlık Kesiti: 1/2IPE600

½ IPE600 Enkesit Özellikleri:

$I_x = 6500 \text{ cm}^4$ $W_x = 288 \text{ cm}^3$ $i_x = 9.13 \text{ cm}$

$I_y = 1690 \text{ cm}^4$ $W_y = 154 \text{ cm}^3$ $i_y = 4.66 \text{ cm}$

$A = 78.00 \text{ cm}^2$ $G = 61.2 \text{ kg/m}$

½ IPE450 Enkesit Boyutları:

Başlık genişliği, $b = 220 \text{ mm}$

Başlık kalınlığı, $t_f = 19.0 \text{ mm}$

Enkesit yüksekliği, $h = 300 \text{ mm}$

Gövde kalınlığı, $t_w = 12.0 \text{ mm}$

$e_y = 7.48 \text{ cm}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Merkezi basınç çalışan çubukların hesabı (Böl.4.2.)

$$\lambda_x = \frac{S_{kx}}{i_x} \cong 39$$

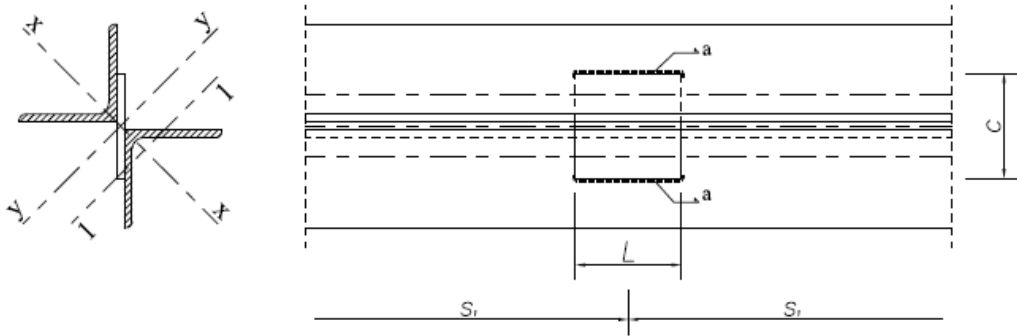
$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} \cong 155$$

$$\lambda_x < \lambda_y \rightarrow \omega_y = 6.26$$

$$\sigma = \omega_y \times \frac{N}{A} = 23.28 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.5.3 Makas dikme ve diyagonallerinin boyutlandırılması

Tüm dikme ve diyagonaller ilgili dökümandaki II.Grup basınç elemanı bölümüne göre boyutlandırılmıştır ve tertibi aşağıdaki şekilde gibidir.



Şekil 3.8 : Makas dikme ve diyagonal tertibi

3.5.3.1 2L120.10_10 Basınç elemanının boyutlandırılması

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 570.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 285.00\text{cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 427.5\text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 327.12\text{ kN}$ (Basınç)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24\text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36\text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000\text{ kN/cm}^2$

Seçilen Kesit: 2L120.10

L120.10 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$e = 3.31\text{ cm}$ $w = 8.49\text{cm}$ $v_1 = 4.69\text{ cm}$

$i_x = i_y = 3.67\text{ cm}$ $i_\xi = 4.63\text{cm}$ $i_\eta = 2.36\text{ cm}$

$A = 23.2\text{ cm}^2$ $G = 18.2\text{ kg/m}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$i_x = i_\xi = 4.63$

Bileşke elemanın narinliği: $\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 92.3$

Plastik narinlik sınırı:

$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$

$20 < \lambda_y < \lambda_p$

$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 2.28$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 7.88 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.89 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 11$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 10 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 47.5 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narınlığı:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 22.0$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 10.78 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 8.35 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 36.8 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 15 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 276.1 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 20 \text{ cm} \quad a = 5 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 10 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 33.33 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 8.28 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 3.68 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 9.06 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.5.3.2 2L90.9_10 Basınç elemanının boyutlandırılması

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 500.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 500.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 500.0 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 103.15 \text{ kN}$ (Basınç)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$

Seçilen Kesit: 2L90.9.10

L90.9 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$e = 2.50 \text{ cm}$ $w = 6.36 \text{ cm}$ $v_1 = 3.53 \text{ cm}$

$i_x = i_y = 2.74 \text{ cm}$ $i_\xi = 3.45 \text{ cm}$ $i_\eta = 1.76 \text{ cm}$

$A = 13.9 \text{ cm}^2$ $G = 10.9 \text{ kg/m}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$$i_x = i_\xi = 3.45$$

Bileşke elemanın narinliği: $\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 144.9$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$\lambda_p < \lambda$$

$$n = 2.5$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{81302}{\lambda^2} = 3.87 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.96 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 9$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 10 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 50 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narinliği:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 28.4 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 8.49 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 5.0 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 29.5 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 12 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 176.9 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 15 \text{ cm} \quad a = 5 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 7.5 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 18.75 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 9.44 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 3.93 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 10.22 \text{ kN / cm}^2 < 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

3.5.3.3 2L80.8_10 Basınç elemanının boyutlandırılması

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 560.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 280.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 420.0 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$$P = 59.88 \text{ kN (Basınç)}$$

Seçilen çelik malzeme: St 37

$$\text{Akma gerilmesi, } \sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Kopma mukavemeti, } \sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Elastisite modülü, } E = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Plastik narinlik sınırı, } \lambda_p = 130.1$$

Seçilen Kesit: 2L80.8.10

L80.8 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$$e = 2.26 \text{ cm} \quad w = 5.66 \text{ cm} \quad v_1 = 3.19 \text{ cm}$$

$$i_x = i_y = 2.43 \text{ cm} \quad i_\xi = 3.06 \text{ cm} \quad i_\eta = 1.56 \text{ cm}$$

$$A = 12.3 \text{ cm}^2 \quad G = 9.63 \text{ kg/m}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$$i_x = i_\xi = 3.06$$

$$\text{Bileşke elemanın narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 137.3$$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$\lambda_p < \lambda$$

$$n = 2.5$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{81302}{\lambda^2} = 4.32 \text{ kN / cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.56 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 13$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 10 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 40 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narinliği:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 25.6 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 7.81 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 4.43 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 22.7 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 10 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 113.4 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 15 \text{ cm} \quad a = 4 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 6 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 15.0 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 7.56 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 3.78 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 8.46 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 11.0 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.5.3.4 2L70.7_10 Basınç elemanının boyutlandırılması

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 385.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 385.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 385.0 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$$P = 74.19 \text{ kN (Basınç)}$$

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$

Seçilen Kesit: 2L70.7.10

L70.7 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$e = 1.97 \text{ cm}$ $w = 4.95 \text{ cm}$ $v_1 = 2.79 \text{ cm}$

$i_x = i_y = 2.12 \text{ cm}$ $i_\xi = 2.67 \text{ cm}$ $i_\eta = 1.36 \text{ cm}$

$A = 9.4 \text{ cm}^2$ $G = 7.38 \text{ kg/m}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$i_x = i_\xi = 2.67$

Bileşke elemanın narinliği: $\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 144.2$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$\lambda_p < \lambda$$

$$n = 2.5$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{81302}{\lambda^2} = 3.91 \text{ kN/cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 1.0 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 5$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 10 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 64.2 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narınlığı:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 47.2 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 6.99 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 3.38 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 31.1 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 10 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 155.4 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 20 \text{ cm} \quad a = 4 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 8 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 26.67 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 5.83 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 3.89 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 7.00 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 11.0 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.5.3.5 2L50.5_10 Basınç elemanının boyutlandırılması

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 190.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 190.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 190.0 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 56.77 \text{ kN}$ (Basınç)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$

Seçilen Kesit: 2L50.5.10

L50.5 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$e = 1.4 \text{ cm}$ $w = 3.54 \text{ cm}$ $v_1 = 1.99 \text{ cm}$

$i_x = i_y = 1.51 \text{ cm}$ $i_\xi = 1.9 \text{ cm}$ $i_\eta = 0.973 \text{ cm}$

$A = 4.8 \text{ cm}^2$ $G = 3.77 \text{ kg/m}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$$i_x = i_\xi = 1.90$$

$$\text{Bileşke elemanın narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 100$$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$20 < \lambda_y < \lambda_p$$

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 2.33$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 7.26 \text{ kN / cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.81 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, n = 3

Eleman bağ levhası kalınlığı, t = 10 mm

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, s = 47.5 cm

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narınlığı:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 48.8 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, e = 5.37 cm

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 1.73 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 15.3 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, c = 5 cm

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 38.2 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 10 \text{ cm} \quad a = 3 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 3 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 5 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

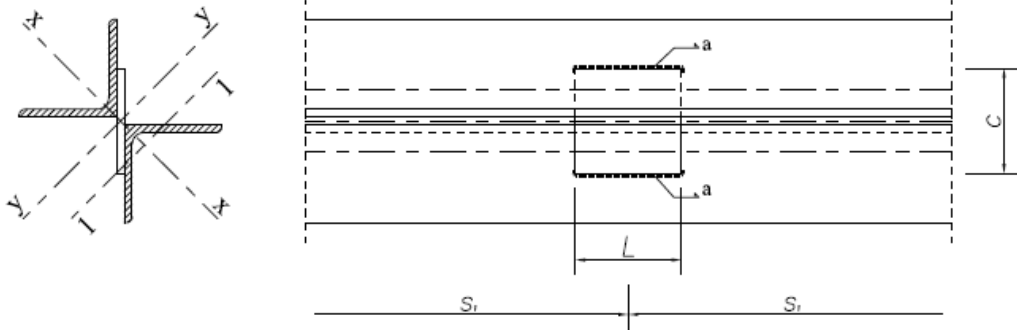
$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 7.64 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 5.09 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 9.18 \text{ kN / cm}^2 < 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

3.5.4 Çatı çapraz ve stabilite elemanlarının boyutlandırılması

Tüm çatı çaprazı ve stabilite elemanları da ilgili dökümandaki II.Grup basınç elemanı bölümüne göre boyutlandırılmıştır ve tertibi aşağıdaki şekilde gibidir.



Şekil 3.9 : Makas dikme ve diyagonal tertibi

3.5.4.1 Çatı çaprazlarının boyutlandırılması

Elemanın taşıyıcı sistem düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 600.00 \text{ cm}$

Elemanın taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 600.00 \text{ cm}$

Elemanın hesap burkulma boyu, $S_k = 600.00 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 62.63 \text{ kN}$ (Basınç)

$P = 45.00 \text{ kN}$ (Çekme)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$

Seçilen Kesit: 2L90.9

L90.9 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$e = 2.54 \text{ cm}$ $w = 6.36 \text{ cm}$ $v_1 = 3.59 \text{ cm}$

$i_x = i_y = 2.74 \text{ cm}$ $i_\xi = 3.45 \text{ cm}$ $i_\eta = 1.76 \text{ cm}$

$A = 15.5 \text{ cm}^2$ $G = 12.2 \text{ kg/m}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$i_x = i_\xi = 3.45$

Bileşke elemanın narinliği: $\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 173.9$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$\lambda_p < \lambda$$

$$n = 2.5$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{81302}{\lambda^2} = 2.69 \text{ kN/cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.75 < 1.0$$

Çekme kuvvetine gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{\zeta em} = (P / 2A) / \sigma_{\zeta em} = 0.10 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 7$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 10 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 75.0 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narınlığı:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 42.6 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 8.60 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 5.58 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 48.7 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 12 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 292.0 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 20 \text{ cm} \quad a = 5 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 10 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 33.33 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 8.76 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 4.87 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 10.02 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 11.0 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.5.4.2 Çatı stabilite elemanlarının boyutlandırılması

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 715.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 357.50 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 536.25 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 30.00 \text{ kN}$ (Basınç)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$

Seçilen Kesit: 2L70.7.10

L70.7 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$e = 1.97 \text{ cm}$ $w = 4.95 \text{ cm}$ $v_1 = 2.79 \text{ cm}$

$i_x = i_y = 2.12 \text{ cm}$ $i_\xi = 2.67 \text{ cm}$ $i_\eta = 1.36 \text{ cm}$

$A = 9.4 \text{ cm}^2$ $G = 7.38 \text{ kg/m}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$$i_x = i_\xi = 2.67$$

Bileşke elemanın narinliği: $\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 200.8$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$\lambda_p < \lambda$$

$$n = 2.5$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{81302}{\lambda^2} = 2.02 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.79 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 11$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 10 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 59.6 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narinliği:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 43.5 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 6.99 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 3.38 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 28.9 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 8 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 115.4 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 15 \text{ cm} \quad a = 4 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 6 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 15.00 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 7.70 \text{ kN / cm}^2$$

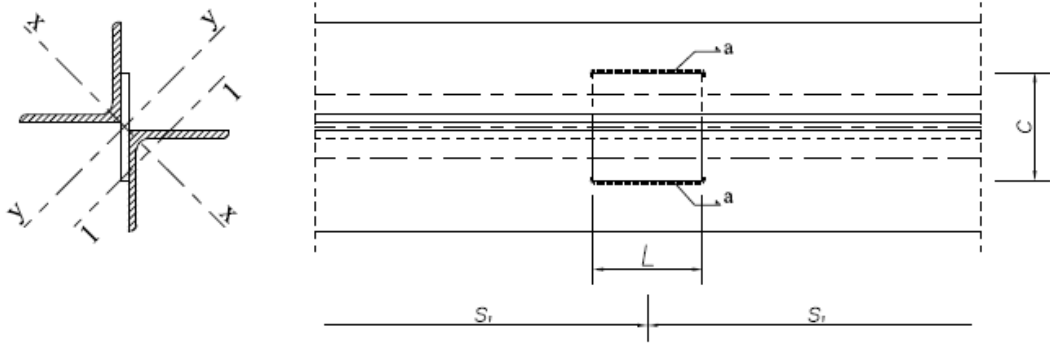
$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 4.81 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 9.08 \text{ kN / cm}^2 < 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

3.6 Çatı Makasını Taşıyan Makas Kirişlerin Boyutlandırılması

3.6.1 Kenar aks makas kirişlerinin boyutlandırılması

Makasa ait tüm dikme ve diyagonaller ilgili dökümandaki II.Grup basınç elemanı bölümüne göre boyutlandırılmıştır ve tertibi aşağıdaki şekilde gibidir.



Şekil 3.10 : Makas dikme ve diyagonal tertibi

3.6.1.1 Makas kirişi üst başlık elemanlarının boyutlandırılması

Makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 150.0 \text{ cm}$

Çatı düzlemindeki burkulma boyu, $S_{ky} = 600.0 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvet:

$P = 119.4 \text{ kN}$ (Basınç)

$P = 86.4 \text{ kN}$ (Çekme)

Malzeme: St-52

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 106.3$

Seçilen Üstbaşlık Kesiti: $\frac{1}{2}$ IPE360

$\frac{1}{2}$ IPE360 Enkesit Özellikleri:

$I_x = 992 \text{ cm}^4$ $W_x = 70.8 \text{ cm}^3$ $i_x = 5.22 \text{ cm}$

$I_y = 521 \text{ cm}^4$ $W_y = 61.3 \text{ cm}^3$ $i_y = 3.79 \text{ cm}$

$A = 36.4 \text{ cm}^2$ $G = 28.5 \text{ kg/m}$

½ IPE360 Enkesit Boyutları:

Başlık genişliği, $b = 170 \text{ mm}$

Başlık kalınlığı, $t_f = 12.7 \text{ mm}$

Enkesit yüksekliği, $h = 180 \text{ mm}$

Gövde kalınlığı, $t_w = 8.0 \text{ mm}$

$e_y = 3.99 \text{ cm}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Merkezi basınca çalışan çubukların hesabı (Böl.4.2.)

Başlık elemanının düzlem dışı narinliği: $\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 29$

Başlık elemanının düzlem içi narinliği: $\lambda_y = \frac{S_k}{i_y} = 158$

$$\lambda_x < \lambda_y \rightarrow \omega_y = 6.5$$

$$\sigma = \omega_y \times \frac{N}{A} = 22.14 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Eksenel kuvvetin çekme olması durumunda,

$$\sigma = \frac{P}{A} = 2.37 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.6.1.2 Makas kirişi alt başlık elemanlarının boyutlandırılması

Makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 150.0 \text{ cm}$

Çatı düzlemindeki burkulma boyu, $S_{ky} = 600.0 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvet:

$P = 97.5 \text{ kN}$ (Basınç)

$P = 102 \text{ kN}$ (Çekme)

Malzeme: St-52

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 106.3$

Seçilen Üstbaşlık Kesiti: $\frac{1}{2}$ IPE330

$\frac{1}{2}$ IPE330 Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 717 \text{ cm}^4 \quad W_x = 55.8 \text{ cm}^3 \quad i_x = 4.78 \text{ cm}$$

$$I_y = 394 \text{ cm}^4 \quad W_y = 49.3 \text{ cm}^3 \quad i_y = 3.55 \text{ cm}$$

$$A = 31.3 \text{ cm}^2 \quad G = 24.6 \text{ kg/m}$$

$\frac{1}{2}$ IPE330 Enkesit Boyutları:

$$\text{Başlık genişliği, } b = 160 \text{ mm}$$

$$\text{Başlık kalınlığı, } t_f = 11.5 \text{ mm}$$

$$\text{Enkesit yüksekliği, } h = 165 \text{ mm}$$

$$\text{Gövde kalınlığı, } t_w = 7.5 \text{ mm}$$

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

İMO - 02.R – 01 / 2008 Merkezi basınca çalışan çubukların hesabı (Böl.4.2.)

$$\text{Başlık elemanının düzlem dışı narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 31$$

$$\text{Başlık elemanının düzlem içi narinliği: } \lambda_y = \frac{S_k}{i_y} = 169$$

$$\lambda_x < \lambda_y \rightarrow \omega_y = 7.4$$

$$\sigma = \omega_y \times \frac{N}{A} = 19.0 \text{ kN/cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN/cm}^2$$

Eksenel kuvvetin çekme olması durumunda,

$$\sigma = \frac{P}{A} = 3.26 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.6.1.3 Makas kirişlerinin dikme elemanlarının boyutlandırılması

Basınç elemanının makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 200.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 200.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 200.0 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 135.0 \text{ kN}$ (Basınç)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$

Seçilen Kesit: 2L70.7.10

L70.7 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$e = 1.97 \text{ cm}$ $w = 4.95 \text{ cm}$ $v_l = 2.79 \text{ cm}$

$i_x = i_y = 2.12 \text{ cm}$ $i_\xi = 2.67 \text{ cm}$ $i_\eta = 1.36 \text{ cm}$

$A = 9.4 \text{ cm}^2$ $G = 7.38 \text{ kg/m}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$$i_x = i_\xi = 2.67$$

Bileşke elemanın narinliği: $\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 74.9$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$20 < \lambda < \lambda_p$$

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 2.15$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 9.30 \text{ kN / cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.77 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 2$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 8 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 66.7 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narınlığı:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 49 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 6.7 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 3.38 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 33.7 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 10 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 168.3 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 17 \text{ cm} \quad a = 4 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 6.8 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 19.27 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 8.73 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 4.95 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 10.04 \text{ kN / cm}^2 < 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

3.6.1.4 Makas kirişlerinin diyagonal elemanlarının boyutlandırılması

Çekme elemanının sistem boyu, S = 250.00cm

Tasarım eksenel yükü:

$$P = 95 \text{ kN (Çekme)}$$

Seçilen çelik malzeme: St 37

$$\text{Akma gerilmesi, } \sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Kopma mukavemeti, } \sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Elastisite modülü, } E = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Plastik narinlik sınırı, } \lambda_p = 130.1$$

Seçilen Kesit: 2L50.5.10

L50.5 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$$e = 1.4 \text{ cm} \quad w = 3.54 \text{ cm} \quad v_1 = 1.99 \text{ cm}$$

$$i_x = i_y = 1.51 \text{ cm} \quad i_\xi = 1.9 \text{ cm} \quad i_\eta = 0.973 \text{ cm}$$

$$A = 4.8 \text{ cm}^2 \quad G = 3.77 \text{ kg/m}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çekme Çubuklarının Hesabı

$$\sigma = \frac{P}{2A} = 9.79 \text{ kN/cm}^2 < 14.4 \text{ kN/cm}^2$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 3$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 8 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 62.5 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narınlığı:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 45.6 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 6.7 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 3.38 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 31.6 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 10 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 157.8 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 16 \text{ cm} \quad a = 4 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 6.40 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 17.07 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

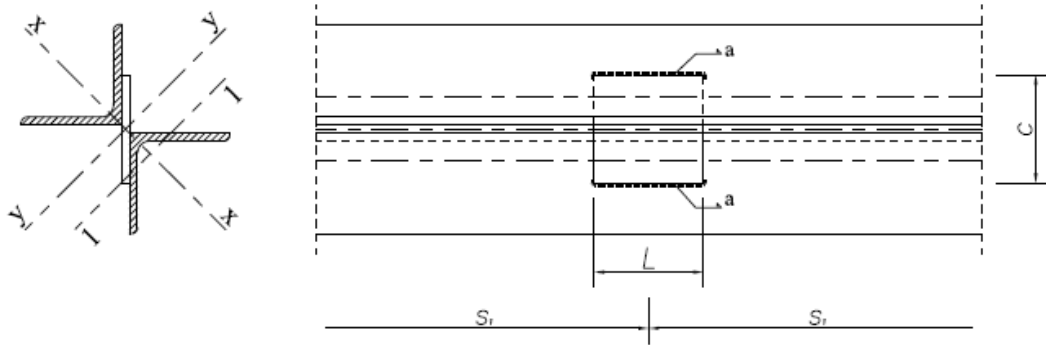
$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 9.24 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 4.93 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 10.48 \text{ kN / cm}^2 < 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

3.6.2 Orta aks makas kirişlerinin boyutlandırılması

Tüm dikme ve diyagonaller ilgili dökümandaki II.Grup basınç elemanı bölümüne göre boyutlandırılmıştır ve tertibi aşağıdaki şekilde gibidir.



Şekil 3.11 : Makas dikme ve diyagonal tertibi

3.6.2.1 Makas kirişi üst başlık elemanlarının boyutlandırılması

Makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 150.0 \text{ cm}$

Çatı düzlemindeki burkulma boyu, $S_{ky} = 600.0 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvet:

$P = 509.6 \text{ kN}$ (Basınç)

$P = 299.7 \text{ kN}$ (Çekme)

Malzeme: St-52

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 106.3$

Seçilen Üstbaşlık Kesiti: $\frac{1}{2}$ HEB280

$\frac{1}{2}$ HEB280 Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 673 \text{ cm}^4 \quad W_x = 57.7 \text{ cm}^3 \quad i_x = 3.2 \text{ cm}$$

$$I_y = 3300 \text{ cm}^4 \quad W_y = 236 \text{ cm}^3 \quad i_y = 7.09 \text{ cm}$$

$$A = 65.7 \text{ cm}^2 \quad G = 51.6 \text{ kg/m}$$

$\frac{1}{2}$ HEB280 Enkesit Boyutları:

$$\text{Başlık genişliği, } b = 140 \text{ mm}$$

$$\text{Başlık kalınlığı, } t_f = 18 \text{ mm}$$

$$\text{Enkesit yüksekliği, } h = 280 \text{ mm}$$

$$\text{Gövde kalınlığı, } t_w = 10.5 \text{ mm}$$

$$e_y = 2.32 \text{ cm}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Merkezi basınca çalışan çubukların hesabı (Böl.4.2.)

$$\text{Başlık elemanının düzlem dışı narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 47$$

$$\text{Başlık elemanının düzlem içi narinliği: } \lambda_y = \frac{S_k}{i_y} = 85$$

$$\lambda_x < \lambda_y \rightarrow \omega_y = 2.06$$

$$\sigma = \omega_y \times \frac{N}{A} = 15.98 \text{ kN/cm}^2 < 21.6 \text{ kN/cm}^2$$

Eksenel kuvvetin çekme olması durumunda,

$$\sigma = \frac{P}{A} = 4.56 \text{ kN/cm}^2 < 21.6 \text{ kN/cm}^2$$

3.6.2.2 Makas kirişi alt başlık elemanlarının boyutlandırılması

Makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 150.0 \text{ cm}$

Çatı düzlemindeki burkulma boyu, $S_{ky} = 600.0 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvet:

$P = 394.6 \text{ kN}$ (Basınç)

$P = 414.42 \text{ kN}$ (Çekme)

Malzeme: St-52

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 106.3$

Seçilen Altbaşlık Kesiti: $\frac{1}{2}$ HEB240

$\frac{1}{2}$ HEB240 Enkesit Özellikleri:

$I_x = 397 \text{ cm}^4$ $W_x = 40 \text{ cm}^3$ $i_x = 2.74 \text{ cm}$

$I_y = 1960 \text{ cm}^4$ $W_y = 163 \text{ cm}^3$ $i_y = 6.08 \text{ cm}$

$A = 53.0 \text{ cm}^2$ $G = 41.6 \text{ kg/m}$

$\frac{1}{2}$ HEB240 Enkesit Boyutları:

Başlık genişliği, $b = 240 \text{ mm}$

Başlık kalınlığı, $t_f = 17 \text{ mm}$

Enkesit yüksekliği, $h = 120 \text{ mm}$

Gövde kalınlığı, $t_w = 10 \text{ mm}$

$e_y = 2.06 \text{ cm}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Merkezi basınca çalışan çubukların hesabı (Böl.4.2.)

Başlık elemanının düzlem dışı narinliği: $\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 55$

Başlık elemanının düzlem içi narinliği: $\lambda_y = \frac{S_k}{i_y} = 99$

$$\lambda_x < \lambda_y \rightarrow \omega_y = 2.56$$

$$\sigma = \omega_y \times \frac{N}{A} = 19.1 \text{ kN/cm}^2 < 21.6 \text{ kN/cm}^2$$

Eksenel kuvvetin çekme olması durumunda,

$$\sigma = \frac{P}{A} = 7.82 \text{ kN/cm}^2 < 21.6 \text{ kN/cm}^2$$

3.6.2.3 Makas kirişlerinin dikme elemanlarının boyutlandırılması

Basınç elemanının makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 200.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 200.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 200.0 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$$P = 565.81 \text{ kN (Basınç)}$$

Seçilen çelik malzeme: St 37

$$\text{Akma gerilmesi, } \sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Kopma mukavemeti, } \sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Elastisite modülü, } E = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Plastik narinlik sınırı, } \lambda_p = 130.1$$

Seçilen Kesit: 2L120.10

L120.10 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$$e = 3.31 \text{ cm} \quad w = 8.49 \text{ cm} \quad v_1 = 4.69 \text{ cm}$$

$$i_x = i_y = 3.67 \text{ cm} \quad i_\xi = 4.63 \text{ cm} \quad i_\eta = 2.36 \text{ cm}$$

$$A = 23.2 \text{ cm}^2 \quad G = 18.2 \text{ kg/m}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$$i_x = i_y = 4.68$$

$$\text{Bileşke elemanın narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 43.2$$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$20 < \lambda < \lambda_p$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 1.89$$

Basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 11.99 \text{ kN / cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 1.0 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, n = 2

Eleman bağ levhası kalınlığı, t = 10 mm

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, s = 66.7 cm

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narinliği:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 28.2 < 50$$

Korniyelelerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, e = 10.49 cm

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 8.35 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_i}{e} = 53.1 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 15 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 398 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 20 \text{ cm} \quad a = 6 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 12 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 40 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 9.95 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 4.42 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 10.06 \text{ kN / cm}^2 < 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

3.6.2.4 Makas kirişlerinin diyagonal elemanlarının boyutlandırılması

Çekme elemanının sistem boyu, $S = 250.00 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 411.9 \text{ kN}$ (Çekme)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$

Seçilen Kesit: 2L90.9_10

L90.9 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$$e = 2.50 \text{ cm} \quad w = 6.36 \text{ cm} \quad v_1 = 3.53 \text{ cm}$$

$$i_x = i_y = 2.74 \text{ cm} \quad i_\xi = 3.45 \text{ cm} \quad i_\eta = 1.76 \text{ cm}$$

$$A = 13.9 \text{ cm}^2 \quad G = 10.9 \text{ kg/m}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca ekme çubuklarının Hesabı

$$\sigma = \frac{P}{2A} = 14.82 \text{ kN/cm}^2 < 16.6 \text{ kN/cm}^2$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 3$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 10 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 62.5 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narınlığı:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 35.5 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 8.49 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 5.00 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğetine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 36.9 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 10 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 184.3 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 16 \text{ cm} \quad a = 5 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 8 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 21.33 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 8.64 \text{ kN / cm}^2$$

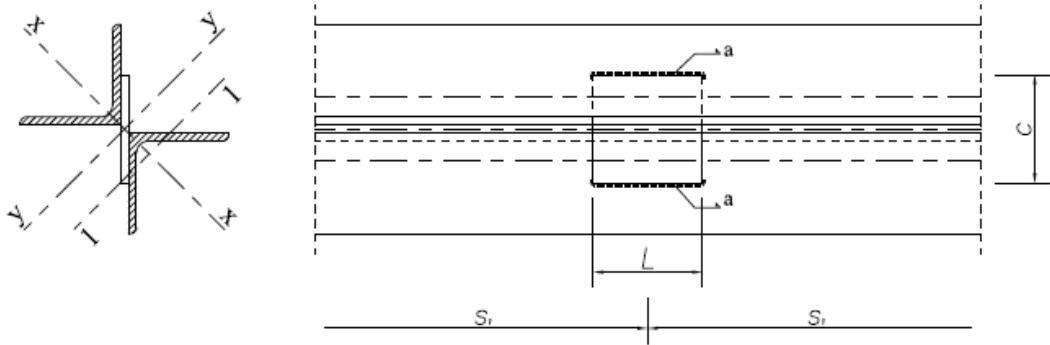
$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 4.61 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + \tau_{//}^2} = 9.79 \text{ kN / cm}^2 < 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

3.7 Düşey Düzlem Çaprazlarının Boyutlandırılması

3.7.1 Kenar aks örgü çaprazlarının boyutlandırılması

Tüm dikme ve diyagonaller ilgili dökümandaki II.Grup basınç elemanı bölümüne göre boyutlandırılmıştır ve tertibi aşağıdaki şekilde gibidir.



Şekil 3.12 : Makas dikme ve diyagonal tertibi

3.7.1.1 Diyagonal çaprazların başlık elemanlarının boyutlandırılması

Makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 250.0 \text{ cm}$

Çatı düzlemindeki burkulma boyu, $S_{ky} = 1000.0 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvet:

$$P = 243.8 \text{ kN (Basınç)}$$

$$P = 225.5 \text{ kN (Çekme)}$$

Malzeme: St-52

$$\text{Akma gerilmesi, } \sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Kopma mukavemeti, } \sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Elastisite modülü, } E = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Plastik narinlik sınırı, } \lambda_p = 106.3$$

Seçilen Üstbaşlık Kesiti: ½ HEA280

½ HEA280 Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 477 \text{ cm}^4 \quad W_x = 42 \text{ cm}^3 \quad i_x = 3.13 \text{ cm}$$

$$I_y = 2383 \text{ cm}^4 \quad W_y = 170 \text{ cm}^3 \quad i_y = 7.00 \text{ cm}$$

$$A = 56.3 \text{ cm}^2 \quad G = 44.2 \text{ kg/m}$$

½ HEA280 Enkesit Boyutları:

$$\text{Başlık genişliği, } b = 280 \text{ mm}$$

$$\text{Başlık kalınlığı, } t_f = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Enkesit yüksekliği, } h = 135 \text{ mm}$$

$$\text{Gövde kalınlığı, } t_w = 8 \text{ mm}$$

$$e_y = 2.06 \text{ cm}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Merkezi basınca çalışan çubukların hesabı (Böl.4.2.)

$$\text{Başlık elemanının düzlem dışı narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 79.9$$

$$\text{Başlık elemanının düzlem içi narinliği: } \lambda_y = \frac{S_k}{i_y} = 142.9$$

$$\lambda_x < \lambda_y \rightarrow \omega_y = 5.25$$

$$\sigma = \omega_y \times \frac{N}{A} = 19.5 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Eksenel kuvvetin çekme olması durumunda,

$$\sigma = \frac{P}{A} = 4.00 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.7.1.2 Diyagonal çaprazlarının örgü elemanlarının boyutlandırılması

Basınç elemanının makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 320.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 320.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 320.0 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 65.6 \text{ kN}$ (Basınç)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24 \text{ kN} / \text{cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36 \text{ kN} / \text{cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN} / \text{cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$

Seçilen Kesit: 2L65.6_10

L65.6 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$e = 1.80 \text{ cm}$ $w = 4.60 \text{ cm}$ $v_1 = 2.55 \text{ cm}$

$i_x = i_y = 1.97 \text{ cm}$ $i_\xi = 2.48 \text{ cm}$ $i_\eta = 1.27 \text{ cm}$

$A = 7.53 \text{ cm}^2$ $G = 5.91 \text{ kg/m}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$$i_x = i_\xi = 2.48$$

$$\text{Bileşke elemanın narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 129.0$$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$20 < \lambda < \lambda_p$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 2.49$$

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 4.89 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.89 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, n = 5

Eleman bağ levhası kalınlığı, t = 10 mm

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, s = 53.3 cm

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narinliği:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 42 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, e = 6.19 cm

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 2.71 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 22.2 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, c = 8 cm

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 88.9 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 15 \text{ cm} \quad a = 3 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 4.5 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 11.25 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 7.9 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 4.94 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 9.32 \text{ kN / cm}^2 < 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

3.7.1.3 Yatay çaprazların başlık elemanlarının boyutlandırılması

Makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 150.0 \text{ cm}$

Çatı düzlemindeki burkulma boyu, $S_{ky} = 1200.0 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvet:

$P = 249.1 \text{ kN}$ (Basınç)

$P = 365.93 \text{ kN}$ (Çekme)

Malzeme: St-52

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 106.3$

Seçilen Üstbaşlık Kesiti: $\frac{1}{2}$ HEA300

½ HEA300 Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 630 \text{ cm}^4 \quad W_x = 51 \text{ cm}^3 \quad i_x = 3.35 \text{ cm}$$

$$I_y = 3155 \text{ cm}^4 \quad W_y = 210 \text{ cm}^3 \quad i_y = 7.49 \text{ cm}$$

$$A = 56.3 \text{ cm}^2 \quad G = 44.2 \text{ kg/m}$$

½ HEB300 Enkesit Boyutları:

$$\text{Başlık genişliği, } b = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Başlık kalınlığı, } t_f = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Enkesit yüksekliği, } h = 145 \text{ mm}$$

$$\text{Gövde kalınlığı, } t_w = 8.5 \text{ mm}$$

$$e_y = 2.21 \text{ cm}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Merkezi basınca çalışan çubukların hesabı (Böl.4.2.)

$$\text{Başlık elemanının düzlem dışı narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 44.8$$

$$\text{Başlık elemanının düzlem içi narinliği: } \lambda_y = \frac{S_k}{i_y} = 160.2$$

$$\lambda_x < \lambda_y \rightarrow \omega_y = 6.57$$

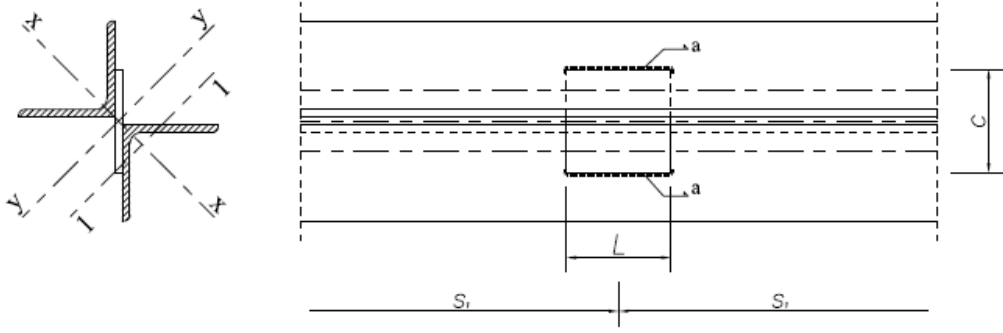
$$\sigma = \omega_y \times \frac{N}{A} = 21.96 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Eksenel kuvvetin çekme olması durumunda,

$$\sigma = \frac{P}{A} = 6.5 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.7.2 Orta aks örgü çaprazlarının boyutlandırılması

Tüm dikme ve diyagonaller ilgili dökümandaki II.Grup basınç elemanı bölümüne göre boyutlandırılmıştır ve tertibi aşağıdaki şekilde gibidir.



Şekil 3.13 : Makas dikme ve diyagonal tertibi

3.7.2.1 Diyagonal çaprazların başlık elemanlarının boyutlandırılması

Makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 250.0 \text{ cm}$

Çatı düzlemindeki burkulma boyu, $S_{ky} = 1000.0 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvet:

$P = 198.71 \text{ kN}$ (Basınç)

$P = 178.52 \text{ kN}$ (Çekme)

Malzeme: St-52

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 106.3$

Seçilen Üstbaşlık Kesiti: $\frac{1}{2}$ HEA280

$\frac{1}{2}$ HEA280 Enkesit Özellikleri:

$I_x = 477 \text{ cm}^4$ $W_x = 42 \text{ cm}^3$ $i_x = 3.13 \text{ cm}$

$I_y = 2383 \text{ cm}^4$ $W_y = 170 \text{ cm}^3$ $i_y = 7.00 \text{ cm}$

$A = 56.3 \text{ cm}^2$ $G = 44.2 \text{ kg/m}$

½ HEA280 Enkesit Boyutları:

Başlık genişliği, $b = 280 \text{ mm}$

Başlık kalınlığı, $t_f = 13 \text{ mm}$

Enkesit yüksekliği, $h = 135 \text{ mm}$

Gövde kalınlığı, $t_w = 8 \text{ mm}$

$e_y = 2.06 \text{ cm}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Merkezi basınca çalışan çubukların hesabı (Böl.4.2.)

Başlık elemanının düzlem dışı narinliği: $\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 79.9$

Başlık elemanının düzlem içi narinliği: $\lambda_y = \frac{S_k}{i_y} = 142.9$

$$\lambda_x < \lambda_y \rightarrow \omega_y = 5.25$$

$$\sigma = \omega_y \times \frac{N}{A} = 15.9 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Eksenel kuvvetin çekme olması durumunda,

$$\sigma = \frac{P}{A} = 3.2 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.7.2.2 Diyagonal çaprazlarının örgü elemanlarının boyutlandırılması

Basınç elemanının makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 320.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 320.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 320.0 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$P = 58.35 \text{ kN}$ (Basınç)

Seçilen çelik malzeme: St 37

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 130.1$

Seçilen Kesit: 2L65.6_10

L65.6 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$e = 1.80 \text{ cm}$ $w = 4.60 \text{ cm}$ $v_1 = 2.55 \text{ cm}$

$i_x = i_y = 1.97 \text{ cm}$ $i_\xi = 2.48 \text{ cm}$ $i_\eta = 1.27 \text{ cm}$

$A = 7.53 \text{ cm}^2$ $G = 5.91 \text{ kg/m}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$$i_x = i_\xi = 2.48$$

$$\text{Bileşke elemanın narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 129.0$$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$20 < \lambda < \lambda_p$$

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 2.49$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 4.89 \text{ kN / cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 0.79 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 5$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 10 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 53.3 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narınlığı:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 42 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 6.51 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 2.71 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 22.2 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 8 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 88.9 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 15 \text{ cm} \quad a = 3 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 4.5 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 11.25 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 7.9 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 4.94 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 9.32 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 11.0 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.7.2.3 Yatay çaprazların başlık elemanlarının boyutlandırılması

Makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{kx} = 150.0 \text{ cm}$

Çatı düzlemindeki burkulma boyu, $S_{ky} = 1200.0 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvet:

$P = 235.0 \text{ kN}$ (Basınç)

$P = 367 \text{ kN}$ (Çekme)

Malzeme: St-52

Akma gerilmesi, $\sigma_a = 36 \text{ kN/cm}^2$

Kopma mukavemeti, $\sigma_B = 51 \text{ kN/cm}^2$

Elastisite modülü, $E = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Plastik narinlik sınırı, $\lambda_p = 106.3$

Seçilen Üstbaşlık Kesiti: $\frac{1}{2}$ HEA360

$\frac{1}{2}$ HEA360 Enkesit Özellikleri:

$I_x = 1268 \text{ cm}^4$ $W_x = 87 \text{ cm}^3$ $i_x = 4.22 \text{ cm}$

$I_y = 3943 \text{ cm}^4$ $W_y = 263 \text{ cm}^3$ $i_y = 7.43 \text{ cm}$

$A = 71.4 \text{ cm}^2$ $G = 56 \text{ kg/m}$

$\frac{1}{2}$ HEB360 Enkesit Boyutları:

Başlık genişliği, $b = 300 \text{ mm}$

Başlık kalınlığı, $t_f = 17.5 \text{ mm}$

Enkesit yüksekliği, $h = 175 \text{ mm}$

Gövde kalınlığı, $t_w = 10 \text{ mm}$

$e_y = 2.87 \text{ cm}$

İMO - 02.R – 01 / 2008 I.Grup Basınç çubuklarının hesabı:

Malzemele eksene dik burkulma hesabı,

$$\text{Başlık elemanının düzlem dışı narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 35.5$$

$$\text{Başlık elemanının düzlem içi narinliği: } \lambda_y = \frac{S_k}{i_y} = 161.5$$

$$\lambda_x < \lambda_y \rightarrow \omega_y = 6.75$$

$$\sigma = \omega_y \times \frac{N}{A} = 22.22 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Eksenel kuvvetin çekme olması durumunda,

$$\sigma = \frac{P}{A} = 5.14 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

3.7.2.4 Yatay çaprazlarının örgü elemanlarının boyutlandırılması

Basınç elemanının makas düzlemindeki burkulma boyu, $S_{k,x} = 250.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının taşıyıcı sistem düzlemine dik burkulma boyu, $S_{k,y} = 250.00 \text{ cm}$

Basınç elemanının hesap burkulma boyu, $S_k = 250.0 \text{ cm}$

Tasarım eksenel yükü:

$$P = 113.3 \text{ kN (Basınç)}$$

Seçilen çelik malzeme: St 37

$$\text{Akma gerilmesi, } \sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Kopma mukavemeti, } \sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Elastisite modülü, } E = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Plastik narinlik sınırı, } \lambda_p = 130.1$$

Seçilen Kesit: 2L65.6_10

L65.6 Enkesit Boyutları ve Enkesit Özellikleri:

$$e = 1.80 \text{ cm} \quad w = 4.60 \text{ cm} \quad v_1 = 2.55 \text{ cm}$$

$$i_x = i_y = 1.97 \text{ cm} \quad i_\xi = 2.48 \text{ cm} \quad i_\eta = 1.27 \text{ cm}$$

$$A = 7.53 \text{ cm}^2 \quad G = 5.91 \text{ kg/m}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (4.2.3.2)

II. Grup Basınç Çubukları (4.2.3.2.2):

$$i_x = i_\xi = 2.48$$

$$\text{Bileşke elemanın narinliği: } \lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 100.8$$

Plastik narinlik sınırı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$20 < \lambda < \lambda_p$$

Bileşke elemanın basınç emniyet gerilmesi:

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 2.34$$

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 7.19 \text{ kN / cm}^2$$

Gerilme kontrolü:

$$\sigma / \sigma_{bem} = (P / 2A) / \sigma_{bem} = 1.0 < 1.0$$

Bağ levhalarının hesabı:

Eleman bağ levhası sayısı, $n = 4$

Eleman bağ levhası kalınlığı, $t = 10 \text{ mm}$

Eleman bağ levhaları arası mesafesi, $s = 50.0 \text{ cm}$

Bağ levhaları arasında kalan bir elemanın narinliği:

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = 39.4 < 50$$

Korniyerlerin ağırlık merkezleri arası mesafesi, $e = 6.51 \text{ cm}$

Bileşke elemana etkiyen itibari kesme kuvveti,

$$Q_i = \frac{A \times 0.6 \times \sigma_a}{40} = 2.71 \text{ kN}$$

Enine bağlantının bir korniyerden diğerine aktaracağı kuvvet,

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 20.8 \text{ kN}$$

Bağ levhası boyu, $c = 8 \text{ cm}$

Bağ levhasına etkiyen moment,

$$M = \frac{T \times c}{2} = 83.3 \text{ kNcm}$$

Gerekli kaynak boyu ve kaynak kalınlığı,

$$l = 15 \text{ cm} \quad a = 3 \text{ mm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_k = l \times a = 4.5 \text{ cm}^2 \quad W_k = \frac{a \times l^2}{6} = 11.25 \text{ cm}^3$$

Kaynakta oluşan normal gerilme, makaslama gerilmesi ve mukayese gerilmesi,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 7.41 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 4.63 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 8.74 \text{ kN / cm}^2 < 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

3.7.3 Kren kotu üzerindeki düşey çaprazların boyutlandırılması

Burkulma boyu, $S_{kx} = S_{ky} = 875.0 \text{ cm}$

Tasarıma esas iç kuvvet:

$P = 98 \text{ kN}$ (Basınç)

$$P = 84 \text{ kN (Çekme)}$$

Malzeme: St-37

$$\text{Akma gerilmesi, } \sigma_a = 24 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Kopma mukavemeti, } \sigma_B = 36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Elastisite modülü, } E = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{Plastik narinlik sınırı, } \lambda_p = 130.15$$

Seçilen Üstbaşlık Kesiti: 2UNP140

UNP140 Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 605 \text{ cm}^4 \quad W_x = 86.4 \text{ cm}^3 \quad i_x = 5.45 \text{ cm}$$

$$I_y = 62.7 \text{ cm}^4 \quad W_y = 14.8 \text{ cm}^3 \quad i_y = 1.75 \text{ cm}$$

$$A = 20.4 \text{ cm}^2 \quad G = 16.0 \text{ kg/m}$$

UNP140 Enkesit Boyutları:

$$\text{Başlık genişliği, } b = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Başlık kalınlığı, } t_f = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Enkesit yüksekliği, } h = 140 \text{ mm}$$

$$\text{Gövde kalınlığı, } t_w = 7 \text{ mm}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Çok parçalı basınç çubuklarının hesabı (Böl.4.2.3.2)

Basınç çubuğunun malzemeli eksen etrafında gerilme kontrolü:

Basınç elemanının narinliği,

$$\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = \frac{895}{5.45} = 164.2$$

$$\omega_x = 4.7$$

$$\sigma = \omega_x \times \frac{P}{2A} = 11.3 \text{ kN/cm}^2 < 1.15 \times 14.1 \text{ kN/cm}^2$$

Basınç çubuğunun malzemesiz eksen etrafında gerilme kontrolü;

$$i_y = \sqrt{1.75^2 + (2 \times 4.25 + 1)^2} = 10.64 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{S_k}{i_y} = 84.12$$

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_\eta} = \frac{100}{1.75} = 57.1$$

$$\lambda_x > 100 \rightarrow \lambda_1 < 0.5 \times \lambda_x = 82.1 \text{ şartı sağlanmaktadır.}$$

$$\lambda_{y,i} = \sqrt{84.12^2 + 2/2 \times (57.14)^2} = 101.84$$

$$\omega_{y,i} = 2.01$$

$$\sigma = \omega_{y,i} \times \frac{P}{2A} = 4.83 \text{ kN / cm}^2 < 1.15 \times 14.1 \text{ kN / cm}^2$$

Eksenel kuvvetin çekme olması durumunda,

$$\sigma = \frac{P}{2A} = 1.53 \text{ kN / cm}^2 < 1.15 \times 14.1 \text{ kN / cm}^2$$

Basınç elemanında kullanılacak bağ levhalarının hesabı,

Seçilen bağ levhası, Lev 10.100.200

$$Q_i = \frac{20.4 \times 2 \times 14.1}{80} = 7.2 \text{ kN}$$

$$\frac{T}{2} \times 5.25 = \frac{7.2 \times 100}{2} \rightarrow T = 137.14 \text{ kN}$$

$$M = \frac{T \times c}{2} = 335.4 \text{ kNcm}$$

Kaynak mukavemet momenti,

$$W_k = \frac{0.5 \times 20^2}{6} = 33.33 \text{ cm}^3$$

Kaynak alanı,

$$A_k = 20 \times 0.5 = 10 \text{ cm}^2$$

Kaynakta oluşan normal, kayma ve mukayese gerilmeleri,

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 10.06 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

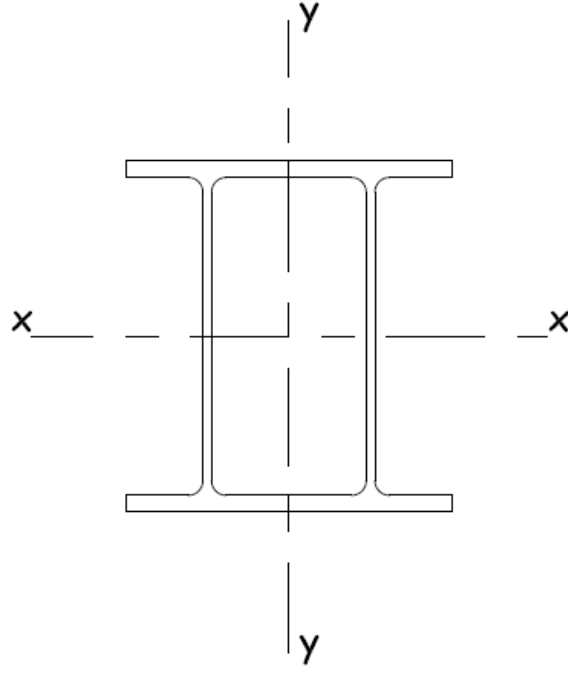
$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 6.86 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2 + \tau_{//}} = 12.182 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 1.15 \times 11.0 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

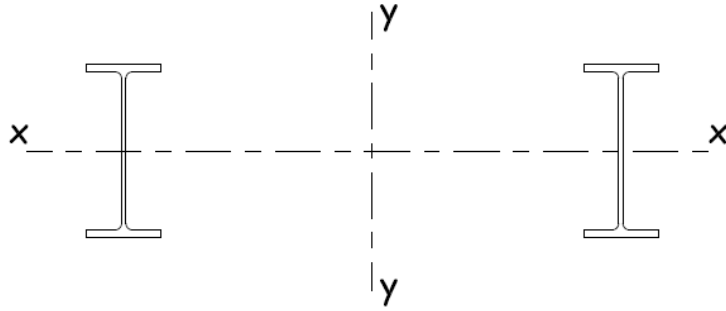
3.8 Çatı Makasının Mesnetlendiği Kolonların Boyutlandırılması

Bu bölümde çatı makasının mesnetlendiği kolonların hesabı Sap2000 programı yardımıyla yapılmıştır. Bunun için öncelikle örgü kolonlara ait burkulma boyu katsayısı (K) “AISE Technical Report No:13 2003” ’te bulunan tablolar yardımı ile hesap edilmiş ve ayrıca yapısal sisteme ait çerçeve Sap2000 de modellenmiş, çerçeveye ait burkulma yükü analizi yapılmıştır. Böylelikle iki farklı yöntem kullanılarak kolon grubuna ait burkulma boyu katsayılarının kontrolü yapılmıştır. Devamında orta ve kenar kolon grupları yine Sap2000 de modellenerek gerilme kontrolleri yapılmıştır. Ancak hesapta daha güvenli tarafta kalmak için, sistemin burkulma katsayısı olarak daha büyük olan örgü kolona ait burkulma katsayısı, sistemin serbest boyu olarakta tüm boy alınmıştır.

3.8.1 Çatı makasının mesnetlendiği kenar kolonların boyutlandırılması

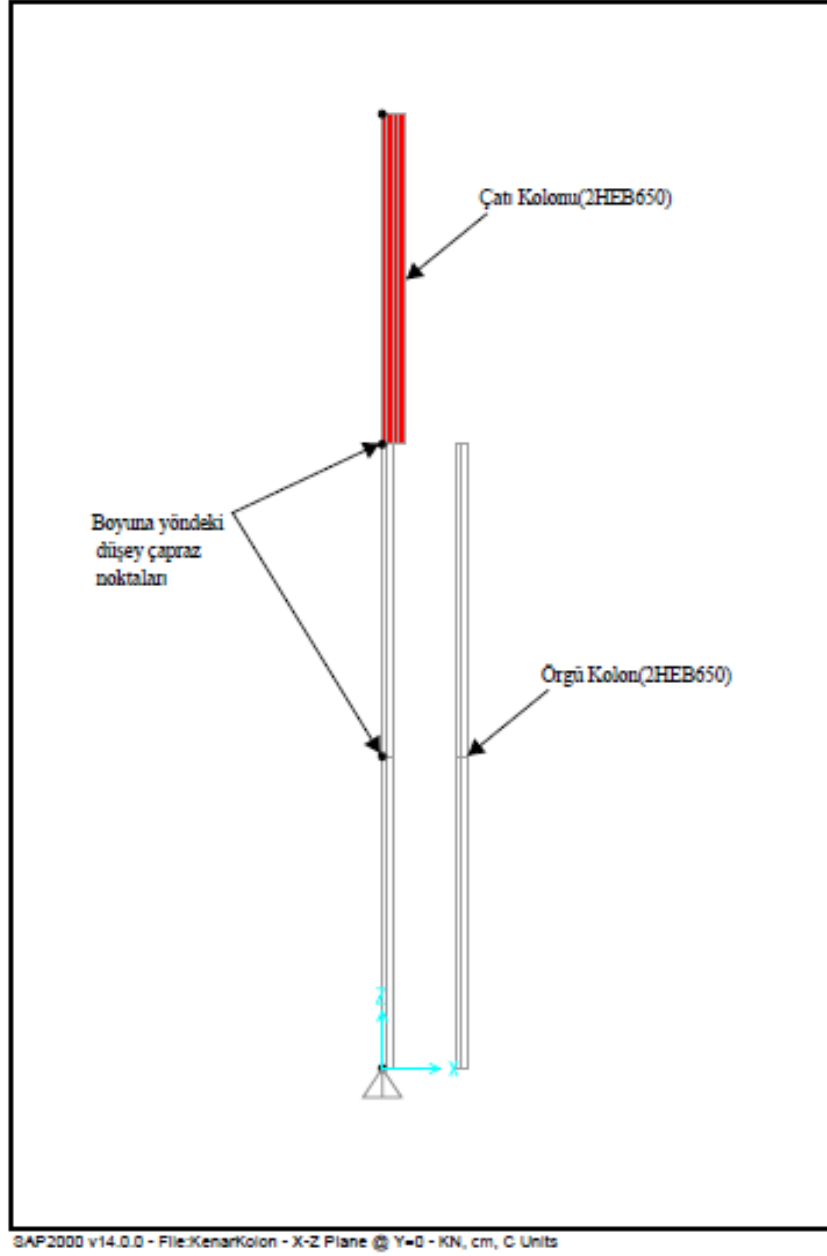


Şekil 3.14 : Kenar çatı kolon kesiti(2HEB650)



Şekil 3.15 : Kenar örgü kolon kesiti

SAP2000



Şekil 3.16 : Kenar kolon grubu Sap2000 modeli

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS						
Location	P	M33	M22	V2	V3	T
900.000	-220.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO						
Governing Equation (H1-1)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0.334	= 0.334	+ 0.000	+ 0.000	0.950	OK
AXIAL FORCE DESIGN						
	P Force	fa Stress	Fa Allowable	Ft Allowable		
Axial	-220.000	0.385	1.151	21.600		
MOMENT DESIGN						
	M Moment	fb Stress	Fb Allowable	Fe Allowable	Cm Factor	K Factor
Major Moment	0.000	0.000	21.600	98.306	1.000	1.000
Minor Moment	0.000	0.000	21.600	1.151	1.000	1.950
SHEAR DESIGN						
	V Force	fv Stress	Fv Allowable	Stress Ratio	Status Check	T Torsion
Major Shear	0.000	0.000	14.400	0.000	OK	0.000
Minor Shear	0.000	0.000	14.400	0.000	OK	0.000

1.95 değeri AISE de hesap edilen değeri.

2.89 değeri ise daha elverişsiz durumu göz önüne almak için sistemin toplam boyunu alan bir sayı.

Şekil 3.17 : Sap2000 dizayn sonucu

AISE Technical Report No.13 'e göre

Örgü Kolon Grubuna Ait Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 421000 \text{ cm}^4 \quad i_x = 27.13 \text{ cm}$$

$$I_y = 5747960 \text{ cm}^4 \quad i_y = 100.24 \text{ cm} \quad F = 572 \text{ cm}^2$$

Çatı Kolonuna Ait Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 633152 \text{ cm}^4 \quad i_x = 31.86 \text{ cm}$$

$$I_y = 435324 \text{ cm}^4 \quad i_y = 26.41 \text{ cm} \quad F = 624 \text{ cm}^2$$

$$a_r = \frac{9}{26} = 0.35$$

$$B = \frac{5747960}{156660} = 3670$$

$$P_1 / P_2 = \frac{220}{3865} \cong 0.10$$

$$K_L = 1.95 \quad (\text{Tablo 7.1})$$

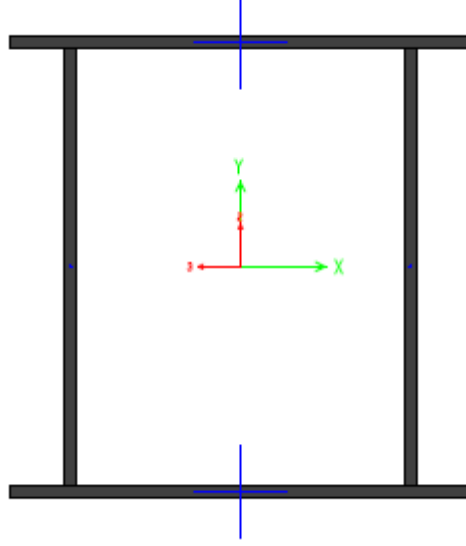
a_r : kren kotu ile çatı kotu arasındaki farkın çatı kotuna oranı veren bir değişken.

B: Örgü kolonu malzemesiz eksen etrafındaki atalet momentinin çatıyı tutan kolonun atalet momentine oranını veren bir değişken.

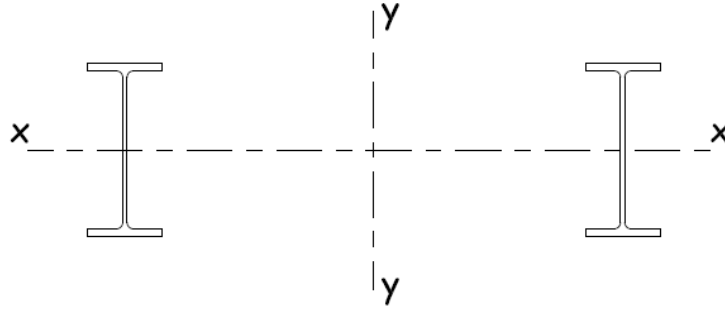
P_1, P_2 sırasıyla çatı seviyesine etkiyen düşey yük ve kren seviyesinde etkiyen düşey yük.

K_L Örgü kolona ait burkulma boyu katsayısı.

3.8.2 Çatı makasının mesnetlendiği orta kolonların boyutlandırılması

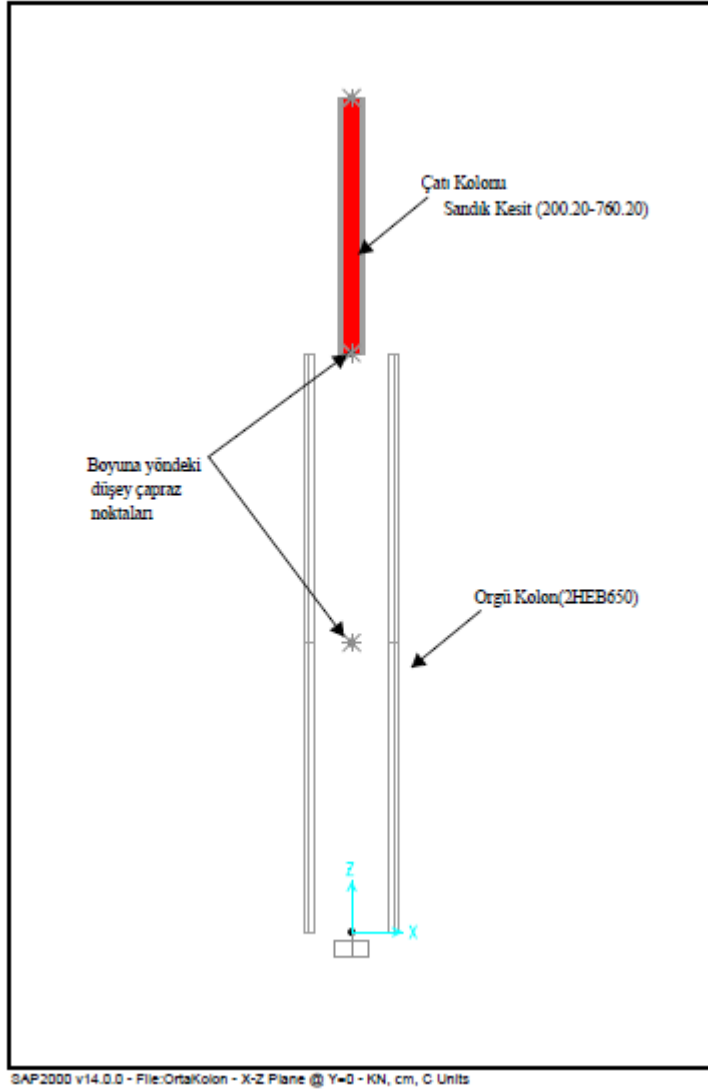


Şekil 3.18 : Orta çatı kolon kesiti(200.20-760.20)



Şekil 3.19 : Orta örgü kolon kesiti

SAP2000



Şekil 3.20 : Orta kolon grubu Sap2000 modeli

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS								
Location	P	M33	M22	V2	V3	T		
375.000	-865.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO								
Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check		
(H1-1)	0.818	= 0.818	+ 0.000	+ 0.000	0.950	OK		
AXIAL FORCE DESIGN								
	P Force	fa Stress	Fa Allowable	Ft Allowable				
Axial	-865.000	1.386	1.695	21.600				
MOMENT DESIGN								
	M Moment	fb Stress	Fb Allowable	Fe Allowable	Cm Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	0.000	0.000	21.600	195.062	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Moment	0.000	0.000	21.600	1.695	1.000	2.720	3.270	
SHEAR DESIGN								
	V Force	fv Stress	Fv Allowable	Stress Ratio	Status Check	T Torsion		
Major Shear	0.000	0.000	14.400	0.000	OK	0.000		
Minor Shear	0.000	0.000	14.400	0.000	OK	0.000		

Şekil 3.21 : Sap2000 dizayn sonucu

AISE Technical Report No.13 'e göre

Örgü Kolon Grubuna Ait Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 718200 \text{ cm}^4 \quad i_x = 32.79 \text{ cm}$$

$$I_y = 10467300 \text{ cm}^4 \quad i_y = 125.18 \text{ cm} \quad F = 688 \text{ cm}^2$$

Çatı Kolonuna Ait Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 633152 \text{ cm}^4 \quad i_x = 31.86 \text{ cm}$$

$$I_y = 435324 \text{ cm}^4 \quad i_y = 26.41 \text{ cm} \quad F = 624 \text{ cm}^2$$

$$a_r = \frac{9}{26} = 0.35$$

$$B = \frac{10467300}{180100} = 58.12$$

$$P_1 / P_2 = \frac{865}{5995} \cong 0.15$$

$$K_L = 2.73 \text{ (Tablo 7.1)}$$

a_r : kren kotu ile çatı kotu arasındaki farkın çatı kotuna oranı veren bir değişken.

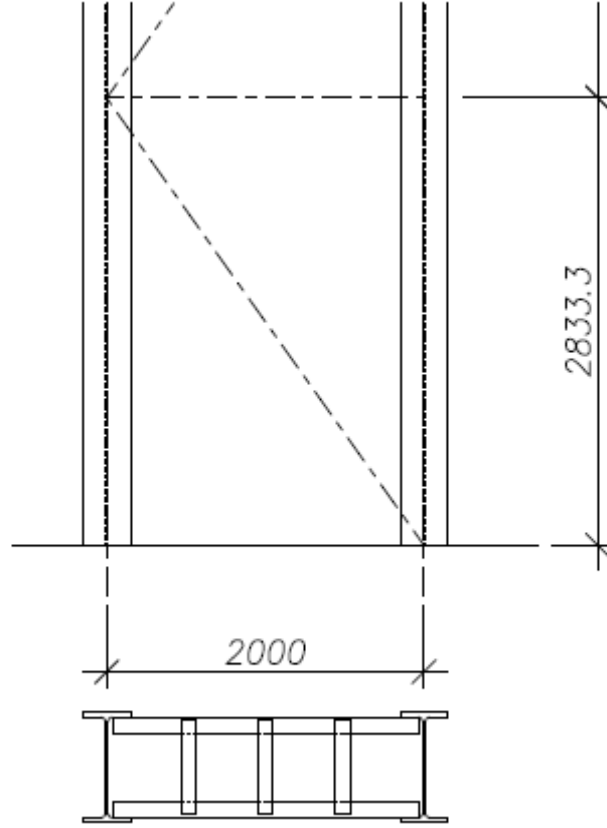
B: Örgü kolonu malzemesiz eksen etrafındaki atalet momentinin çatıyı tutan kolonun atalet momentine oranını veren bir değişken.

P_1, P_2 sırasıyla çatı seviyesine etkiyen düşey yük ve kren seviyesinde etkiyen düşey yük.

K_L Örgü kolona ait burkulma boyu katsayısı.

3.9 Kenar Örgü Kolonların Boyutlandırılması

3.9.1 Kenar örgü kolon düşey elemanlarının boyutlandırılması



Şekil 3.22 : Örgü kolon kesiti

Kolon boyu, $Sk=1700.00$ cm

Kolonun örgü düzlemindeki burkulma boyu, $Sky = 283.33$ cm

Kolon örgü düzlemine dik burkulma boyu, $Skx = 850.00$ cm

İMO – 02. R – 01 / 2008 Bölüm 4.5. 'e göre:

Tasarıma esas iç kuvvetler:

$P = 3731.00$ kN (Basınç)

$M = 1417.00$ kNcm

$V = 7.00$

Malzeme: St-52

Seçilen Örgü Kolon Kesiti: HEB650

HEB650 Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 210600 \text{ cm}^4 W_x = 6480 \text{ cm}^3 i_x = 27.10 \text{ cm}$$

$$I_y = 13980 \text{ cm}^4 W_y = 902 \text{ cm}^3 i_y = 6.99 \text{ cm}$$

$$A = 286 \text{ cm}^2 i_y b = 6.115 \text{ cm} G = 225 \text{ kg/m}$$

HEB650 Enkesit Boyutları:

$$\text{Başlık genişliği: } b = 300 \text{ mm} \text{Başlık kalınlığı: } t_f = 31 \text{ mm}$$

$$\text{Enkesit yüksekliği: } h = 650 \text{ mm} \text{Gövde kalınlığı: } t_w = 16 \text{ mm}$$

Yerel burkulmanın önlenmesi amacıyla D.B.Y.B.H.Y.'te uyulması gereken enkesit koşulları (Tablo4.3)

$$\frac{b}{2t} = 4.84 < 0.5 \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a}} = 12.08$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çelik Kesitin Sınıflandırılması (Tablo 3.2b)

$$\frac{b}{2t} = 4.84 < \frac{54}{\sqrt{\sigma_a}} = 9.00 \rightarrow \text{Kesit Kompakttır.}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Eksenel Basınç İle Momentin Aynı Anda Etkimesi durumunda Çubuk kesitinde Gerilme Kontrolü (Bölüm 4.5.)

Basınç emniyet gerilmesi (σ_{bem}) hesabı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 31.7 \rightarrow \omega_x = 1.16$$

$$20 < \lambda < \lambda_p$$

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 1.85$$

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 18.62 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\lambda_y = \frac{S_k}{i_y} = 40.53 \rightarrow \omega_x = 1.26$$

$$20 < \lambda < \lambda_p$$

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 1.95$$

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 17.15 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{bem} = maks(\sigma_{bem,x}; \sigma_{bem,y}) = 18.62 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Eğilme emniyet gerilmesi (Bölüm 4.3.1.)

$$L_b = 850.00 \text{ cm}$$

$$L_{c,1} = \frac{63 \times b}{\sqrt{\sigma_a}} = 315.00 \text{ cm}$$

$$L_{c,2} = \frac{13790 \times t \times b}{h \times \sqrt{\sigma_a}} = 574.58 \text{ cm}$$

$$L = \min(L_{c,1}; L_{c,2}) = 315.00 \text{ cm}$$

$L_b > L_c$ olduğu için eğilme emniyet gerilmesi Bölüm 4.3.1.3. 'e göre hesap edilecektir.

$$\frac{l}{i_{yb}} = 139.01$$

$$C_b = 1.0$$

$$\frac{l}{i_{yb}} > \sqrt{\frac{35857 \times C_b}{\sigma_a}} = 98.83$$

$$\sigma_{Bx,1} = \frac{117211 \times C_b}{\left(\frac{l}{i_{yb}} \right)^2} = 6.07 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 21.60 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{Bx,2} = \frac{8274 \times C_b}{l \times d \times A_b} = 13.93 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 21.60 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = maks[\sigma_{Bx,1}; \sigma_{Bx,2}] = 13.93 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{By} = 0.75 \times \sigma_a = 27 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{eb} = 1.26 \times \frac{3824.5}{286} = 16.44 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = 0.96 > 0.15 \text{ olduğu içine (4.125) ve (4.126) formülleri sağlanmalı.}$$

$$C_{mx} = C_{my} = 0.85$$

$$\sigma_{bx} = 0.00$$

$$\sigma_{by} = \frac{M}{W_y} = 1.57 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{ex}' = \frac{81302}{(K \times S_x / i_x)^2} = 82.64 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{ey}' = \frac{81302}{(K \times S_y / i_y)^2} = 49.49 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} \right) + \left(\frac{C_{mx} \times \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}'}{\sigma_{ex}'} \right) \sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{C_{my} \times \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}'}{\sigma_{ey}'} \right) \sigma_{By}} \right) = 1.03 < 1.15$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{0.6 \times \sigma_a} \right) + \left(\frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \right) = 0.82 < 1.00$$

3.9.2 Kenar örgü kolon örgü elemanlarının boyutlandırılması

Örgü boyu, Sk=350.00 cm

Tasarıma esas iç kuvvetler:

P = 705.00 kN (Basınç)

Malzeme: St-37

Seçilen Örgü Kesiti: UNP200

UNP200 Enkesit Özellikleri:

Ix = 1910 cm⁴ Wx = 191 cm³ ix = 7.70 cm

$$I_y = 148 \text{ cm}^4 W_y = 27 \text{ cm}^3 i_y = 2.14 \text{ cm}$$

$$A = 32 \text{ cm}^2$$

UNP200 Enkesit Boyutları:

$$\text{Başlık genişliği: } b = 75 \text{ mm} \text{Başlık kalınlığı: } t_f = 11.50 \text{ mm}$$

$$\text{Enkesit yüksekliği: } h = 200 \text{ mm} \text{Gövde kalınlığı: } t_w = 6.00 \text{ mm}$$

Yerel burkulmanın önlenmesi amacıyla D.B.Y.B.H.Y.'te uyulması gereken enkesit koşulları (Tablo4.3)

$$\frac{b}{t_w} = 17.39 < 1.33 \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a} \left(2.1 - \frac{N}{\sigma_a \times A} \right)} = 48.91$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (Bölüm 4.2.3.2.)

I.Grup Basınç Çubukları (Bölüm 4.2.3.2.1.)

Malzemeli eksen düzlemine dik burkulmad:

$$S_x = 350.00 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 45.46$$

$$\omega_x = 1.22$$

$$\sigma = \omega_x \times \frac{705}{2 \times A} = 13.44 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 14.4 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Malzemesiz eksen düzlemine dik burkulma:

$$e = 59.58 \text{ cm}$$

$$S_1 = 87.5 \text{ cm}$$

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_1} = 40.89 < 50$$

$$i_y = \sqrt{i_1^2 + (e/2)^2} = 29.87 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} \cong 11.71$$

$$i_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2}(\lambda_y)^2} = 32.09$$

$$\omega_y = 1.13$$

$$\sigma = \omega_y \times \frac{N}{2 \times A} = 12.44 \text{ kN / cm}^2 < 14.4 \text{ kN / cm}^2$$

Bağ levhası kaynak dikişlerinin gerilme kontrolü

Seçilen bağ levhası: PL10.200...500

$e > 20 \times i_1$ olduğu için,

$$Q_i = \frac{A \times \sigma_{\text{çem}}}{80} \left[1.0 + 0.05 \times \left(\frac{e}{i_1} - 20 \right) \right] = 16.14 \text{ kN}$$

$$T = \frac{Q_i \times s_1}{e} = 23.70 \text{ kN}$$

$$M = \frac{T \times c}{2} = 600.56 \text{ kNcm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 8.04 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 1.18 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_k + \tau_{//}} = 8.13 \text{ kN / cm}^2 < 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

3.10 Orta Örgü Kolonlarının Boyutlandırılması

3.10.1 Orta örgü kolon düşey elemanlarının boyutlandırılması

Kolon boyu, $S_k = 1850.00 \text{ cm}$

Kolonun örgü düzlemindeki burkulma boyu, $S_{ky} = 308.33 \text{ cm}$

Kolon örgü düzlemine dik burkulma boyu, $S_{kx} = 925.00 \text{ cm}$

İMO – 02. R – 01 / 2008 Bölüm 4.5. ‘e göre:

Tasarıma esas iç kuvvetler:

$P = 4102.8 \text{ kN}$ (Basınç)

$$M = 508.1 \text{ kNcm}$$

$$V = 13.00$$

Malzeme: St-52

Seçilen Örgü Kolon Kesiti: HEB800

HEB800 Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 359100 \text{ cm}^4 \quad W_x = 8980 \text{ cm}^3 \quad i_x = 32.80 \text{ cm}$$

$$I_y = 14900 \text{ cm}^4 \quad W_y = 994 \text{ cm}^3 \quad i_y = 6.68 \text{ cm}$$

$$A = 334 \text{ cm}^2 \quad i_{yb} = 5.726 \text{ cm} \quad G = 262 \text{ kg/m}$$

HEB800 Enkesit Boyutları:

$$\text{Başlık genişliği: } b = 300 \text{ mm} \quad \text{Başlık kalınlığı: } t_f = 33 \text{ mm}$$

$$\text{Enkesit yüksekliği: } h = 800 \text{ mm} \quad \text{Gövde kalınlığı: } t_w = 17.5 \text{ mm}$$

Yerel burkulmanın önlenmesi amacıyla D.B.Y.B.H.Y.'te uyulması gereken enkesit koşulları (Tablo4.3)

$$\frac{b}{2t} = 4.55 < 0.5 \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a}} = 12.08$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çelik Kesitinin Sınıflandırılması (Tablo 3.2b)

$$\frac{b}{2t} = 4.55 < \frac{54}{\sqrt{\sigma_a}} = 9.00 \rightarrow \text{Kesit Kompakttır.}$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Eksenel Basınç İle Momentin Aynı Anda Etkimesi durumunda Çubuk kesitinde Gerilme Kontrolü (Bölüm 4.5.)

Basınç emniyet gerilmesi (σ_{bem}) hesabı:

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 106.27$$

$$\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 28.2$$

$$\omega_x = 1.13$$

$$20 < \lambda < \lambda_p$$

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 1.815$$

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 19.14 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = 46.15$$

$$\omega_x = 1.33$$

$$20 < \lambda < \lambda_p$$

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 2.005$$

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 16.302 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{bem} = \min(\sigma_{bem,x}; \sigma_{bem,y}) = 16.302 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Eğilme emniyet gerilmesi (Bölüm 4.3.1.)

$$L_b = 850.00 \text{ cm}$$

$$L_{c,1} = \frac{63 \times b}{\sqrt{\sigma_a}} = 315.00 \text{ cm}$$

$$L_{c,2} = \frac{13790 \times t \times b}{h \times \sqrt{\sigma_a}} = 474.03 \text{ cm}$$

$$L = \min(L_{c,1}; L_{c,2}) = 315.00 \text{ cm}$$

$L_b > L_c$ olduğu için eğilme emniyet gerilmesi Bölüm 4.3.1.3. 'e göre hesap edilecektir.

$$\frac{l}{i_{yb}} = 148.44$$

$$C_b = 1.0$$

$$\frac{l}{i_{yb}} > \sqrt{\frac{35857 \times C_b}{\sigma_a}}$$

$$\sigma_{Bx,1} = \frac{117211 \times C_b}{\left(\frac{l}{i_{yb}}\right)^2} = 5.32 \text{ kN/cm}^2 < 21.60 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx,2} = \frac{8274 \times C_b}{l \times d \times A_b} = 13.93 \text{ kN/cm}^2 < 21.60 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{Bx} = \max[\sigma_{Bx,1}; \sigma_{Bx,2}] = 12.05 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{By} = 0.75 \times \sigma_a = 27 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{eb} = \frac{4102.8}{334} = 12.28 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = 0.75 > 0.15 \text{ olduğu için (4.125) ve (4.126) formülleri sağlanmalı.}$$

$$C_{mx} = C_{my} = 0.85 \text{ (4.131a)}$$

$$\sigma_{bx} = 0.00$$

$$\sigma_{by} = \frac{M}{W_y} = 0.51 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{ex}' = \frac{81302}{(K \times S_x / i_x)^2} = 102.23 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{ey}' = \frac{81302}{(K \times S_y / i_y)^2} = 38.16 \text{ kN/cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}}\right) + \left(\frac{C_{mx} \times \sigma_{bx}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ex}'}\right) \sigma_{Bx}}\right) + \left(\frac{C_{my} \times \sigma_{by}}{\left(1 - \frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{ey}'}\right) \sigma_{By}}\right) = 0.78 < 1.15$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{0.6 \times \sigma_a}\right) + \left(\frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}}\right) + \left(\frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}}\right) = 0.59 < 1.00$$

3.10.2 Orta örgü kolon örgü elemanlarının boyutlandırılması

Örgü boyu, $S_k=400.00$ cm

Tasarıma esas iç kuvvetler:

$P = 450.00$ kN (Basınç)

Malzeme: St-37

Seçilen Örgü Kesiti: UNP200

UNP200 Enkesit Özellikleri:

$I_x = 1910$ cm⁴ $W_x = 191$ cm³ $i_x = 7.70$ cm

$I_y = 148$ cm⁴ $W_y = 27$ cm³ $i_y = 2.14$ cm

$A = 32$ cm²

UNP200 Enkesit Boyutları:

Başlık genişliği: $b = 75$ mm Başlık kalınlığı: $t_f = 11.50$ mm

Enkesit yüksekliği: $h = 200$ mm Gövde kalınlığı: $t_w = 6.00$ mm

Yerel burkulmanın önlenmesi amacıyla D.B.Y.B.H.Y.'te uyulması gereken enkesit koşulları (Tablo4.3)

$$\frac{h}{t_w} = 17.39 < 1.33 \sqrt{\frac{E_s}{\sigma_a}} \left(2.1 - \frac{N}{\sigma_a \times A} \right) = 48.91$$

İMO - 02.R – 01 / 2008 Uyarınca Çok Parçalı Basınç Çubuklarının Hesabı (Bölüm 4.2.3.2.)

I.Grup Basınç Çubukları (Bölüm 4.2.3.2.1.)

Malzemeli eksen düzlemine dik burkulmad:

$S_x=400.00$ cm

$$\lambda_x = \frac{S_k}{i_x} = 51.95$$

$$\omega_x = 1.23$$

$$\sigma = \omega_x \times \frac{P}{2A} = 8.95 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 14.4 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Malzemesiz eksen düzlemine dik burkulma:

$$e = 69.38 \text{ cm}$$

$$S_1 = 100.00 \text{ cm}$$

$$\lambda_1 = \frac{S_1}{i_1} = 46.73$$

$$i_y = \sqrt{i_1^2 + (e/2)^2} = 34.72 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{S_{ky}}{i_y} = 15.98$$

$$\lambda_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2} = 49.39$$

$$\omega_y = 1.22$$

$$\sigma_y = \omega_y \times \frac{N}{2A} = 8.58 \text{ kN / cm}^2 < 14.4 \text{ kN / cm}^2$$

Bağ levhası kaynak dikişlerinin gerilme kontrolü

Seçilen bağ levhası: PL10.300...650

$e > 20 \times i_1$ olduğu için,

$$Q_i = \frac{A \times \sigma_{cem}}{80} \left[1.0 + 0.05 \times \left(\frac{e}{i_1} - 20 \right) \right] = 18.65 \text{ kN}$$

$$T_1 = \frac{Q_i \times S_1}{e} = 26.92 \text{ kN}$$

$$M = \frac{T_1 \times c}{2} = 874.77 \text{ kNcm}$$

$$\tau_{//} = \frac{T}{A_k} = 1.28 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma = \frac{M}{W_k} = 8.04 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_2^2 + \tau_{//}^2} = 8.42 \text{ kN / cm}^2 < 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

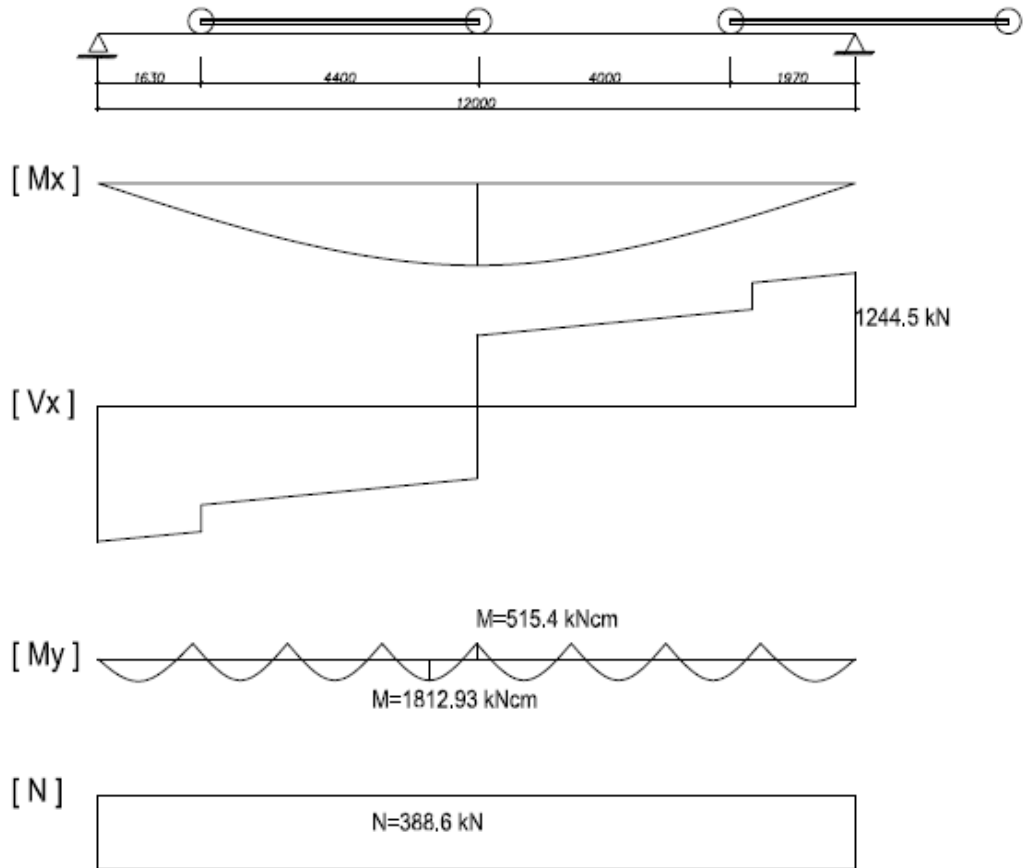
3.11 Kren Kirişlerinin Boyutlandırılması

Bu bölümde Bölüm 1.3.2 de verilen kren kirişlerinin tasarımı yapılacaktır. Yapıda her bir gözde 2 adet olmak üzere toplamda 4 adet kren bulunmaktadır.

Kren kiriş açıklıkları 12.00 m olarak boyutlandırılacaktır.

Kren Grubu II (DIN120 - Tablo 1), Ψ Denk katsayısı Grup II için 1,4 'tür. (DIN120 - Tablo 5), ϕ Vurma katsayısı 1,1 ' dir. (DIN120 - Tablo 5) olarak alınmıştır.

3.11.1 45/15/5 Kren kirişi boyutlandırılması



Şekil 3.23 : 45/15/5 Kreni iç kuvvetleri

Kren Kirişı Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 2199505 \text{ cm}^4 \quad W_x = 24304 \text{ cm}^3 \quad i_x = 72.87 \text{ cm}$$

$$I_y = 21463 \text{ cm}^4 \quad W_y = 1226.44 \text{ cm}^3 \quad i_y = 7.15 \text{ cm}$$

$$A = 420 \text{ cm}^2 \quad G = 329.7 \text{ kg/m}$$

Kren Kirişı Enkesit Boyutları:

$$\text{Başlık genişliği, } b = 350 \text{ mm}$$

$$\text{Başlık kalınlığı, } t_f = 30 \text{ mm}$$

$$\text{Enkesit yüksekliği, } h = 1810 \text{ mm}$$

$$\text{Gövde kalınlığı, } t_w = 12 \text{ mm}$$

Genel gerilme tahkiki(H):

$$\sigma = \frac{305580}{24304} = 12.57 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 14.4 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

N+Mx+My Durumunda Gerilme Tahkiki(Hz):

$$\lambda_x = \frac{S_x}{i_x} \cong 16.58$$

$$\lambda_y = \frac{S_y}{i_y} \cong 21.00$$

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$20 < \lambda < \lambda_p$$

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 1.69$$

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 14.02 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Eğilme emniyeti gerilme hesabı,

$$\frac{h}{t_g} = \frac{175}{1.2} = 145 < 631\sqrt{0.66 \times \sigma_a} = 158.4 \text{ Bölüm 4.3.1'e göre hesap yapılacaktır.}$$

$$L_b = 20.00 \text{ cm}$$

$$L_{c,1} = \frac{63 \times b}{\sqrt{\sigma_a}} = 450.1 \text{ cm}$$

$$L_{c,2} = \frac{13790 \times t \times b}{h \times \sqrt{\sigma_a}} = 333.32 \text{ cm}$$

$$L = \min(L_{c,1}; L_{c,2}) = 333.32 \text{ cm}$$

$$L_b < L_c \rightarrow \sigma_{Bx} = 0.66\sigma_a = 15.84 \text{ kN / cm}$$

$$\rightarrow \sigma_{By} = 0.75\sigma_a = 18.00 \text{ kN / cm}$$

Basınç gerilmesi,

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{A} = 0.93 \text{ kN / cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = 0.07 < 0.15$$

Eğilme gerilmesi,

$$\sigma_{bx} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{302668}{24304} = 12.45 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_{by} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1812.93}{1226.44} = 1.48 \text{ kN / cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} \right) + \left(\frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \right) = 0.94 < 1.00$$

Sehim,

$$f = 1.09 < \frac{L}{1000} = 1.2 \text{ cm}$$

Kayma emniyet gerilmesi,

$$\frac{h}{t_g} = \frac{175}{1.2} = 145 < 316 / \sqrt{\sigma_a} = 64.5$$

$$\frac{a}{h} = \frac{150}{175} = 0.86 < 1.0$$

$$k_v = 4.0 + 5.34 / \left(\frac{a}{h} \right)^2 = 11.22$$

$$C_v = \frac{31026 \times k_v}{\sigma_a (h/t_g)^2} = 0.69 \rightarrow C_v < 0.8$$

$$\tau_{em} = \frac{\sigma_a}{2.89} C_v = 5.73 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 0.4 \sigma_a$$

$$\tau = \frac{1244.15}{175 \times 1.2} = 5.93 \text{ kN} / \text{cm}^2 > \tau_{em}$$

Enine takviye gerekir.

Enine takviyeler,

$$Y=1.0$$

$$D=1.0$$

$$A_t = \frac{1-C_v}{2} \left[\frac{a}{h} - \frac{\left(\frac{a}{h} \right)^2}{\sqrt{1+\left(\frac{a}{h} \right)^2}} \right] Y.D.h.t = 4.4 \text{ cm}^2$$

$$I_t > \left(\frac{h}{50} \right)^4 = 150.06 \text{ cm}^4$$

Seçilen enine takviye kesiti, 2UNP120

Gövde levhasının buruşma tahkiki(DIN4114'e göre)

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{278701}{24304} = 11.47 \text{ kN} / \text{cm}^2 \rightarrow \psi = -1$$

$$\tau = \frac{287}{175 \times 1.2} = 1.37 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\alpha = \frac{175}{200} = 0.875$$

$$\alpha < \frac{2}{3} \rightarrow k_{\sigma} = 23.9$$

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} (t/b)^2 = 0.89 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \sigma_{1,ki} = k_{\sigma} \sigma_e = 21.27 \text{ kN/cm}^2$$

$$\alpha < 1 \quad k_{\tau} = 4.0 + \frac{5.34}{\alpha^2} = 10.97$$

$$\tau_{1,ki} = k_{\tau} \sigma_e = 9.77 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{V,ki} = \frac{\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}}{\frac{1+\psi}{4} \frac{\sigma}{\sigma_{1,ki}} \sqrt{\left(\frac{3-\psi}{4} \frac{\sigma}{\sigma_{1,ki}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{1,ki}}\right)^2}} = 21.02 \text{ kN/cm}^2$$

St-37 için orantılılık sınırı

$$\sigma_p = 19.2 \text{ kN/cm}^2$$

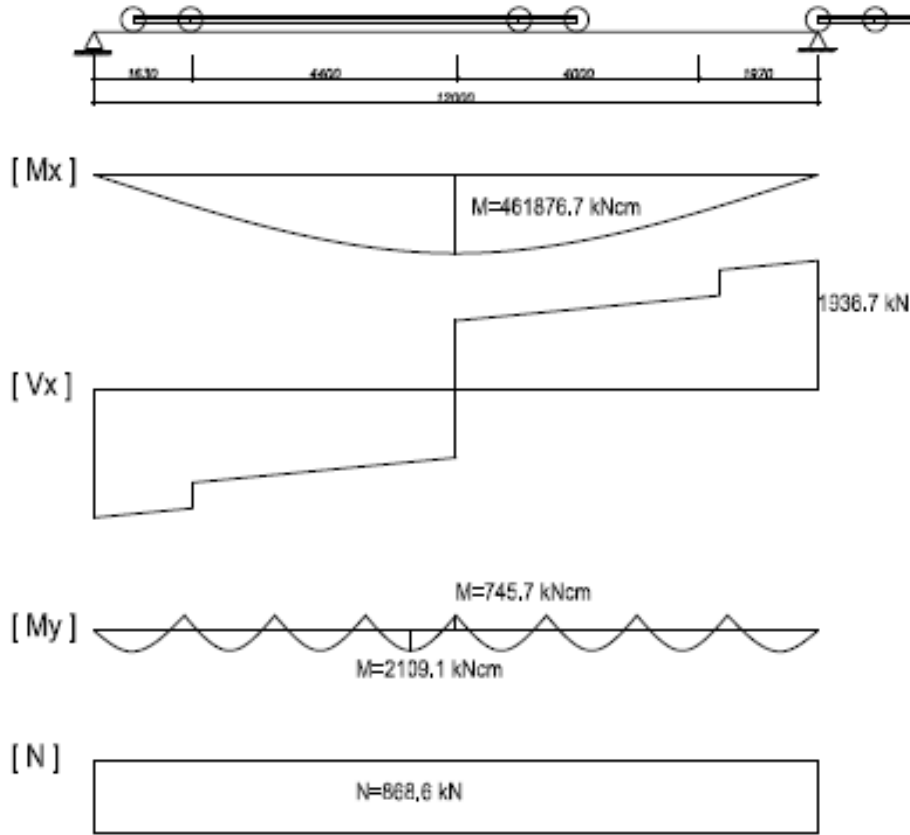
Tablo-7 den

$$\sigma_{V,k} = 20.36 \text{ kN/cm}^2$$

$$\nu_{ki} = 2.73$$

$$\nu_B = \frac{20.36}{\sqrt{11.47^2 + 3 \times 1.37^2}} = 1.74$$

3.11.2 100/40 Kren kirişi boyutlandırılması



Şekil 3.24 : 100/40 Kreni iç kuvvetleri

Kren Kirişi Enkesit Özellikleri:

$$I_x = 2876756.3 \text{ cm}^4 \quad W_x = 36273.5 \text{ cm}^3 \quad i_x = 72.92 \text{ cm}$$

$$I_y = 28632.27 \text{ cm}^4 \quad W_y = 2542.9 \text{ cm}^3 \quad i_y = 7.27 \text{ cm}$$

$$A = 541 \text{ cm}^2 \quad G = 424.7 \text{ kg/m}$$

Kren Kirişi Enkesit Boyutları:

Başlık genişliği, $b = 350 \text{ mm}$

Başlık kalınlığı, $t_f = 40 \text{ mm}$

Enkesit yüksekliği, $h = 1810 \text{ mm}$

Gövde kalınlığı, $t_w = 15 \text{ mm}$

Genel gerilme tahkiki(H):

$$\sigma = \frac{461876.7}{36273.5} = 12.73 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 14.4 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

N+Mx+My Durumunda Gerilme Tahkiki(Hz):

$$\lambda_x = \frac{S_x}{i_x} = \frac{1200}{72.92} = 16.47$$

$$\lambda_y = \frac{S_y}{i_y} = \frac{150}{7.27} = 20.63$$

$$\lambda_p = \frac{637.6}{\sqrt{\sigma_a}} = 130.1$$

$$20 < \lambda < \lambda_p$$

$$n = 1.5 + 1.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right) - 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{\lambda_p} \right)^3 = 1.69$$

$$\sigma_{bem} = \frac{[1.0 - 0.5 \times (\lambda / \lambda_p)^2]}{n} \times \sigma_a = 14.02 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Eğilme emniyeti gerilme hesabı,

$$\frac{h}{t_g} = \frac{173}{1.5} = 115.33 < 631 \sqrt{0.66 \times \sigma_a} = 158.4 \text{ Bölüm 4.3.1'e göre hesap yapılacaktır.}$$

$$L_b = 200.00 \text{ cm}$$

$$L_{c,1} = \frac{63 \times b}{\sqrt{\sigma_a}} = 450.1 \text{ cm}$$

$$L_{c,2} = \frac{13790 \times t \times b}{h \times \sqrt{\sigma_a}} = 444.43 \text{ cm}$$

$$L = \min(L_{c,1}; L_{c,2}) = 444.43 \text{ cm}$$

$$L_b < L_c \rightarrow \sigma_{Bx} = 0.66\sigma_a = 15.84 \text{ kN/cm}$$

$$\rightarrow \sigma_{By} = 0.75\sigma_a = 18.00 \text{ kN/cm}$$

Basınç gerilmesi,

$$\sigma_{eb} = \frac{N}{A} = 1.60 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} = 0.11 < 0.15$$

Eğilme gerilmesi,

$$\sigma_{bx} = \frac{M_x}{W_x} = \frac{461876.7}{36273.5} = 12.57 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{by} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2109.5}{1636.13} = 1.29 \text{ kN/cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{eb}}{\sigma_{bem}} \right) + \left(\frac{\sigma_{bx}}{\sigma_{Bx}} \right) + \left(\frac{\sigma_{by}}{\sigma_{By}} \right) = 0.97 < 1.00$$

Sehim,

$$f = 1.12 < \frac{L}{1000} = 1.2 \text{ cm}$$

Kayma emniyet gerilmesi,

$$\frac{h}{t_g} = \frac{173}{1.5} = 115.33 < 316 / \sqrt{\sigma_a} = 64.5$$

$$\frac{a}{h} = \frac{150}{173} = 0.86 < 1.0$$

$$k_v = 4.0 + 5.34 / \left(\frac{a}{h} \right)^2 = 11.22$$

$$C_v = \frac{158}{h/t_g} \sqrt{\frac{k_v}{\sigma_a}} = 0.94 \rightarrow C_v > 0.8$$

$$\tau_{em} = \frac{\sigma_a}{2.89} C_v = 7.8 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 0.4 \sigma_a$$

$$\tau = \frac{1936.7}{173 \times 1.5} = 7.50 \text{ kN} / \text{cm}^2 > \tau_{em}$$

Enine takviyeler,

$$Y=1.0$$

$$D=1.0$$

$$A_t = \frac{1-C_v}{2} \left[\frac{a}{h} - \frac{\left(\frac{a}{h}\right)^2}{\sqrt{1+\left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] Y.D.h.t = 2.32 \text{ cm}^2$$

$$I_t > \left(\frac{h}{50}\right)^4 = 143.32 \text{ cm}^4$$

Seçilen enine takviye kesiti, 2UNP120

Gövde levhasının buruşma tahkiki(DIN4114'e göre)

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} = \frac{423739}{36273.5} = 11.68 \text{ kN} / \text{cm}^2 \rightarrow \psi = -1$$

$$\tau = \frac{447.5}{173 \times 1.5} = 1.72 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\alpha = \frac{175}{200} = 0.865$$

$$\alpha < \frac{2}{3} \rightarrow k_\sigma = 23.9$$

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} (t/b)^2 = 0.89 \text{ kN} / \text{cm}^2 \rightarrow \sigma_{1,ki} = k_\sigma \sigma_e = 21.27 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\alpha < 1 \quad k_\tau = 4.0 + \frac{5.34}{\alpha^2} = 11.14$$

$$\tau_{1,ki} = k_{\tau} \sigma_e = 9.91 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\sigma_{V,ki} = \frac{\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}}{\frac{1+\psi}{4} \frac{\sigma}{\sigma_{1,ki}} \sqrt{\left(\frac{3-\psi}{4} \frac{\sigma}{\sigma_{1,ki}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{1,ki}}\right)^2}} = 21.32 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

St-37 için orantılılık sınırı

$$\sigma_p = 19.2 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

Tablo-7 den

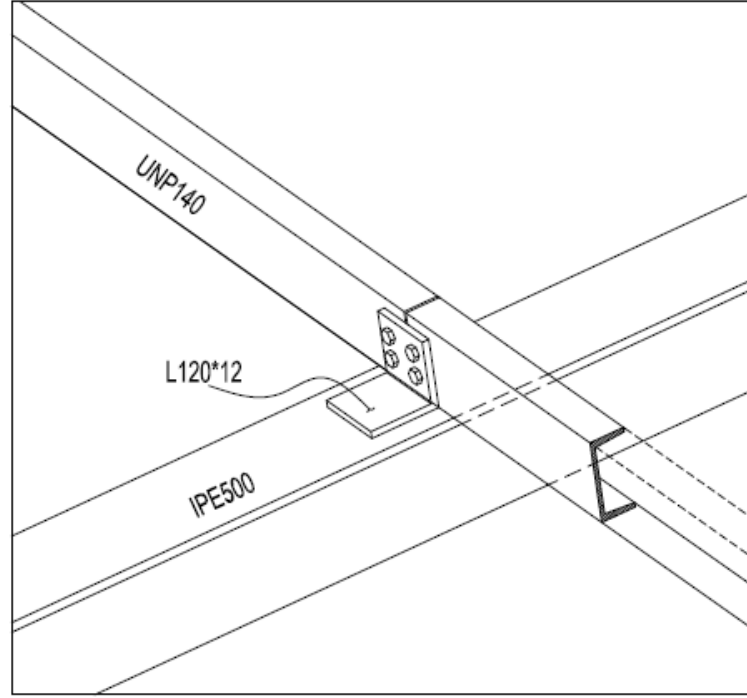
$$\sigma_{V,k} = 20.36 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$\nu_{ki} = 2.73$$

$$\nu_B = \frac{20.36}{\sqrt{11.68^2 + 3 \times 1.72^2}} = 1.69$$

4. ELEMAN BAĞLANTI NOKTALARININ BOYUTLANDIRILMASI

4.1 Aşık ve Kuşak Bağlantılarının Hesabı



Şekil 4.1 : Aşık Bağlantısı.

$$q_x = 2.19 \text{ kN} / m$$

$$q_y = 0.33 \text{ kN} / m \text{ (Bu değerler Bölüm 3.1'den alındı)}$$

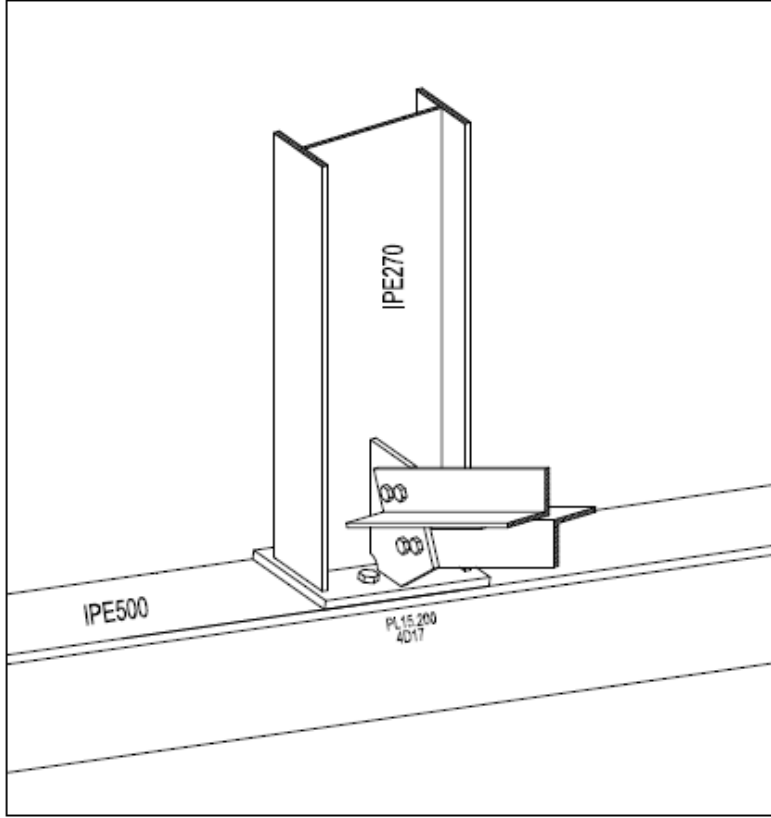
Aşıkların mesnetinde oluşan en büyük kuvvetler;

$$V_x = q_x \times L / 2 = 2.19 \times 12 / 2 = 13.14 \text{ kN} / m$$

$$V_y = q_y \times L / 2 = 0.33 \times 12 / 2 = 1.98 \text{ kN} / m$$

Çatı çaprazlarının tertip şekli nedeniyle aşıklarda basınç kuvveti oluşmamaktadır. Bu nedenle aşık bağlantılarında konstrüktif olarak 2M12(4.6) bulon kullanılmıştır. Bağlantı profili olarak L120.10 korniyer kesiti kullanılmıştır.

4.2 Fenerlik Kolon Ayağı Bağlantı Hesabı



Şekil 4.2 : Fenerlik kolonu bağlantısı.

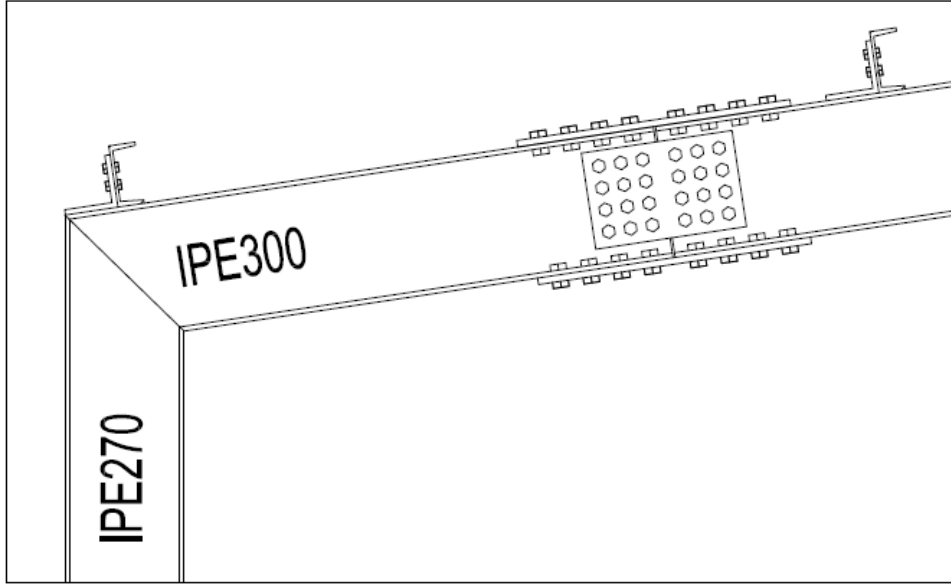
Tasarıma esas kesme kuvveti,

$$V=62.8 \text{ kN}$$

1M16 bulonun emniyetle taşıyabileceği kesme kuvveti 38.19 kN.

Düşey çaprazların yerleşimi nedeniyle 4M16(8.8) bulon kullanılmıştır.

4.3 Fenerlik Kiriş Eki Bağlantı Hesabı



Şekil 4.3 : Fenerlik kolonu bağlantısı.

Başlık ve gövde ek levhalarının kontrolü,

$$A_{n,bl} = (15 - 2 \times 2.3) \times 1.5 = 15.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{n,bp} = (15 - 2 \times 2.3) \times 1.07 = 11.5 \text{ cm}^2$$

Başlık levhası kesiti yeterlidir.

Gövde levhası kalınlığı $t=10 \text{ mm} > 0.8 \times 7.1=5.6 \text{ mm}$

Kiriş kesitinin eğilme momenti kapasitesi,

$$M_{pl} = 1.1 \times 36 \times 628 = 24868.8 \text{ kNcm}$$

Kiriş kesitinin kesme kuvveti kapasitesi,

$$V_{pl} = 0.6 \times 1.1 \times 36 \times 20.5 = 487.1 \text{ kN}$$

Bir başlığa gelen kuvvet,

$$Z = \frac{24868.8}{30} = 828.96 \text{ kN}$$

Bir başlık bulonuna gelen kesme kuvveti,

$$N_1 = \frac{828.96}{8} = 103.62 \text{ kN}$$

1M22(8.8) Bulonun kesme kuvveti kapasitesi, 129.85 kN

Seçilen başlık bulonu 8M22(8.8)

Gövde bulonlarının ağırlık merkezi, ek kesitinden 8.75 cm uzakta olup bu noktada oluşan moment,

$$M_{pl,g} = 487.1 \times 8.75 = 4262.13 \text{ kNcm}$$

Köşe bulonda momentten ötürü oluşan yatay ve düşey kuvvet,

$$N_{1,x} = 4262.13 \frac{7.5}{574.71} = 55.62 \text{ kN}$$

$$N_{1,y} = 4262.13 \frac{5}{574.71} = 37.1 \text{ kN}$$

Köşe bulonda moment ve kesme kuvvetinden dolayı oluşan bileşke kuvvet,

$$N_1 = \sqrt{45.62^2 + (37.1 + 487.1/12)^2} = 90.6 \text{ kN}$$

1M16(8.8) Bulonun kesme kuvveti kapasitesi, 129 kN(Çift tesirli)

Seçilen gövde bulon 12M16(8.8)

4.4 Çatı Makasının Bağlantı Hesabı

4.4.1 Makas üst başlığının bağlantı hesabı

Tasarıma esas iç kuvvetler :

$$P = 245.69 \text{ kN (Basınç)}$$

$$V = 2.72 \text{ kN}$$

Birleşimde ½ IPE500'ün alın kısmına bir levha kaynaklanmış, alın levhasına teşkil edilen bulonlar ile üst başlık kolona bağlanmıştır. Ayrıca alın levhasının alt kısmına gelecek şekilde başka bir plaka kolona kaynaklanmıştır. Bu suretle eksenel yük bulonlara kesme kuvveti ise kolona kaynaklanan bu levhaya taşıtarak yük aktarımı sağlanmıştır. Ayrıca birleşimin mafsallık özelliği gösterebilmesi için bulonlar olabildiğince alt mesnet noktasına yaklaştırılmıştır. Birleşim tipi olarak İMO-02 7.3.3 'de belirtilen tiplerden "SL" tipi birleşim (Yüksek mukavemetli bulonlarla teşkil edilen, delik çapı "d" ve bulon gövde çapı "d_g" olmak üzere d-d_g=1 mm olan bulonların kullanıldığı kaymaya ve delik çevresinde ezilmeye çalışan birleşimler) kullanılmıştır.

Plansız şekilde öngerilmelendirilen yüksek mukavemetli bulonlar için İMO-20 Tablo 7.18.b 'den alınan değerler hesaplamada kullanılmıştır.

Birleşimde 4 adet 8.8 kalitesinde M20 bulonu kullanılmıştır.

İMO-02 Tablo 7.18.b 'ye göre 1 adet M20 8.8 kalitesinde bulonun eksenî doğrultusunda emniyetle aktarabileceği kuvvet 71,3 kN 'dur.

4 adet bulon için $4 \times 71,3 = 285.2 \text{ kN} > 245.69 \text{ kN}$ olduğundan bulonlar çekme bakımından yeterlidir.

Üst başlık, makas formu nedeniyle 2.72 kN gibi çok az düşey yük almamaktadır. Bu nedenle düşey yükü aktarmak için konstrüktif bir levha konulacaktır.

4.4.2 Makas alt başlığının bağlantı hesabı

$P = 290.06 \text{ kN}$ (Basınç)

$V = 108 \text{ kN}$

Makas üst başlığına benzer bir tertip düzenlenmiştir.

Birleşimde 4 adet 8.8 kalitesinde M22 bulonu kullanılmıştır.

İMO-02 Tablo 7.18.b 'ye göre 1 adet M22 8.8 kalitesinde bulonun eksenî doğrultusunda emniyetle aktarabileceği kuvvet 88.2 kN 'dur.

4 adet bulon için $4 \times 88.2 = 352.8 \text{ kN} > 290.06 \text{ kN}$ olduğundan bulonlar çekme bakımından yeterlidir.

Kesme kuvvetini aktaracak olan levhaya çekilen kaynağın tahkiki,

$$3 \leq a \leq 0.7 \times t_{\min}$$

Seçilen kaynak kalınlığı, $a=5 \text{ mm}$

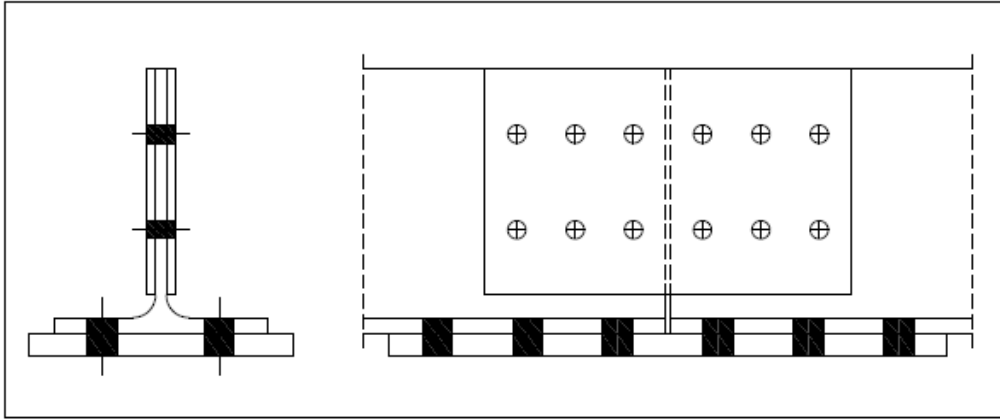
Toplam kaynak alanı,

$$A_k = (2 \times 10 + 25 - 2 \times 0.5) \times 0.5 = 22 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = \frac{108}{22} = 4.91 \text{ kN / cm}^2 < 11 \text{ kN / cm}^2$$

4.5 Çatı Makası Ek Hesabı

4.5.1 Makas üst başlığının ek hesabı



Şekil 4.4 : Makas üst başlık eki

Kesitin emniyetle taşıyabileceği yük,

$$P = (57.8 - 2 \times 1.7 \times 1.02 - 2 \times 1.6 \times 2.8) \times 21.6 = 980.03 \text{ kN}$$

Bağlantı levhalarının ağırlık merkezi,

$$y_g = \frac{25 \times 0.8 \times 2 \times 25 + 25 \times 2 \times 1}{25 \times 0.8 \times 2 + 25 \times 2} = 6.11 \text{ cm} \approx e_y = 6.01 \text{ cm}$$

Kesitin ağırlık merkezi ile bağlantı levhalarının ağırlık merkezi yeterince birbirine yakın olduğu için yükler kesit alanları ile orantılı olarak bölünür.

$$P_g = 900.03 \frac{40}{90} = 435.6 \text{ kN}$$

$$P_b = 900.03 - 435.6 = 544.5 \text{ kN}$$

Gövdede kullanılacak bulon,

Bir M16(8.8) bulonun SL tibi bir birleşimde çift tesirli durumda emniyetle taşıyabilceği makaslama kuvveti 76.38 kN

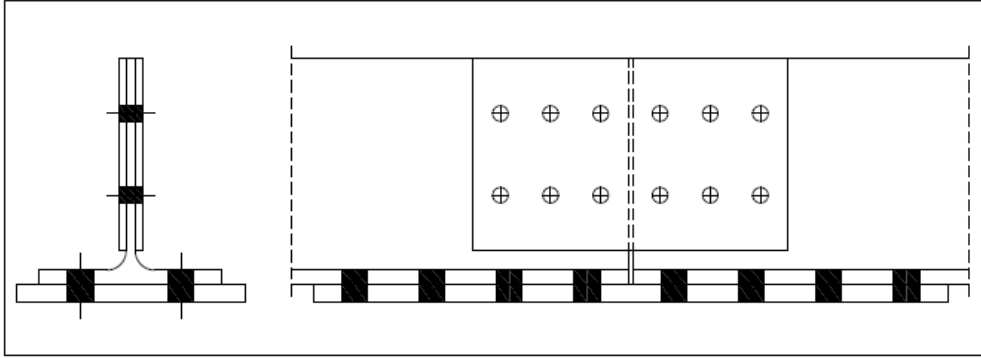
Seçilen bulon 6M16(8.8)

Başlıkta kullanılacak bulon,

Bir M27(8.8) bulonun SL tibi bir birleşimde emniyetle taşıyabilceği makaslama kuvveti 108.87 kN

Seçilen bulon 6M27(8.8)

4.5.2 Makas alt başlığının ek hesabı



Şekil 4.5 : Makas alt başlık eki

Kesitin emniyetle taşıyabileceği yük,

$$P = (78 - 2 \times 2.8 \times 1.9 - 2 \times 1.7 \times 1.2) \times 21.6 = 1366.85 \text{ kN}$$

Bağlantı levhalarının ağırlık merkezi,

$$y_g = \frac{20 \times 1.0 \times 2 \times 16 + 25 \times 2 \times 1}{25 \times 1.0 \times 2 + 25 \times 2} = 7.22 \text{ cm} \approx e_y = 7.48 \text{ cm}$$

Kesitin ağırlık merkezi ile bağlantı levhalarının ağırlık merkezi yeterince birbirine yakın olduğu için yükler kesit alanları ile orantılı olarak bölünür.

$$P_g = 1366.85 \frac{40}{90} = 607.5 \text{ kN}$$

$$P_b = 1366.85 - 607.5 = 759.4 \text{ kN}$$

Gövdede kullanılacak bulon,

Bir M20(8.8) bulonun SL tibi bir birleşimde çift tesirli durumda emniyetle taşıyabilceği makaslama kuvveti 119.32 kN

Seçilen bulon 6M20(8.8)

Başlıkta kullanılacak bulon,

Bir M27(8.8) bulonun SL tibi bir birleşimde emniyetle taşıyabilceği makaslama kuvveti 108.87 kN

Seçilen bulon 8M27(8.8)

4.6 Çatı çaprazı ve Stabilit  Elemanlarının Bulonlu Bağlantı Hesabı

Tasarıma esas kesme kuvveti,

$$V=62.3 \text{ kN}$$

Faydalı enkesit alanı ve bu kesitteki gerilme kontrolü,

$$A_n = 2 \times (15.5 - 1.3 \times 0.9) = 28.66 \text{ cm}^2$$

$$P_g = 900.03 \frac{40}{90} = 435.6 \text{ kN}$$

$$P_b = 900.03 - 435.6 = 544.5 \text{ kN}$$

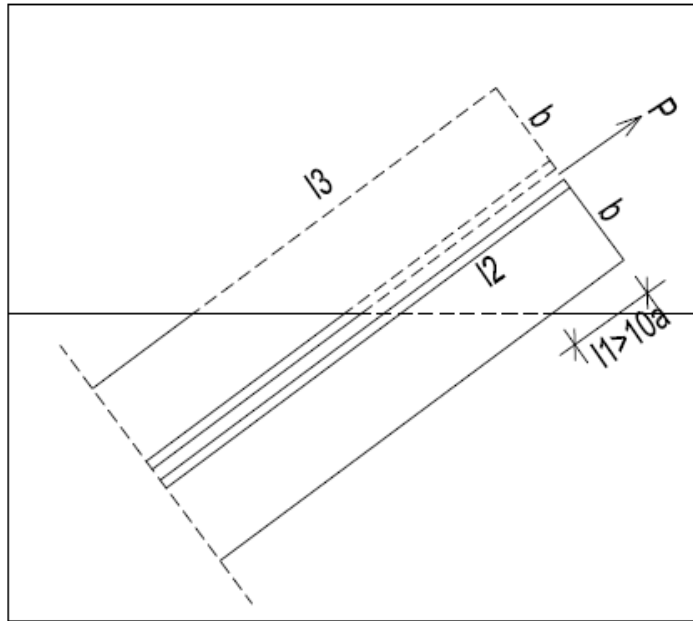
$$\sigma = \frac{V}{A_n} = \frac{62.3}{28.66} = 2.17 \text{ kN} / \text{m}^2 < 14.1 \text{ kN} / \text{m}^2$$

1M12(8.8) bulonun eminyetle taşıyabileceği kesme kuvveti 23.73 kN

Konstrüktif olarak herbir korniyere 2 adet M12(8.8) bulon konulmuştur.

4.7 Kaynaklı dikme ve diyagonallerin Bağlantı Hesabı

Tüm dikme ve diyagonallerin kaynaklı bağlantıları, elemanın emniyetle taşıyabileceği maksimum yüke göre boyutlandırılmıştır.



Şekil 4.6 : Kaynak.

Toplam kaynak boyu,

$$l = l_1 + 2 \times l_2 + l_3 + 2 \times b$$

Toplam kaynak boyu basınç grubunun emniyetle taşıyabileceği maksimum yüke göre çizimlerde detaylandırılmıştır.

2L120.12 için:

$$A = 27.5 \text{ cm}^2$$

Elemanın emniyetle taşıyabileceği yük,

$$P = 27.5 \times 14.1 = 387.75 \text{ kN}$$

Kaynak kalınlığı $3 \leq a \leq 0.7 \times t_{\min}$ olduğundan;

Seçilen kaynak kalınlığı, $a = 8.0 \text{ mm}$

Buna göre gerekli kaynak boyu,

$$\tau_k = \frac{P}{(l - 2 \times a) \times a} \rightarrow l \approx 45 \text{ cm}$$

$$\tau_k = 11 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

2L90.9 için:

$$A = 15.5 \text{ cm}^2$$

Elemanın emniyetle taşıyabileceği yük,

$$P = 15.5 \times 14.1 = 218.6 \text{ kN}$$

Kaynak kalınlığı $3 \leq a \leq 0.7 \times t_{\min}$ olduğundan;

Seçilen kaynak kalınlığı, $a = 6.0 \text{ mm}$

Buna göre gerekli kaynak boyu,

$$\tau_k = \frac{P}{(l - 2 \times a) \times a} \rightarrow l \approx 35 \text{ cm}$$

$$\tau_k = 11 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

2L80.8 için:

$$A = 12.3 \text{ cm}^2$$

Elemanın emniyetle taşıyabileceği yük,

$$P = 12.3 \times 14.1 = 173.43 \text{ kN}$$

Kaynak kalınlığı $3 \leq a \leq 0.7 \times t_{\min}$ olduğundan;

Seçilen kaynak kalınlığı, $a=5.0 \text{ mm}$

Buna göre gerekli kaynak boyu,

$$\tau_k = \frac{P}{(l - 2 \times a) \times a} \rightarrow l \approx 33 \text{ cm}$$

$$\tau_k = 11 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

2L70.7 için:

$$A=9.4 \text{ cm}^2$$

Elemanın emniyetle taşıyabileceği yük,

$$P = 9.4 \times 14.1 = 132.54 \text{ kN}$$

Kaynak kalınlığı $3 \leq a \leq 0.7 \times t_{\min}$ olduğundan;

Seçilen kaynak kalınlığı, $a=5.0 \text{ mm}$

Buna göre gerekli kaynak boyu,

$$\tau_k = \frac{P}{(l - 2 \times a) \times a} \rightarrow l \approx 25 \text{ cm}$$

$$\tau_k = 11 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

2L60.6 için:

$$A=6.91 \text{ cm}^2$$

Elemanın emniyetle taşıyabileceği yük,

$$P = 6.91 \times 14.1 = 97.43 \text{ kN}$$

Kaynak kalınlığı $3 \leq a \leq 0.7 \times t_{\min}$ olduğundan;

Seçilen kaynak kalınlığı, $a=4.0 \text{ mm}$

Buna göre gerekli kaynak boyu,

$$\tau_k = \frac{P}{(l - 2 \times a) \times a} \rightarrow l \approx 23 \text{ cm}$$

$$\tau_k = 11 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

2L50.5 için;

$$A = 4.80 \text{ cm}^2$$

Elemanın emniyetle taşıyabileceği yük,

$$P = 4.8 \times 14.1 = 67.68 \text{ kN}$$

Kaynak kalınlığı $3 \leq a \leq 0.7 \times t_{\min}$ olduğundan;

Seçilen kaynak kalınlığı, $a = 3.0 \text{ mm}$

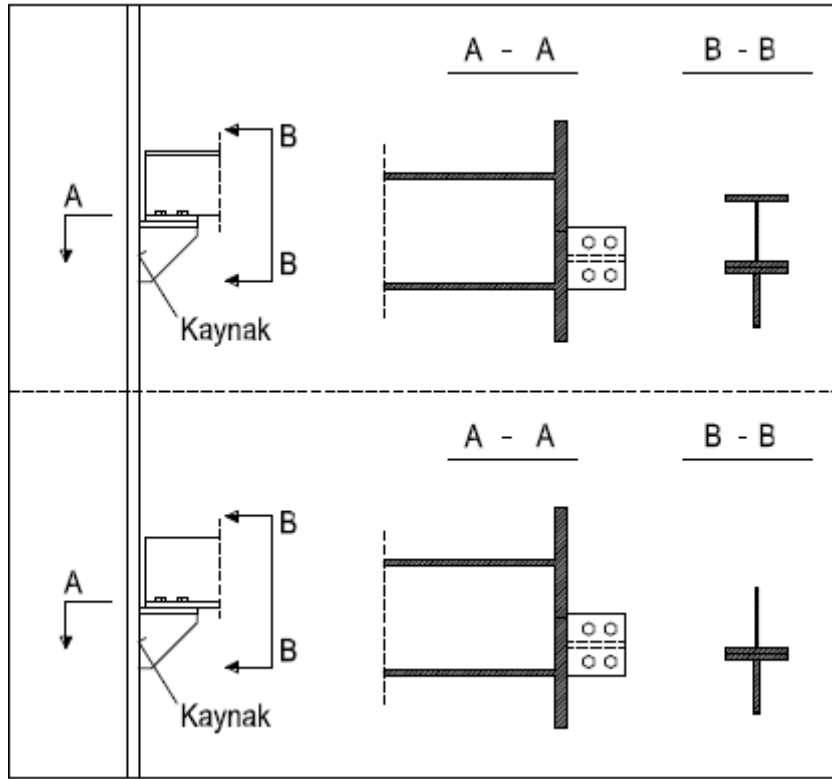
Buna göre gerekli kaynak boyu,

$$\tau_k = \frac{P}{(l - 2 \times a) \times a} \rightarrow l \approx 21 \text{ cm}$$

$$\tau_k = 11 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

4.8 Makası Taşıyan Kiriş Bağlantı Hesabı

4.8.1 Kenar aks kirişlerinin bağlantı hesabı



Şekil 4.7 : Kenar makas kiriş bağlantısı.

Tasarıma esas kuvvetler,

$$P=119.4 \text{ kN}$$

$$V=76 \text{ kN}$$

1M20(8.8) bulonun emniyetle taşıyacağı kesme kuvveti 65.94 kN

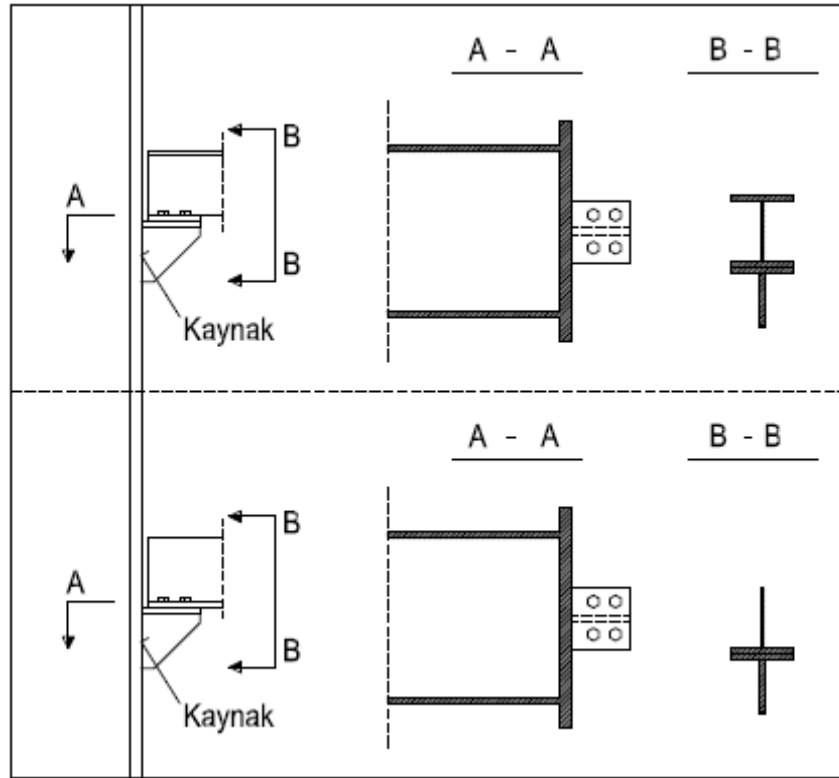
Seçilen bulon 4M20(8.8)

Kaynak gerilmesinin kontrolü;

Kaynak boyu 150 mm, kaynak kalınlığı $a=5.0 \text{ mm}$ seçilirse,

$$\tau_k = \frac{76}{2 \times (15 - 2 \times 0.5) \times 0.5} = 5.42 \text{ kN / cm}^2 < \tau_{em} = 11.0 \text{ kN / cm}^2$$

4.8.2 Orta aks kirişlerinin bağlantı hesabı



Şekil 4.8 : Orta makas kiriş bağlantısı.

Tasarıma esas kuvvetler,

$$P=509.6 \text{ kN}$$

$$V=329.5 \text{ kN}$$

1M24(8.8) bulonun emniyetle taşıyacağı kesme kuvveti 94.92 kN

Seçilen bulon 6M24(8.8)

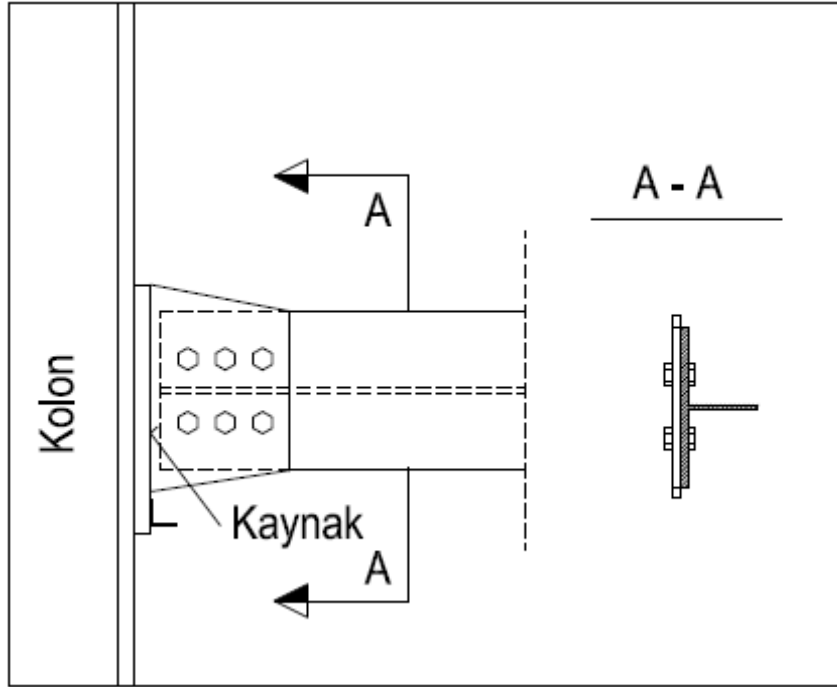
Kaynak gerilmesinin kontrolü;

Kaynak boyu 200 mm, kaynak kalınlığı a=7 mm seçilirse,

$$\tau_k = \frac{329.5}{2 \times (20 - 2 \times 0.7) \times 0.7} = 12.65 \text{ kN} / \text{cm}^2 < \tau_{em} = 17.0 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

4.9 Düşey Düzlem Çaprazların Bağlantı Hesabı

4.9.1 Yatay çaprazların bağlantı hesabı



Şekil 4.9 : Yatay çapraz bağlantısı.

Tasarıma esas kuvvetler,

$$P=365.93 \text{ kN}$$

1M22(8.8) bulonun emniyetle taşıyacağı kesme kuvveti 79.8 kN

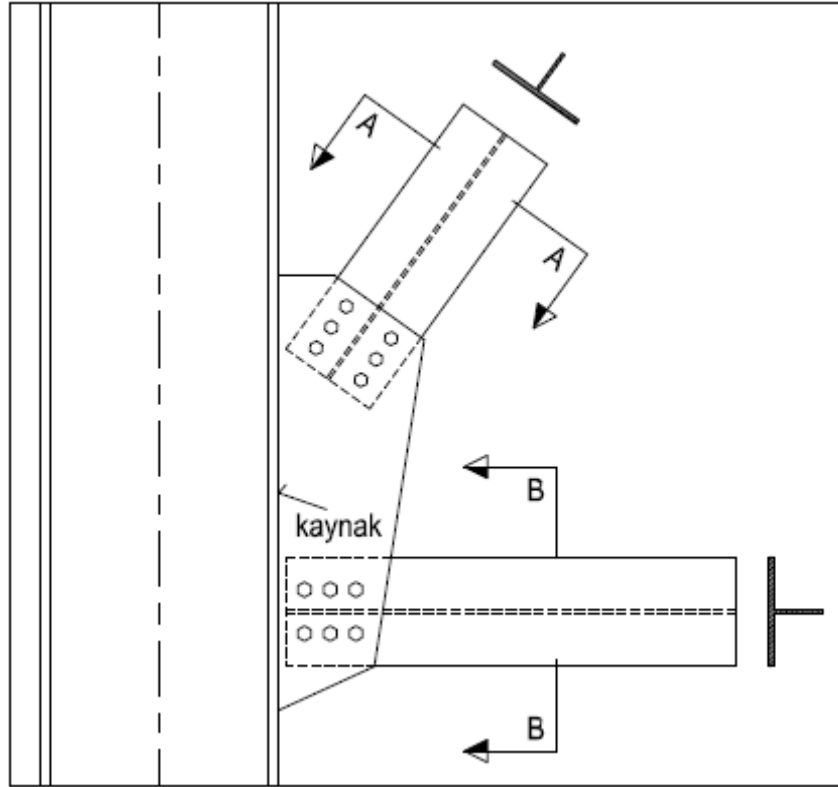
Seçilen bulon 6M22(8.8)

Kaynak gerilmesinin kontrolü;

Kaynak boyu 400 mm, kaynak kalınlığı a=5 mm seçilirse,

$$\tau_k = \frac{365.92}{2 \times (40 - 2 \times 0.5) \times 0.5} = 9.3 \text{ kN / cm}^2 < \tau_{em} = 17.0 \text{ kN / cm}^2$$

4.9.2 Diyagonal çaprazların bağlantı hesabı



Şekil 4.10 : Yatay çapraz bağlantısı.

Tasarıma esas kuvvetler,

$$P=243.8 \text{ kN}$$

$$V=297 \text{ kN}$$

1M22(8.8) bulonun emniyetle taşıyacağı kesme kuvveti 79.8 kN

Seçilen bulon 6M22(8.8)

Kaynak gerilmesinin kontrolü;

Kaynağın ağırlık merkezinde oluşan moment

$$M=243.8 \times 4.4 + 213.9 \times 4.6 = 2056.66 \text{ kNcm}$$

Kaynak alanı ve kaynak mukavemet momenti,

$$A_n = 2 \times (115 - 2 \times 0.5) \times 0.5 = 114 \text{ cm}^2$$

$$W_k = \frac{2 \times 0.5 \times (115 - 2 \times 0.5)^2}{6} = 2166 \text{ cm}^3$$

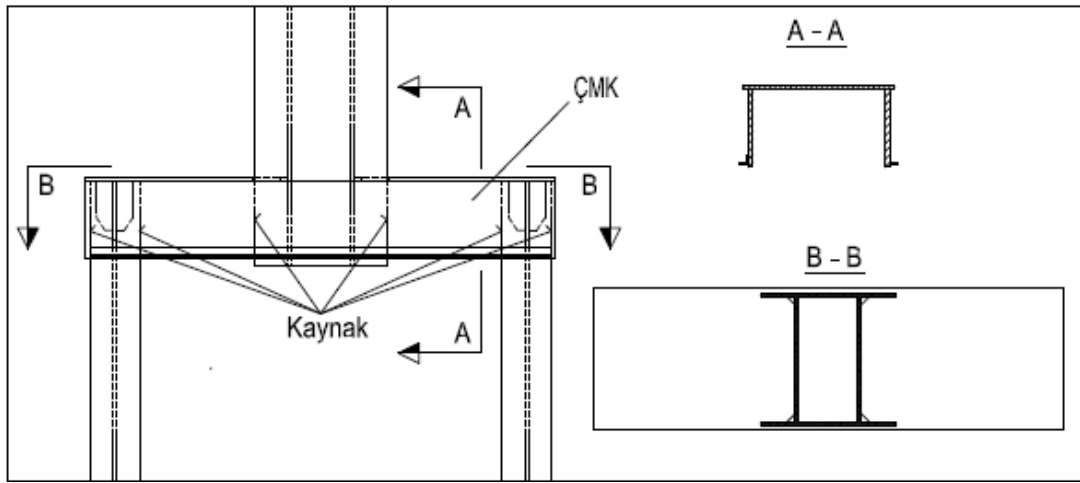
Kaynakta oluşan normal gerilme, kayma gerilmesi

$$\sigma = \frac{2056.66}{2166} = 0.96 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau = \frac{297}{114} = 2.6 \text{ kN / cm}^2$$

Her iki gerilme de 17 kN/cm² den küçük olduğu için kıyasalama gerilmesine gerek yoktur.

4.10 Örgü ve Çatı kolonunun Birleşim Bölgesinin Bağlantı Hesabı



Şekil 4.11 : Örgü kolon çatı kolon birleşimi.

Kolon alt ucunda oluşan tasarım kuvvetleri,

$$N=670.8\text{kN}$$

$$M=63764.7 \text{ kNcm}$$

Kolonu ÇMK kirişine bağlayan düşey dikişlerde kaynak tahkiki,

Kolonu ÇMK kirişine bağlayan dört adet düşey kaynak mevcuttur.

Eksenel yükten her bir düşey kaynağa gelen yük,

$$N_{1,N}=N/4=167.7 \text{ kN}$$

Eğilme momentinde başlıktaki bir kaynak boyuna gelen kuvvet,

$$N_{2,M}=63764.7/2/80=398.53 \text{ kN}$$

Kaynağa gelen toplam yük,

$$N_{\Sigma}=167.7+398.53=566.23 \text{ kN}$$

Kaynak boyu $L=500.00$ mm, kaynak kalınlığı $a=14$ mm seçilirse,

$$\tau = \frac{566.23}{(50 - 2 \times 1.4) \times 1.4} = 8.56 \text{ kN / cm}^2 < 17.0 \text{ kN / cm}^2$$

ÇMK kirişinin boyutlandırılması,

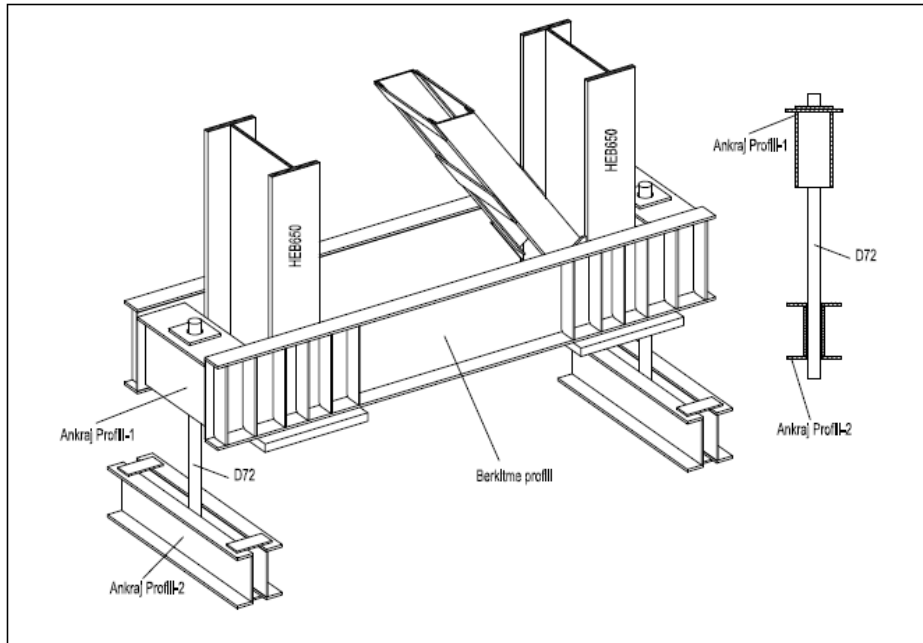
$$M=90510.8 \text{ kNcm}$$

$$I_x = 222889 \text{ cm}^4$$

$$W_{x,\text{üst}} = 8915.6 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{M}{W_{x,\text{üst}}} = \frac{90510.8}{8915.6} = 10.15 \text{ kN / cm}^2 < 21.6 \text{ kN / cm}^2$$

4.11 Kenar Örgü Kolon Ayaklarının Hesabı



Şekil 4.12 : HEB650 ayak görünüşü.

Tasarıma esas kuvvetler,

$P=2842$ kN (Basınç) (H Yükleme)

$P=33.5$ kN (Çekme) $H=104.5$ kN (H Yükleme)

$P=4194$ kN (Basınç) $H=87$ kN (Hz Yükleme)

$P=1637$ kN (Çekme) $H=134$ kN (Hz Yükleme)

Taban gerilmesi tahkiki;

(Hz) Yükleme için,

$$p = \frac{P}{A} = \frac{4194}{105 \times 65} = 0.61 \text{ kN / cm}^2 < 0.5 \times \left[0.85 \times 3 \times \frac{1}{3} \right] \times 1.5 = 0.64 \text{ kN / cm}^2$$

(H) Yükleme için,

$$p = \frac{P}{A} = \frac{2842}{105 \times 65} = 0.42 \text{ kN / cm}^2 < 0.5 \times \left[0.85 \times 3 \times \frac{1}{3} \right] = 0.43 \text{ kN / cm}^2$$

Berkitme profilinin kesit hesabı;

Berkitme profilinin atalet momenti ve mukavemet momenti,

$$I_x = 145210.95 \text{ cm}^4$$

$$W_{x,\text{üst}} = 8915.6 \text{ cm}^3$$

Berkitme profilinin kolon yüzünde oluşan moment,

$$M = Z \times L = 1637 \times 27.5 = 45017.5 \text{ kNcm}$$

Berkitme profilinin kolon yüzünde oluşan gerilme,

$$\sigma = \frac{M}{W_{x,\text{üst}}} = \frac{45017.5}{3138.34} = 14.34 \text{ kN / cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN / cm}^2$$

Ankraj profili-1 kesitinin seçilmesi,

Berkitme profilinin atalet momenti ve mukavemet momenti,

$$I_x = 30100.15 \text{ cm}^4$$

$$W_{x,\text{üst}} = 1175.84 \text{ cm}^3$$

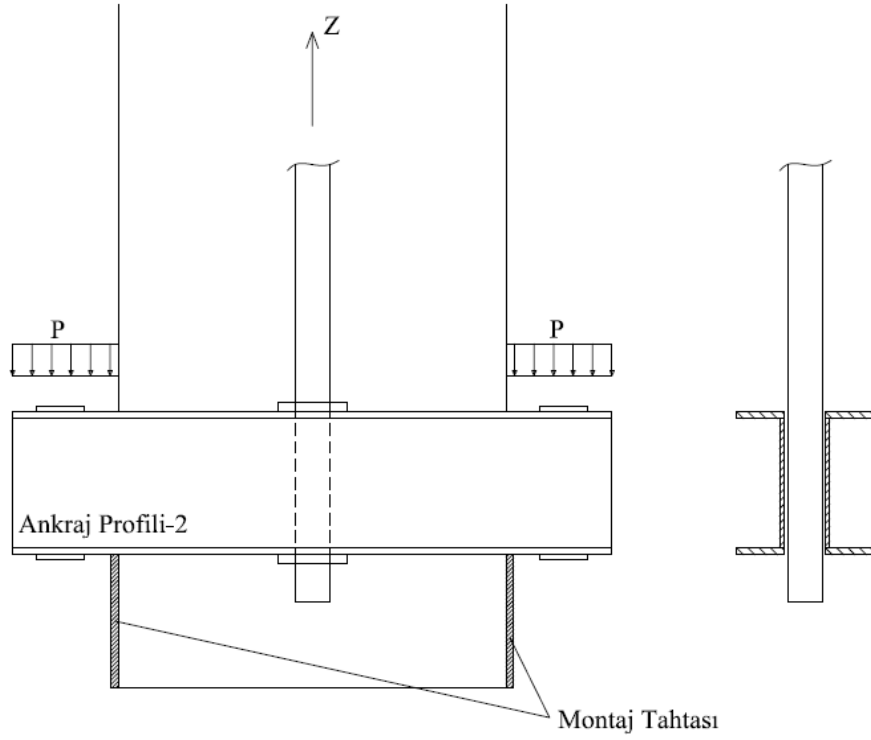
Berkitme profilinin kolon yüzünde oluşan moment,

$$M = \frac{1637}{2} \times \left[\frac{32.5}{2} + 30 \right] = 37855.63 \text{ kNcm}$$

Berkitme profilinin kolon yüzünde oluşan gerilme,

$$\sigma = \frac{M}{W_{x,\text{alt}}} = \frac{28647.5}{1175.8} = 24.4 \text{ kN / cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN / cm}^2$$

Ankraj profili-2 kesitinin seçilmesi,



Şekil 4.13 : Ankraj profili-2.

Beton basınç gerilmesi,

$$p = \frac{Z/2}{A} = \frac{1637/2}{2 \times 10 \times 32.5} = 1.26 \text{ kNcm}^2 < \left[0.85 \times 3 \times \frac{1}{3} \right] \times 1.5 = 1.27 \text{ kNcm}^2$$

Berkitme profilinin atalet momenti ve mukavemet momenti,

$$I_x = 15338 \text{ cm}^4 \quad W_{x,alt} = 766 \text{ cm}^3$$

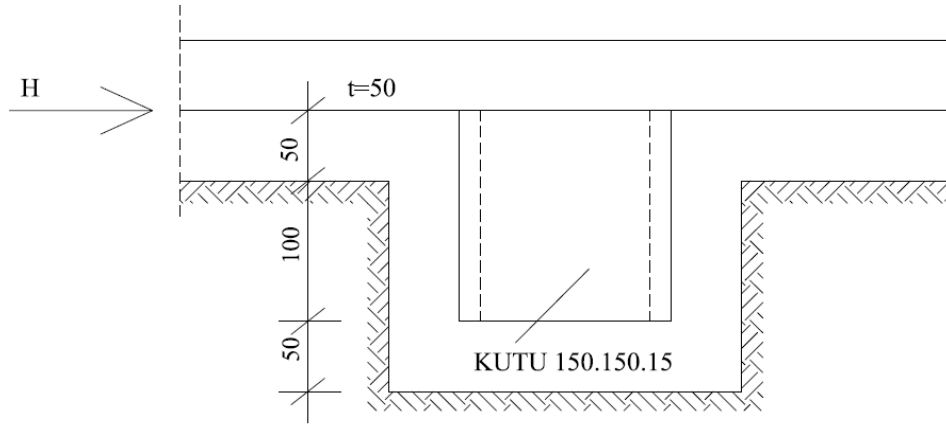
Berkitme profilde oluşan moment,

$$M = \frac{1637}{2} \times \left[\frac{32.5}{2} + 30 \right] = 37855.63 \text{ kNcm}$$

Berkitme profilinin kolon yüzünde oluşan gerilme,

$$\sigma = \frac{M}{2W} = \frac{37855.63}{2 \times 766} = 24.71 \text{ kN / cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN / cm}^2$$

Kayma kaması hesabı,



Şekil 4.14 : Kayma kaması.

Beton basınç gerilmesi,

$$p = \frac{134}{15 \times 10} = 0.89 \text{ kN / cm}^2 < \left[0.85 \times 3 \times \frac{1}{3} \right] \times 1.5 = 1.27 \text{ kN / cm}^2$$

Kayma kamasında oluşan moment,

$$M = 134 \times 10 = 1340 \text{ kNcm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{1340}{332.1} = 4.04 \text{ kN / cm}^2 < 14.1 \text{ kN / cm}^2$$

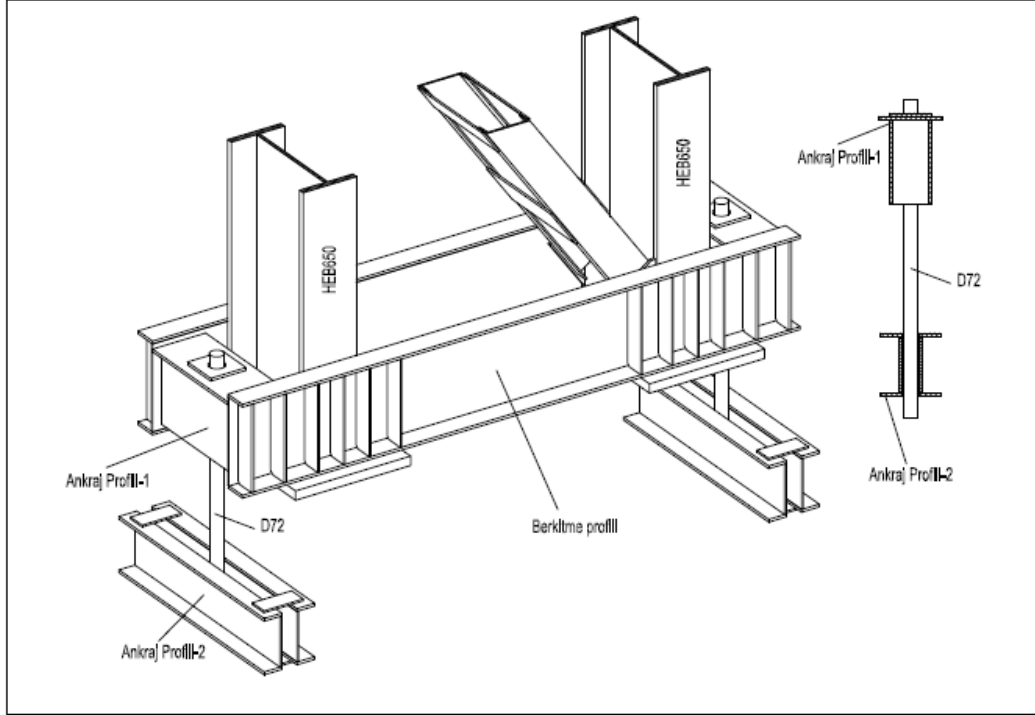
Gövde Kaynağı,

$$\tau = \frac{134}{2 \times 15 \times 0.5} = 8.93 \text{ kN / cm}^2 < 11 \text{ kN / cm}^2$$

Başlıkta,

$$\sigma = \frac{1340/15}{332.1} = 11.91 \text{ kN / cm}^2 < 12.65 \text{ kN / cm}^2$$

4.12 Orta Örgü Kolon Ayaklarının Hesabı



Şekil 4.15 : HEB800 kolon ayağı görünüşü.

şeklinde tasarlanmıştır. Bunun sebebi: tek açıklıklı kirişe göre daha ekonomik kesit

Tasarıma esas kuvvetler,

P=3798.3 kN (Basınç) (H Yüklemesi)

P=4211.61 kN (Basınç) H=10 kN (Hz Yüklemesi)

P=868 kN (Çekme) H=49 kN (Hz Yüklemesi)

Taban gerilmesi tahkiki;

(Hz) Yüklemesi için,

$$p = \frac{P}{A} = \frac{4211.61}{120 \times 75} = 0.47 \text{ kN / cm}^2 < 0.5 \times \left[0.85 \times 3 \times \frac{1}{3} \right] \times 1.5 = 0.64 \text{ kN / cm}^2$$

(H) Yüklemesi için,

$$p = \frac{P}{A} = \frac{3498.3}{120 \times 75} = 0.42 \text{ kN / cm}^2 < 0.5 \times \left[0.85 \times 3 \times \frac{1}{3} \right] = 0.43 \text{ kN / cm}^2$$

Berkitme profilinin kesit hesabı:

Berkitme profilinin atalet momenti ve mukavemet momenti,

$$I_x = 145210.95 \text{ cm}^4$$

$$W_{x,\text{üst}} = 3138.34 \text{ cm}^3$$

Berkitme profilinin kolon yüzünde oluşan moment,

$$M = Z \times L = 868 \times 35 = 30380 \text{ kNcm}$$

Berkitme profilinin kolon yüzünde oluşan gerilme,

$$\sigma = \frac{M}{W_{x,\text{üst}}} = \frac{30380}{3138.34} = 9.7 \text{ kN / cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN / cm}^2$$

Ankraj profili-1 kesitinin seçilmesi,

Berkitme profilinin atalet momenti ve mukavemet momenti,

$$I_x = 30100.15 \text{ cm}^4$$

$$W_{x,\text{üst}} = 1175.84 \text{ cm}^3$$

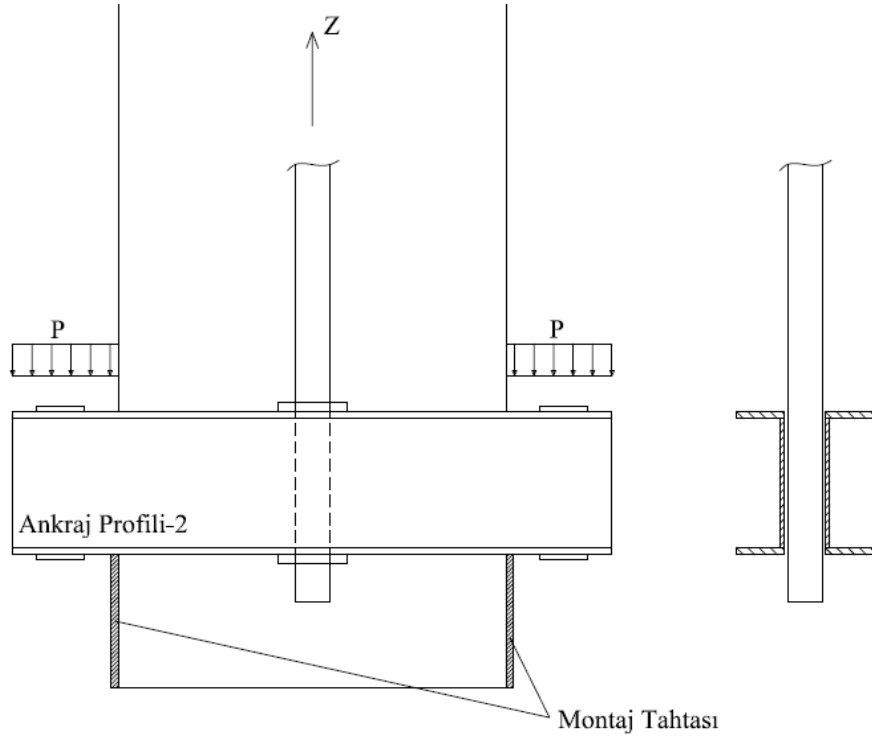
Berkitme profilinin kolon yüzünde oluşan moment,

$$M = 868 \times \frac{90}{4} = 19530 \text{ kNcm}$$

Berkitme profilinin kolon yüzünde oluşan gerilme,

$$\sigma = \frac{M}{W_{x,\text{alt}}} = \frac{19530}{1175.8} = 16.6 \text{ kN / cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN / cm}^2$$

Ankraj profili-2 kesitinin seçilmesi,



Şekil 4.16 : Ankraj profili-2.

Beton basınç gerilmesi,

$$p = \frac{Z/2}{A} = \frac{868/2}{2 \times 10 \times 32.5} = 0.67 \text{ kNcm}^2 < \left[0.85 \times 3 \times \frac{1}{3} \right] \times 1.5 = 1.27 \text{ kNcm}^2$$

$$I_x = 15338 \text{ cm}^4 \quad W_{x,alt} = 766 \text{ cm}^3$$

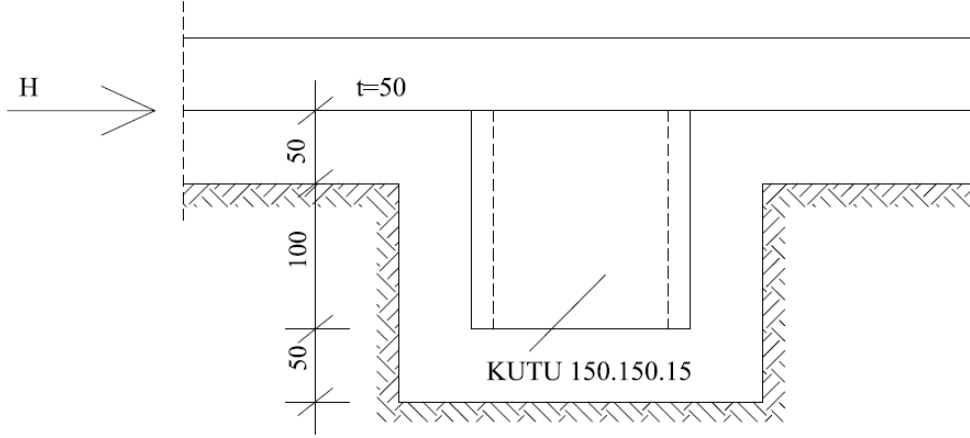
BerProfilede oluşan moment,

$$M = \frac{868}{2} \times \left[\frac{32.5}{2} + 30 \right] = 20072.5 \text{ kNcm}$$

Berkitme profilinin kolon yüzünde oluşan gerilme,

$$\sigma = \frac{M}{2W} = \frac{20072.5}{2 \times 766} = 13.1 \text{ kN / cm}^2 < 1.15 \times 21.6 \text{ kN / cm}^2$$

Kayma kaması hesabı,



Şekil 4.17 : Kayma kaması.

Beton basınç gerilmesi,

$$p = \frac{134}{15 \times 10} = 0.89 \text{ kN / cm}^2 < \left[0.85 \times 3 \times \frac{1}{3} \right] \times 1.5 = 1.27 \text{ kN / cm}^2$$

Kayma kamasında oluşan moment,

$$M = 134 \times 10 = 1340 \text{ kNcm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{1340}{332.1} = 4.04 \text{ kN / cm}^2 < 14.1 \text{ kN / cm}^2$$

Gövde Kaynağı,

$$\tau = \frac{134}{2 \times 15 \times 0.5} = 8.93 \text{ kN / cm}^2 < 11 \text{ kN / cm}^2$$

Başlıkta,

$$\sigma = \frac{1340/15}{332.1} = 11.91 \text{ kN / cm}^2 < 12.65 \text{ kN / cm}^2$$

5. SONUÇLAR

Bu çalışma neticesinde ağır krenlerin kullanıldığı bu yapı; çatı ve cephe kuşaklarının UNP Profil yerine soğukta şekillendirilmiş elemanların kullanılmasıyla hafifletilmiştir.

Bu çalışmada ağır sanayi yapısı yatay ve düşey yükler altında “İMO-02, Emniyet Gerilmesi Esasına Göre Hesap ve Proje Esasları” ve mevcut diğer yönetmeliklere uygun olarak boyutlandırılmış, detay hesapları yapılmıştır. Ayrıca 181 cm enkesit yüksekliği olan kren hesaplamalarında DIN120 ve bunların gövde buruşmalarının kontrolü için DIN 4114 normu kullanılmıştır. Örgü ve çatı kolonunun birleşiminden oluşan kolon grupları için ayrıca burkulma yük analizleri yapılmış ve sonuçlar AISE’de bulunan tablolar ile mukayese edilmiştir. Boyutlandırma neticesinde yapıda toplam 1493.6 ton çelik malzeme kullanılmıştır. Bu malzemenin 192.9 ton luk kısmını kren kirişleri, 143.5 ton luk kısmını plakalar ve 1300.7 tonunu ise profiller oluşturmaktadır. Yapıda kullanılan plakaların toplam malzeme ağırlığına oranı % 12 mertebesindedir.

KAYNAKLAR

Arda,T.,Seno, 1978, Çelik Çatı Ve Binalarda Rüzgar Karşıt Düzenleri Ve Kararlılık Bağları,Sakarya Devlet Mühendislik-Mimarlık Akademisi Yayınları

AISE Technical Report No.13 2003, Guide for the Design and Construction of Mill Buildings

Bendapudi, K. V., Practical Approaches in Mill Building Columns Subjected to Heavy Crane Loads

Çakıroğlu, Adnan, 1982, Çubuk Sistemlerin Burkulma Hesabı,Teknik Kitaplar, İstanbul Teknik Üniversitesi,İstanbul

Çetmeli,Enver, 1987,Plaklar,İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı,İstanbul

D.B.Y.Y.H.Y, 2007, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

DEREN, H. ve diğerleri, Çelik Yapılar, 2008, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

DIN 4114, Deutch Institute of Norme

Odabaşı, Y., Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları, 1997, İstanbul

ÖZTÜRK, Z., 2002, Çelik Yapılar Kısa Bilgi ve Problemler,Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

TS-3357, 1979, Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS498, 1997, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Hesap Değerleri , Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

TS648, 1980, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

İMO – 02. R -01, 2008, İMO-02, Çelik Yapılar, Emniyet Gerilmesi Esasına Göre Hesap ve Proje Esasları, İMO İstanbul Harbiye Şubesi, İstanbul

İMO – 01. R -01, 2005, Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşim Hesap, Yapım ve Muayene Kuralları , İMO İstanbul Harbiye Şubesi, İstanbul

EKLER

Ek A.1: Kullanılan Çizelgeler

Ek A.2: Genel Yerleşim Planları ve Nokta Detayları

EK A.1

Hesaplarda Kullanılan Çizelgeler

Çizelge A. 1: İMO-02, Normal Bulon Emniyet Gerilmeleri

Tablo 7.8b. Normal bulonlara ait emniyet gerilmeleri (kN/cm^2)										
	UYGUN BULONLAR				KABA BULONLAR		ANKRAJ BULONLARI			
Ana Malzeme	St 37 (S 235 JR)		St 52 (S 355 J2)							
Bulon Malzemesi	4.6 (4D)		5.6 (5D)		4.6 (4D)		4.6 (5D)		5.6 (5D)	
Yükleme Hali	EY	EİY	EY	EİY	EY	EİY	EY	EİY	EY	EİY
Makaslama Emniyet Gerilmesi, r_{em}	14,0	16,0	21,0	24,0	11,2	12,6				
Ezilme Emniyet Gerilmesi, σ_{ezilme}	28,0	32,0	42,0	48,0	24,0	27,0				
Çekme Emniyet Gerilmesi, $\sigma_{çekme}$	11,2	11,2	15,0	15,0	11,2	11,2	11,2	11,2	15,0	15,0

Çizelge A. 2: İMO-02, Makaslama Kuvvetleri

Tablo 7.9. Yüksek mukavemetli bir bulonun, bulon eksenine dik olarak bir makaslama yüzeyinden emniyetle aktarabileceği kN cinsinden $N_{SL,em}$ veya $N_{SLP,em}$ makaslama kuvvetleri (10.9 kalitesindeki bulonlar için)

Sıra NO	1	2	3	4	5	6	7
	BULON ÇAPI	Emniyetle Aktarılabilecek Kuvvet (SL-Birleşimi) $\max N_{SL,em}$			Emniyetle Aktarılabilecek Kuvvet (SLP-Birleşimi) $\max N_{SLP,em}$		
		Kayma	Yükleme Durumu		Kayma	Yükleme Durumu	
			EY	EİY		EY	EİY
		Alanı F_a $\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)$	$\tau_{s,em}$		Alanı F_a $\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)$	$\tau_{s,em}$	
			24 kN/cm ²	27 kN/cm ²		28 kN/cm ²	32 kN/cm ²
		1	M12	1,13	27,12	30,51	1,33
2	M16	2,01	48,24	54,27	2,27	63,56	72,64
3	M20	3,14	75,36	84,78	3,46	96,88	110,72
4	M22	3,80	91,20	102,60	4,15	116,20	132,80
5	M24	4,52	108,48	122,04	4,91	137,48	157,12
6	M27	5,73	137,52	154,71	6,16	172,48	197,12
7	M30	7,07	169,68	190,89	7,55	211,40	241,60
8	M36	10,18	244,30	274,86	10,75	301,00	344,00

Çizelge A. 3: İMO-02,Makaslama Kuvvetleri

Tablo 7.10. Yüksek mukavemetli bir bulonun, bulon eksenine dik olarak bir makaslama yüzeyinden emniyetle aktarabileceği kN cinsinden $N_{SL,em}$ veya $N_{SLP,em}$ makaslama kuvvetleri (8.8 kalitesindeki bulonlar için)							
Satır NO	1	2	3	4	5	6	7
	BULON ÇAPI	Emniyetle Aktarılabilecek Kuvvet (SL-Birleşimi) $\max N_{SL,em}$			Emniyetle Aktarılabilecek Kuvvet (SLP-Birleşimi) $\max N_{SLP,em}$		
		Kayma Alanı F_s $\left(\frac{\pi.d^2}{4}\right)$	Yükleme Durumu		Kayma Alanı F_s $\left(\frac{\pi.d^2}{4}\right)$	Yükleme Durumu	
			EY	EİY		EY	EİY
			$\tau_{s,em}$	$\tau_{s,em}$		$\tau_{s,em}$	$\tau_{s,em}$
			24 kN/cm ²	27 kN/cm ²		28 kN/cm ²	32 kN/cm ²
1	M12	1,13	21,47	27,73	1,33	29,26	34,58
2	M16	2,01	38,19	42,21	2,27	49,94	59,02
3	M20	3,14	59,66	65,94	3,46	76,12	89,96
4	M22	3,80	72,20	79,80	4,15	91,30	107,90
5	M24	4,52	85,88	94,92	4,91	108,02	127,66
6	M27	5,73	108,87	120,33	6,16	135,52	160,16
7	M30	7,07	134,33	148,47	7,55	166,10	196,30
8	M36	10,18	193,42	213,78	10,75	236,50	279,50

Çizelge A. 4: İMO-02,Malzeme Emniyet Gerilmeleri

Tablo 7.11.

St 37 (S 235 JR), WT St 37 ve St 52 (S 355 J2), WT St 52
çelik cinslerinin kullanıldığı yapı kısımlarında kN/cm^2
cinsinden emniyet gerilmesi $\sigma_{x,em}$
(10.9 kalitesindeki bulonlar için)

Satır NO	1		2	3	4	5
			Birleşimde yer alan yapı kısımlarında kullanılan MALZEME CİNSİ			
	BİRLEŞİM ŞEKLİ		St 37 (S 235 JR), WT St 37		St 52 (S 355 J2), WT St 52	
	Birleşim Tipi	Öngerilme Kuvveti	Yükleme Durumu			
			EY	EİY	EY	EİY
1	SL- birleşimi ($d-d_e \leq 1 \text{ mm}$)	0	28,0	32,0	42,0	47,0
2		0,5 P _t	38,0	43,0	57,0	64,0
3	SLP-birleşimi ($d-d_e \leq 0,3 \text{ mm}$)	0	32,0	36,0	48,0	54,0
4		0,5 P _t	42,0	47,0	63,0	71,0

Çizelge A. 5: İMO-02,Çekme Kuvvetleri (10.9)

Tablo 7.18.a Plansız şekilde öngerilmelendirilen yüksek mukavemetli bulonların eksenleri doğrultusunda kN cinsinden emniyetle aktarabilecekleri çekme kuvveti: (10.9 kalitesindeki bulonlar için)				
Satır NO	1	2	3	4
	BULON ÇAPI	Bulon dışdibi Enkesit alanı A_s	Yükleme Durumu	
			EY	EİY
			$\sigma_{x,em} = 36 \text{ kN/cm}^2$	$\sigma_{x,em} = 41 \text{ kN/cm}^2$
		cm^2	kN	kN
1	M12	0,843	30,5	34,5
2	M16	1,570	56,5	64,5
3	M20	2,450	88,0	100,5
4	M22	3,030	109,0	124,0
5	M24	3,530	127,0	144,5
6	M27	4,590	165,0	188,0
7	M30	5,610	202,0	230,0
8	M36	8,530	307,1	349,7

Çizelge A. 6: İMO-02,Çekme Kuvvetleri

Tablo 7.18.b Plansız şekilde öngerilmelendirilen yüksek mukavemetli bulonların eksenleri doğrultusunda kN cinsinden emniyetle aktarabilecekleri çekme kuvveti: (8.8 kalitesindeki bulonlar için)				
Sıra NO	1	2	3	4
	BULON ÇAPI	Bulon dışdibi Enkesit alanı A_s	Yükleme Durumu	
			EY	EİY
			$\sigma_{x,em} = 36 \text{ kN/cm}^2$	$\sigma_{x,em} = 41 \text{ kN/cm}^2$
		cm^2	kN	kN
1	M12	0,843	21,6	24,5
2	M16	1,570	40,2	45,7
3	M20	2,450	62,7	71,3
4	M22	3,030	77,6	88,2
5	M24	3,530	90,4	102,7
6	M27	4,590	117,5	133,6
7	M30	5,610	143,6	163,3
8	M36	8,530	218,4	248,2

Çizelge A. 7: İMO-02,Gerekli Öngerme Kuvvetleri

Tablo 7.20. Gerekli Öngerilme Kuvveti: P_r (kN) (8.8 ve 10.9 kalitesindeki yüksek mukavemetli bulonlar için)								
Bulon Malzemesi	Bulonlar							
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
10.9	50	100	160	190	220	350	350	510
8.8	35	70	112	133	154	203	245	357

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Abdullah YUFKACI

Doğum Yeri ve Tarihi: Amasya 11.09.1981

Adres: İstanbul

Lisans Üniversite: Yıldız Teknik Üniversitesi