

**KAFES KİRİŞLİ BİR UÇAK HANGARININ
KARŞILAŞTIRMALI DEPREM HESABI
KULLANILARAK EUROCODE 3'E GÖRE
BOYUTLANDIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Arman Cinel
(501021033)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Haziran 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 20 Haziran 2006**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Güliz BAYRAMOĞLU
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Alpay ÖZGEN (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Gülay ALTAY (B.Ü.)**

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında desteğini ve hoşgörüsünü esirgemeyen hocam Doç .Dr . Güliz Bayramoğlu'na , bilgi ve tecrübesi ile değerli yardımlarından dolayı Sn. Prof. Dr. Alpay Özgen'e ve her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Haziran, 2006

Arman Cinel

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	

1 Giriş	1
1.1.Yapı Hakkında Genel Bilgi	1
1.2 Yapı Statik Sistemi	2
1.3 Tasarımda Kullanılan Yapı Malzemesi Özellikleri	7
2 .Uçak Hangarları Statik Sistemleri ve Uçak Tipleri	9
2.1 Uçak Hangarları Taşıyıcı Sistemleri	9
2.2 Uçak Tipleri	14
3.Eurocode 3'ün Genel Tasarım İlkeleri	
3.1 EC 3 Hakkında Genel Bilgi	15
3.2 Genel Tasarım Kuralları	15
3.2.1 Sınır Durum Tasarımı	16
3.2.2 Yükler,Yükleme Durumları ve Kısmi Güvenlik Faktörleri	16
3.2.3 Malzeme Karakteristik Özellikleri	18
3.2.4 Yapısal Kusurların Tasarıma Etkisi	21
3.2.5 Kesit Tasarım Etkilerinin Hesap Yöntemleri	27
3.2.6 Kesit Dayanımları	32
3.2.6.1.Çekme Elemanları	32

3.2.6.2 Basınç Elemanları	32
3.2.6.3 Sadece Eğilmeye Çalışan Elemanlar	33
3.2.6.4 Kesme Etkisi	34
3.2.6.5 Moment ve Kesme Etkisi	35
3.2.6.6 Moment ve Normal Kuvvet Etkisi	36
3.2.7 Burkulma Dayanımı	38
4.Lineer Integrasyon Yöntemi ile Deprem Hesabı	44
5 . Yapının Boyutlandırılması	
5.1 Yük Analizi	48
5.2 Deprem Yüklerinin incelenmesi	51
5.3 Sistemde kullanılacak çubukların enkesit sınıflarının değerlendirilmesi	55
5.4 Aşık Hesabı	57
5.4.1 Aşık Ekinin Düzenlenmesi	61
5.5 Tali Makas Çubuklarının Boyutlandırılması	64
5.5.1 Tali Makas Çubukları Kaynaklı Ek Detayları	68
5.5.2 Tali Makas Bindirme Levhalı Kiriş Eki Tasarımı	76
5.5.3 Tali Makas Kolonunun Tasarımı	80
5.5.4 Tali Makas Kolon Bağlantı Detayı	82
5.5.5 Tali Makas Ana Makas Birleşim Detayı	89
5.6. Ana Makas Çubuklarının Boyutlandırılması	94
5.6.1.Ana Makas Kaynaklı Birleşim Detayı	98
5.7 Ana Makas Kolonunun Boyutlandırılması	102
5.7.1 Ana Makas Kolon Eki Teşkili	103
5.7.2 Ana Makas Kolon Bağlantı Detayı	107
5.7.3 Ana Makas Bindirme Levhalı Eki Tasarımı	111
5.7.4 Ana Makas Kolon Ayağı Tasarımı	118
5.8 Yan Cephe Kuşakların Tasarımı	126
5.9 Yan Cephe Dikmesinin Tasarımı	128
5.10 Dikme Ayağı Tipik Detayı	130

5.11 Stabilité Bağlantılarının Boyutlandırılması	133
5.12 Ankraj bulonu detayı	135
6.Sonuçların değeriendirilmesi	
6.1 Periyodlar ve Kütle Katılım Oranları	138
6.2 Taban Kesme Kuvvetleri	139
6.3 Yerdeğiştirmeler	143
6.4 Sonuç	146
KAYNAKLAR	150
ÖZGEÇMİş	151

KISALTMALAR

EC 3 : Eurocode 3

ECCS : Commission of The European Communities

ABYYHY : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

TS : Türk Standartları

ISO : International Standards Organization

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1 :Bulonların Akma ve Kopma Nominal Değerleri.....	7
Tablo 1.2 :Kaynakların Çekme Dayanımları ve Düzeltme Katsayıları.....	8
Tablo 3.1 :Sıcak Hadde Profillerin Akma ve Kopma Nominal Değerleri.....	19
Tablo 3.2 :Sıcak Hadde Profillerin Akma ve Kopma Nominal Değerleri.....	20
Tablo 3.3 :Başlangıç Eğriliği Tasarım Değerleri	22
Tablo 3.4 :Burkulma Eğrileri için Kusur Faktörleri.....	24
Tablo 3.5 :Enkesitlerin Sınıflandırılması.....	28
Tablo 3.6 :Enkesitlerin Sınıflandırılması.....	29
Tablo 3.7 :Enkesitlerin Sınıflandırılması.....	30
Tablo 3.8 :Enkesitlerin Sınıflandırılması.....	31
Tablo 3.9 :Enkesitlerin Burkulma Gerilmesi Eğrileri.....	40
Tablo 3.10 :Azaltma Katsayısı.....	42
Tablo 3.11 :Başlangıç Eğrilikleri.....	43
Tablo 3.12 :Yanal Burulmalı Burkulma Eğrileri için Önerilen Kusur Faktörleri	44
Tablo 5.1 :Taban Kesme Kuvvetleri.....	52
Tablo 5.2 :Tasarım Kuvvetleri Etkileşim Katsayıları	67
Tablo 5.3 :Tasarım Kuvvetleri Etkileşim Katsayıları	68
Tablo 5.4 :Tasarım Kuvvetleri Etkileşim Katsayıları	97
Tablo 5.5 :Tasarım Kuvvetleri Etkileşim Katsayıları	98
Tablo 6.1 : Frekans ve periyotlar.....	138
Tablo 6.2 : Kütle Katılım Oranları.....	139
Tablo 6.3 :Taban Kesme Kuvvetleri.....	139

ŞEKİL LİSTESİ

Syf.No.

Şekil 1.1	: Hangar Üç boyutlu görünüşü	1
Şekil 1.2	: Tali Makas	2
Şekil 1.3	: Ana Makas	4
Şekil 1.4	: 1-15 aksı Stabilitite Bağlantıları	5
Şekil 1.5	: M aksı Stabilitite Bağlantıları	5
Şekil 1.6	: Çatı Stabilitite Bağlantıları	6
Şekil 2.1	: Örnek Uçak Hangarı Görüntüsü	11
Şekil 2.2	: Uçak Hangarı Statik Sistemi	12
Şekil 2.3	: Uçak Hangarı Statik Sistemi	13
Şekil 2.4	: Uçak Hangarı Statik Sistemi	13
Şekil 2.5	: Uçak Hangarı Statik Sistemi	14
Şekil 2.6	: Uçak Hangarı Statik Sistemi	14
Şekil 2.7	: Uçak Tipleri	15
Şekil 3.1	: Başlangıç Ötelenme Kusuru	23
Şekil 3.2	: Ötelenme Eşdeğer Yüğü	24
Şekil 3.3	: Başlangıç Eğriliğı Eşdeğer Yüğü	24
Şekil 3.4	: Çapraz Sistemleri Kusurları	26
Şekil 3.5	: Enkesitlerin Burkulma Eğrileri	41
Şekil 5.1	: Kapının Kapalı Rüzgarın Soldan Esmesi Durumu	49
Şekil 5.2	: Kapının Kapalı Rüzgarın Sağdan Esmesi Durumu	49
Şekil 5.3	: Kapının Açık Rüzgarın Soldan Esmesi Durumu	50
Şekil 5.4	: Kapının Açık Rüzgarın Sağdan Esmesi Durumu	51
Şekil 5.5	: Bolu Düzce Depremi İvme Kayıtları	54
Şekil 5.6	: Aşık Eki Detayı	61

Şekil 5.7 : Düğüm noktası Tip 1	69
Şekil 5.8 : Düğüm noktası Tip 2	72
Şekil 5.9 : Düğüm noktası Tip 3	74
Şekil 5.10 : Tali makası eki	76
Şekil 5.11 : Tali makas kolon bağlantı detayı	82
Şekil 5.12 : Tali makas ana makas bağlantı detayı-1	88
Şekil 5.13 : Tali makas ana makas bağlantı detayı-2	89
Şekil 5.14 : Ana makas kaynaklı birleşim detayı	101
Şekil 5.15 : Ana makas kaynaklı kolon eki detayı	103
Şekil 5.16 : Ana makas –ana makas kolonu birleşim detayı-1	106
Şekil 5.17 : Ana makas – ana makas kolonu birleşim detayı-2	107
Şekil 5.18 : Ana makas eki birleşim detayı	112
Şekil 5.19 : Ana makas kolon ayağı	118
Şekil 5.20 : Dikme Ayağı Tipik Detayı	132
Şekil 5 21 :Stabilite Bağlantısı Tipik Detayı:	133
Şekil 5.22 :Ankraj Bulonu Detayı	135
Şekil 6.1 : KG-X doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamanla değ.	140
Şekil 6.2 : KG-Y doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamanla değ.	140
Şekil 6.3 : DB-X doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zam.değ.	141
Şekil 6.4 : DB- Y doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana bağlı de	142
Şekil 6.5 : KG doğrultunda X yönünde Ana makas tepe nok. zam .değ.	143
Şekil 6.6 : DB doğrultusunda X yönünde Ana makas tepe nok.zam.değ.	144
Şekil 6.7 : KG doğrultusunda Y yönünde Ana makas tepe nok. zam. Değ	144
Şekil 6.8 : DBdoğrultusunda Y yönünde Ana makas tepe nok.zam değ.	145

Üniversitesi
Enstitüsü
Anabilim Dalı
Programı
Tez Danışmanı
Tez Türü ve Tarihi

: İstanbul Teknik Üniversitesi
: Fen Bilimleri
: İnşaat Mühendisliği
: Yapı Mühendisliği
: Doç. Dr. Güliz Bayramoğlu
: Yüksek Lisans – Haziran 2006

ÖZET

KAFES KİRİŞLİ BİR UÇAK HANGARININ KARŞILAŞTIRMALI DEPREM HESABI KULLANILARAK EUROCODE 3'E GÖRE BOYUTLANDIRILMASI

Arman CİNEL

Bu çalışmada Kafes Kirişli Uçak Hangarı tasarımı Eurocode 3' göre eşdeğer deprem yükü ve zaman tanım alanında analiz yöntemlerinin karşılaştırılmasıyla yapılacaktır. Söz konusu Uçak Hangarı 60m x70 m kapalı alana sahip olmakla birlikte net yüksekliği 20 m dir.Yapı statik sistem olarak enine doğrultuda düzenlenmiş tali makaslar ve bunların mesnetlendiği ana makastan oluşmaktadır.Yapı statik sistemi ile uçak hangarları taşıyıcı sistemlerine ait örnekler gösterilmiştir.Hesapların temelini oluşturan Eurocode 3'e göre yapı tasarımı ile ilgili bilgiler verilmiştir.Zaman Tanım alanında kullanılacak ivme kayıtları Bolu-Düzce Depremi sırasında deprem araştırma merkezi tarafından kaydedilmiş ivme kayıtlarıdır.Zaman tanım alanlı hesapta Newmark metodu kullanılacaktır.Bu methodla ilgili gerekli açıklamalar yapılmıştır.

Eşdeğer statik deprem yükü ve zaman tanım alanında elde edilen sonuçlar ABYYHY'e göre karşılaştırılacaktır.Yapı statik sisteminin uygun bilgisayar programı ile 3 boyutlu analizi yapılmıştır.Zaman tanım alanında hesap yapmak yapı davranışının daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır.Yapılan hesaplar sonucunda yapı ABYYHY'de belirtilen sınırlar içerisinde boyutlandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Eurocode 3, Zaman Tanım Alanı, Uçak Hangarı,Lineer İntegrasyon Metodu, Taşıma Gücü Hesap Yöntemi

Bilim Dalı Sayısal Kodu: 624.03.01

University : İstanbul Technical University
Institute : Institute of Science and Technology
Science Programme : Civil Engineering
Programme : Structural Engineering
Supervisor : Doç. Dr. Güliz Bayramoğlu
Degree Awarded and Date : M.S – June 2006

ABSTRACT

DESIGN OF TRUSS SYSTEM AIRCRAFT HANGAR ACCORDING TO EUROCODE 3 WITH USING COMPERATIVELY SEISMIC ANALYSIS

Arman CİNEL

In this study, Truss System Aircraft Hangar have been designed according to Eurocode'3 design rules with using comparatively time history analysis method and equivalent seismic force method. Statical system of the aircraft hangar mentioned about, is a truss members spans lenght is 60m in a short direction and joined with the main truss system in long direction. Also Statical sytems of the aircraft hangars being mentioned in this study. Eurocode 3 is being followed for all analysis steps and calculations, in additionally have been explained basicly. Bolu-Düzce Earthquake acceleration records which saved by Earhquake Meteorology Station being used in time history analysis. Newmark lineer direct integration methods being used in time history analysis and main concepts of this anlysis have been explained.

At the end of the study; results of three dimensional computer analysis being checked according to ABYYHY with compared inner stress and displacements. Time History Analysis have been gave more information about behaivor of the structures and allowed to find real acceptable design safe level.

Keywords: Eurocode3, Time History Analysis, Aircraft Hangar, Lineer Integration Method , Limit States Design.

Science Code: 624.03.01

SEMBOL LİSTESİ

A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
I	: Bina önem katsayısı
n	: Hareketli yük katılım katsayısı
Z_2	: Yerel zemin sınıfı
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
T	: Bina doğal titreşim periyodu
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
$R(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
h	: Profil yüksekliği
b	: Profil genişliği
t_w	: Profil gövde kalınlığı
t_f	: Profil başlık kalınlığı
d	: Profil gövdesinin düz kısmının uzunluğu
I_y	: Kuvvetli eksen atalet momenti
I_z	: Zayıf eksen atalet momenti
A	: Enkesit alanı
$W_{y,el}$	: Kuvvetli eksen elastik mukavemet momenti
$W_{z,el}$	: Zayıf eksen elastik mukavemet momenti
$W_{y,pl}$	: Kuvvetli eksen plastik mukavemet momenti
$W_{z,pl}$	: Zayıf eksen plastik mukavemet momenti
i_y	: Kuvvetli eksen atalet yarıçapı
i_z	: Zayıf eksen atalet yarıçapı
I_t	: Enkesit burulma dayanımı
I_w	: Enkesit çarpılma dayanımı
N_{Sd}	: Eksenel yük tasarım değeri
M_{Sd}	: Eğilme momenti tasarım değeri
V_{Sd}	: Kesme kuvveti tasarım değeri
$N_{pl,Rd}$	: Brüt enkesit plastik tasarım dayanımı
$N_{u,Rd}$	: Net enkesit sınır tasarım dayanımı
$N_{b,Rd}$	: Enkesit burkulma dayanımı
A_{net}	: Net enkesit alanı
E	: Elastisite modülü
ν	: Poisson sayısı
G	: Kayma modülü
α_t	: Lineer ısı katsayısı
f_y	: Akma gerilmesi
f_u	: Çekme dayanımı
γ_o	: Merkezi güvenliği katsayısı
γ_P	: Anma güvenliği katsayısı

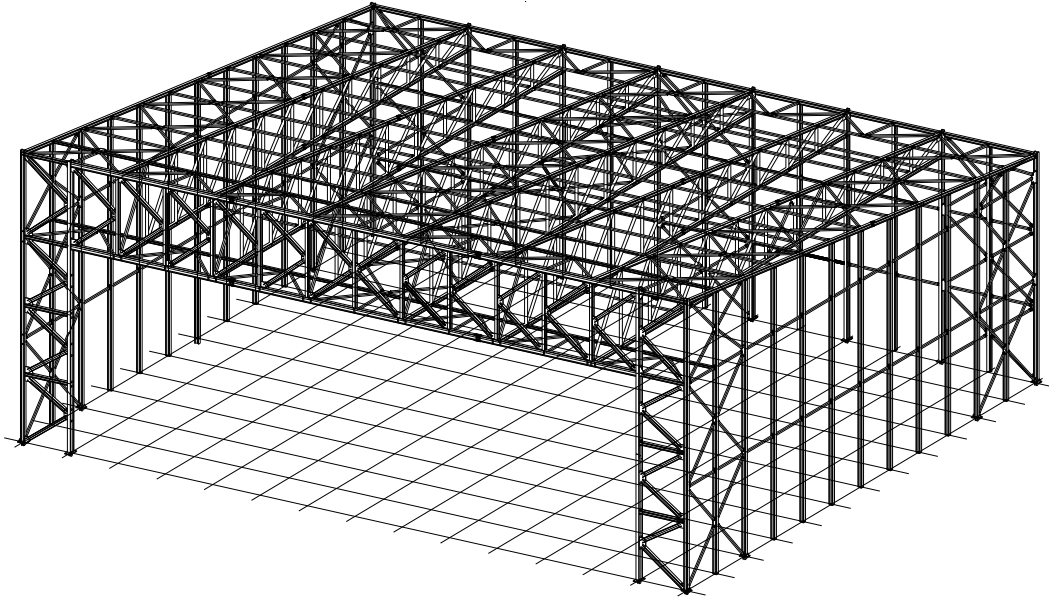
S_d	: Etkilerin tasarım değeri
R_d	: Etkilerin dayanım değeri
$G_{k,j}$	: Sabit etkilerin karakteristik değerleri
$Q_{k,1}$	: Değişken bir etkinin karakteristik değeri
$Q_{k,i}$	: Diğer değişken etkilerin karakteristik değerleri
$\gamma_{G,j}$	: $G_{k,j}$ sabit etkisinin kısmı güvenlik katsayıları
$\gamma_{Q,i}$	: $Q_{k,i}$ hareketli etkilerinin kısmı güvenlik katsayıları
ρ	: İndirgeme faktörü
λ_p	: Plak narinliği
β_A	: Kesit indirgeme katsayısı
λ	: Narinlik
λ_1	: Kıyaslanma narinliği
X	: Burkulma modu azaltma çarpanı
α	: Kusur katsayısı
$M_{c,Rd}$	: Enkesit eğilme dayanımı
A_v	: Kesme kuvveti enkesit alanı
$A_{v,ef}$	: Kesme kuvveti indirgenmiş enkesit alanı
δ_0	: Yüksüz durumda ters sehim
δ_1	: Sabit yüklerin meydana getirdiği sehim
δ_2	: Değişken yükler + sabit yüklerin zamana bağlı olarak meydana getirdiği sehim
δ_{max}	: Mesnetleri birleştiren doğruya göre en son durumda sehim
W_{com}	: Basınca maruz kenar life göre elastik mukavemet momenti
$N_{t,Sd}$	: Çekme kuvveti tasarım değeri
X_{LT}	: Yanal burulmalı burkulma indirgeme katsayısı
k, k_w	: Etkili boy katsayıları
I_{LT}	: Eğilme düzlemi dışına burkulmada burkulma boyu
L_{LT}	: Yanal doğrultuda tutulu noktalar arası uzunluk
M_{cr}	: Kritik eğilme momenti
β_M	: Eşdeğer üniform moment katsayısı
S_c	: Spektrum katsayısı
P_s	: Kar yükü
H	: Zeminde yükseklik
C_A	: Rüzgar yükü katsayısı
g	: Yerçekimi ivmesi
ξ	: Sönüm oranı
Z_{Rd}	: Çekme kuvveti dayanım değeri

1.GİRİŞ

1.1 Yapı Hakkında Genel Bilgi

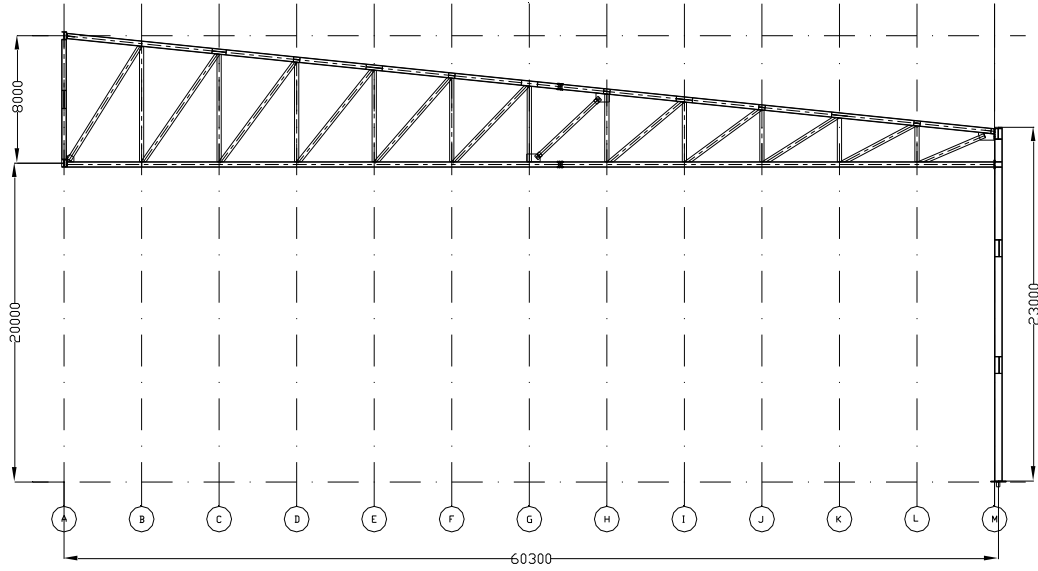
Tasarlanan yapı 70 m x 60 m kapalı bir alana sahip uçak hangarıdır.Yapının maximum yüksekliği 28m olup çatı eğimiyle 22 m ye kadar düşmektedir.Kapalı alan içerisindeki maximum yükseklik ise 20 m olarak planlanmıştır.Yapının ön cephesi istenildiği zaman açılabilir şekilde ,diğer üç cephesi ise kapalı olacak şekilde tasarlanmıştır.Cephelerde ve çatıda trapezoidal sandviç sac panel kullanılmıştır.Ön cephede 10 m lik kayar kapıların açılmasıyla 60m lik bir girişe imkan tanınmaktadır.Kapı sisteminin yapının ön cephesinde bulunan ana taşıyıcı makasın iç tarafına yerleştirilmesi düşünülmüştür.Hangarın uçak kapasitesi uçak tiplerine göre değişmekte olup,uçak tipleri ve boyutlarıyla ilgili bilgi ileride verilecektir.

1.2 Yapı Statik Sistemi



Şekil 1.1: Hangar Üç Boyutlu Görünüşü

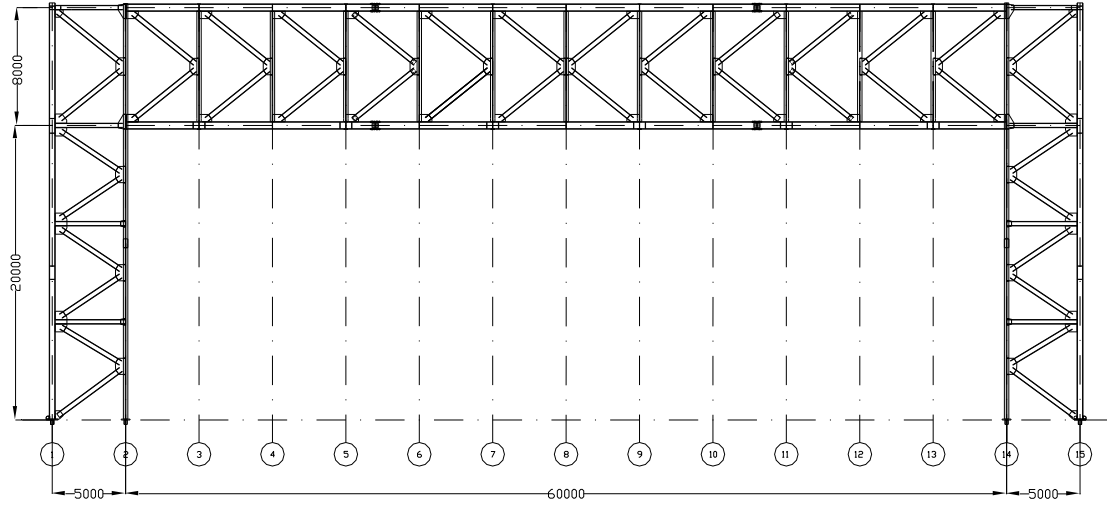
Yapı taşıyıcı ana iskeletini enine doğrultuda 10'ar m ara ile düzenlenen 6 adet tali makas ve boyuna doğrultuda bu tali makasların mesnetlendiği ana makas oluşturmaktadır. Çatıdan gelen yükler 2.5 m aralıkla düzenlenen aşıklarla tali makaslara aktarılacaktır. Aşık açıklığının 10 m olması dolayısıyla geniş başlıklı Avrupa profiller boyutlandırılarda tercih edilmiştir. Aşıklardan gelen kuvveti aktarması düşünülen tali makaslar 60 m açıklıkta geçilmiş kaynaklı kafes kirişlerden ibarettir. Tali makas kaynaklı iki parça olarak tasarlanmıştır.



Şekil 1.2: Tali Makas

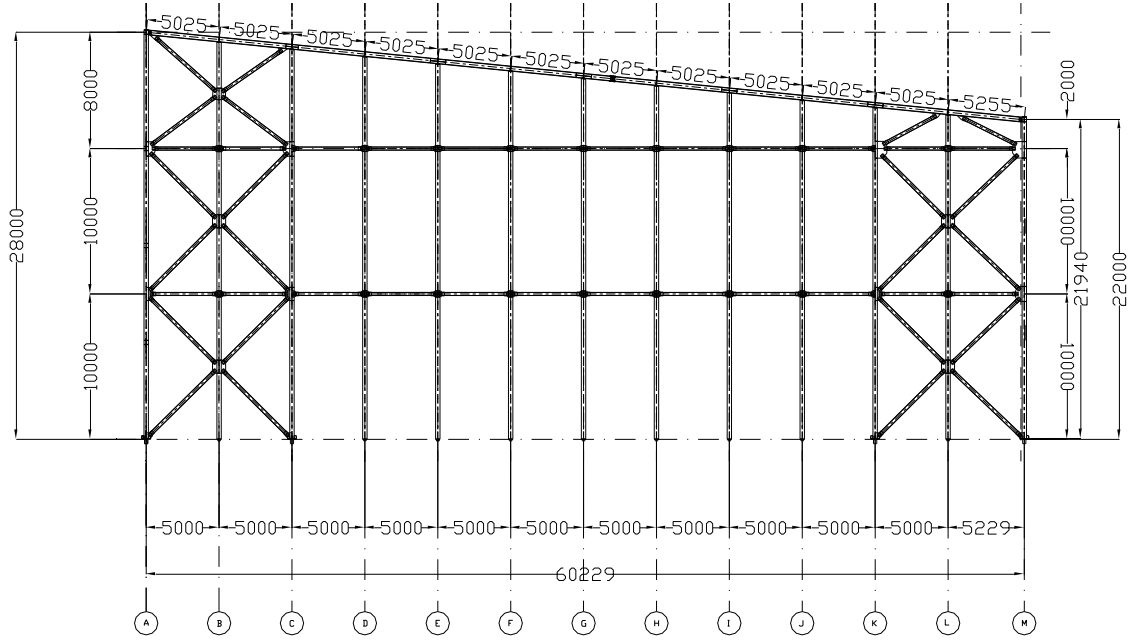
Tali makas üst ve alt başlıkları hadde profillerden seçilmiştir. Çapraz ve dikmelerde ise boru kesitler tercih edilmiştir. Tali makas yüksekliği, ön cephede 8 m iken çatı eğimiyle birlikte yapı arka cephesinde 2 m' ye düşmektedir. Tali makas üst ve alt başlıklarının düzlem dışında stabiliteleri tali makas alt başlık ve üst başlık düzleminde düzenlenen çapraz bağlantıları ile sağlanmıştır.

Yapı ön cephesinde tali makasların mesnetlendiği ana makas, 8 m yüksekliğinde tasarlanmıştır.

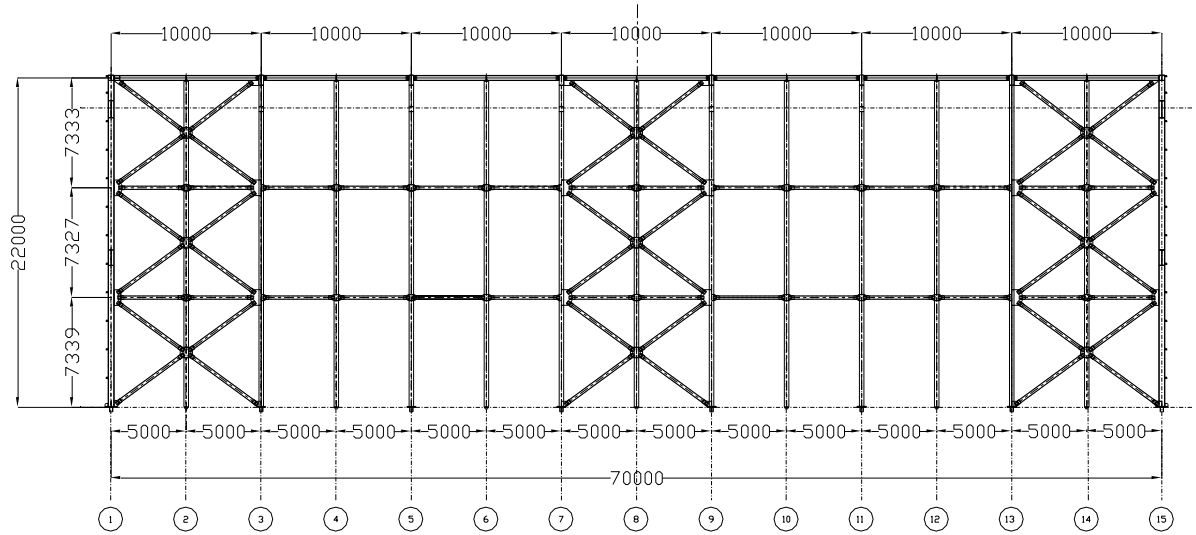


Şekil 1.3: Ana Makas

Ana makas kolonu 60 m uzunluğunda olup montaj aşaması düşünülerek kaynaklı üç parça olarak tasarlanmıştır. Ön cephede bulunan ana makas kolon sistemi kaynaklı olarak düzenlenip montaj aşamasında tek parça olarak kaldırılacaktır. Ana makas dikme ve çaprazları hadde profil olarak seçilmiştir. Hangarın boyuna ve enine doğrultudaki stabilitesi süneklik düzeyi normal merkezi çapraz sistemleriyle sağlanmıştır.

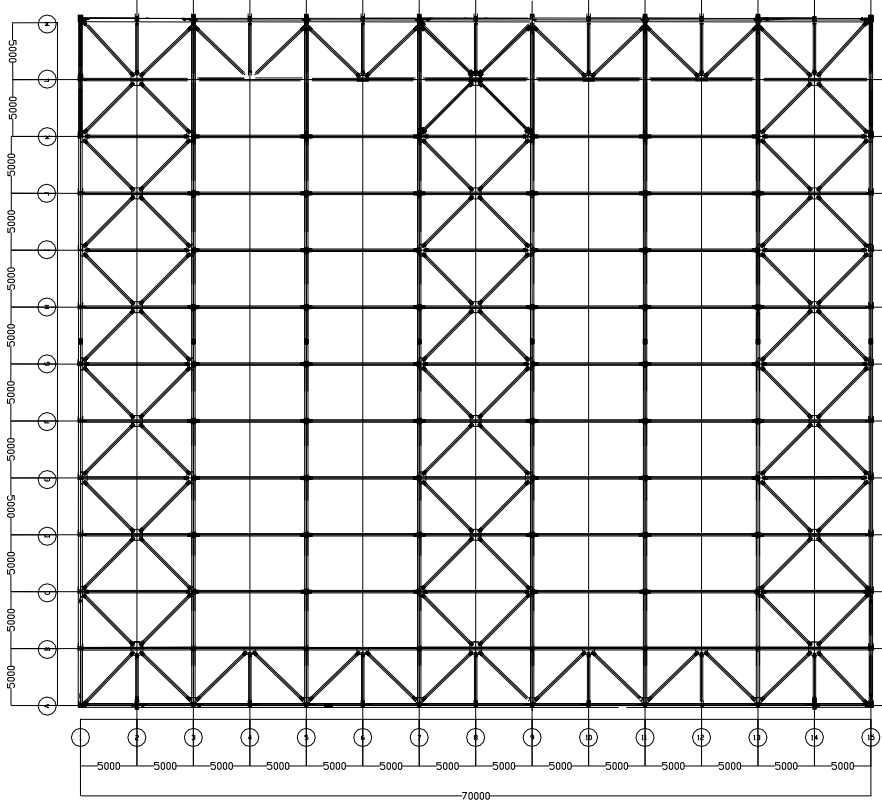


Şekil 1.4: 1-15. aks düşey stabilite bağlantıları



Şekil 1.5: M aksı Düşey Stabilite bağlantıları

Yapı yüksekliğinin ve açıklıklarının büyük olması sebebiyle çatı stabilite bağlantıları tali makas üst başlık seviyesinde aşık sisteminden bağımsız olarak düzenlenmiştir.



Şekil 1.6: Çatı Düzlemi Stabilite Bağlantıları

1.3 Tasarımda Kullanılan Yapı Malzemesi Özellikleri

1.3.1 Yapısal Çelik

Yapıda tali ve ana makas üst ve alt başlık çubukları,ve ayrıca ana makas kolonunda Fe510 malzeme yapı çeliği kullanılırken ; aşıklar ,ana ve tali makas dikme ve çaprazlarında Fe360 kalitesinde çelik kullanılmıştır. Yapıda kullanılan birleşim levhalarında ise Fe360 ve Fe510 yapı çeliği kullanılmıştır. Euronorma göre seçilen çeliğin karakteristik değerleri ile ilgili bilgilere,Eurocode 3 tasarım ilkeleriyle ilgili bilgiler verilirken değinilecektir.

1.3.2 Birleşim Elemanları

Yapıda moment aktaran veya kesme kuvvetiyle fazla zorlanan birleşimlerde yüksek mukavemetli 10.9 kalitede bulon,ankrajlarda 5.6 kalitede bulon kullanılmıştır.Aşağıda bulon akma ve kopma dayanımlarının nominal değerleri verilmiştir.

Tablo 1.1: Bulonların akma ve kopma dayanımı nominal değerleri

Bulon Kalitesi	4.6	5.6	8.8	10.9
Fy(N/mm ²)	240	300	640	900
Fu(N/mm ²)	400	500	800	1000

Küt kaynakla yapılan birleşimlerde birleşen parçalardan zayıf olanın dayanımı alınırken yapılan köşe kaynaklı birleşimlere ait kopma dayanımları ve β düzeltme katsayıları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1.2: Kaynakların Çekme Dayanımı ve Düzeltme Katsayıları

Çelik	$f_u(N/mm^2)$	β
Fe 360	360	0.8
Fe 430	430	0.85
Fe 510	510	0.9

1.3.2.1 Beton

Yapıda sadece temelde beton kullanılmıştır.Kullanılan beton sınıfı C25(BS 25) olup donatı BÇI ve BÇ III sınıfına aittir.

Doğal Koşullar

1.3.3.1. Zemin

Zemin emniyet gerilmesi $20kN/cm^2$ olup yapıyı taşıyacak zemin Z2 sınıfıdır.

1.3.3.2.Deprem

1.derece deprem bölgesinde yer alan yapıda A_0 etkin ivme yer katsayısı 0,40 dır.Deprem hesabı eşdeğer statik deprem yükü metodu ve zaman tanımlı alanda lineer integrasyon yöntemi ile karşılaştırmalı olarak verilecektir.Kullanılacak olan ivme kayıtları Bolu-Düzce Depremine ait olup Deprem Araştırma Dairesinden elde edilmişlerdir.

1.3.3.2 .Kar

Yapının TS 498 e göre 1.Bölgede yer aldığı kabul edilmiştir.

2.UÇAK HANGARLARI STATİK SİSTEMLERİ VE UÇAK TİPLERİ

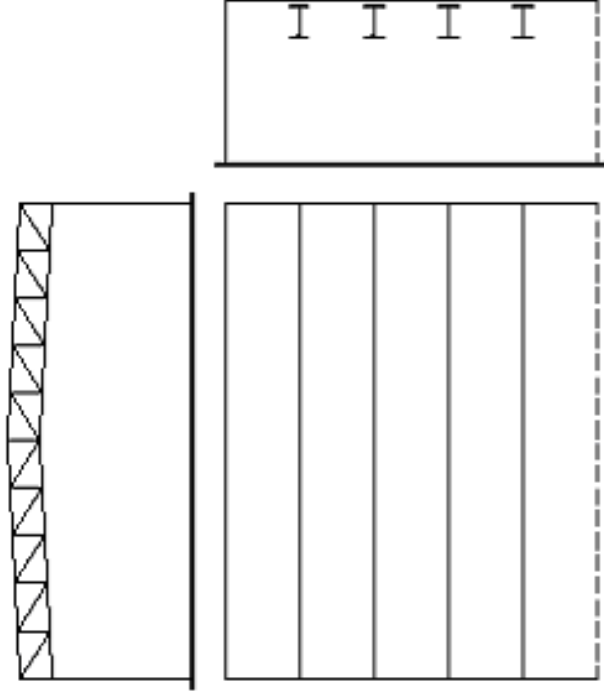
2.1 Uçak Hangarları Taşıyıcı Sistemleri

Uçak Hangarları tasarlanırken geniş alanları mümkün mertebe kolonsuz geçerek yapı içerisinde maximum boş alanı yaratabilmek amacı hakimdir. Uçak Hangarlarının bir cephesi uçak giriş çıkışına imkan verilebilecek şekilde tasarlanır. Bu cephedeki kapı sistemleri sisteme asılı olarak veya raylı olarak teşkil edilebilir. Günümüzde otomatik olarak açılabilen raylı sistem üzerine oturan kayar kapılar daha sık kullanılmaktadır. Bu tarz kapılarda kapı açıldığında kapının toplanma kısmı uçak hangarı dışına veya içine düzenlenecek ceplerle sağlanabilir. Kapıların düzenlenmesinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus yapının deprem etkisi altında ve çeşitli yükleme koşullarında meydana gelebilecek sehimlerle kapı sisteminin açılmasında oluşabilecek aksaklıklardır. Genel olarak uçak hangarları aynı zamanda uçak bakım hangarı olarak kullanılmakta, yapı içerisinde veya yanında ek binalar, atölyeler kurulmaktadır. Yapı genişliğinin uzun olması nedeniyle kurulacak olan tavan vinçleri yapı statik sistemine asılacak şekilde düzenlenir.(Overhang crane). Genelde 1 veya 2 asma vinçle düzenlenecek uçak hangarlarında yükleme kombinasyonlarının çokluğu ve vinçlerin çalışması ile ilgili sehim kuralları tasarımcıyı zorlamaktadır.

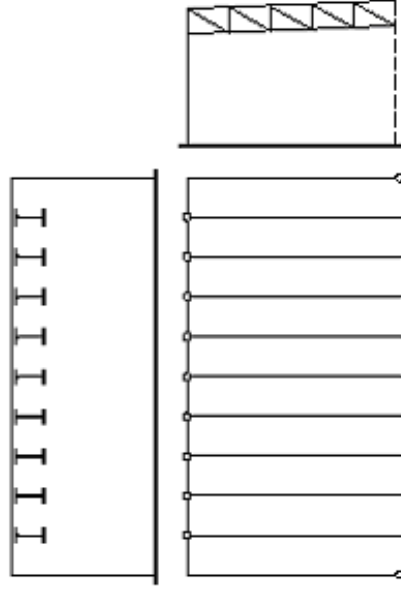


Şekil 2.1: Örnek bir Uçak Hangarı Görüntüsü

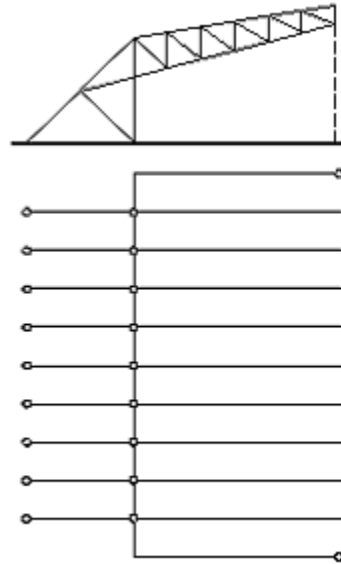
Aşağıda uçak hangarlarının taşıyıcı sistemine ait örnekler verilmiştir.



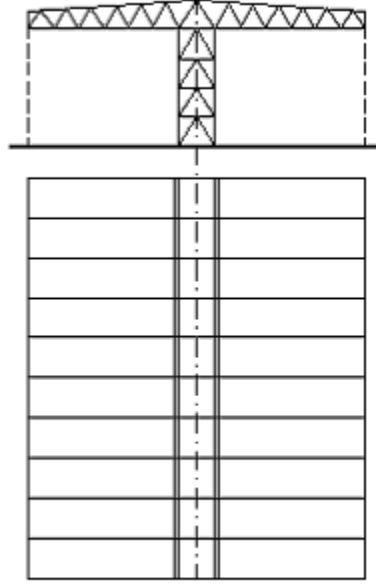
Şekil 2.2: Makaslar kapıya paralel büyük açıklık üzerinde



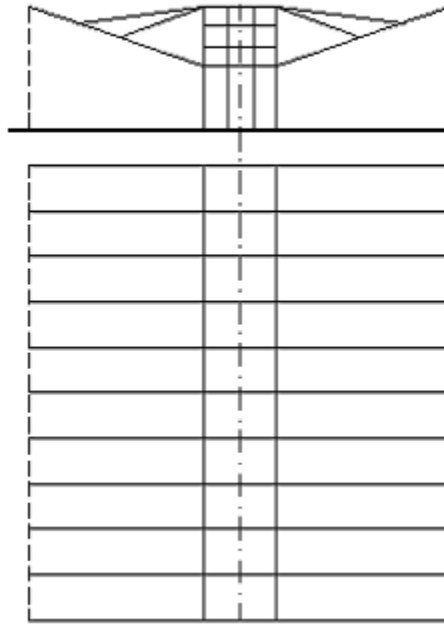
Şekil 2.3: Makaslar enine doğrultuda kapıya dik,boyuna doğrultuda makasa mesnetli



Şekil 2.4: Konsollu Makas Sistemler



Şekil 2.5: Ortada düzenlenen burulma rijitlikli kiriş üzerine mesnetli konsol kirişler



Şekil 2.6: Ortada düzenlenen masif yapı üzerine kablolarla asılan konsol makas sistemler

2.2 Uçak Tipleri

Bu kısımda hangarın boyutlandırmasında rol oynayan uçak tiplerinin ölçüleri verilecektir.

Uçak Tipleri	Kanat Açıklığı	Uçak Boyu	Kanat Yüksekliği
Hawker Siddely Trident 3B Großbritannien 1971	29.87	39.98	8.61
Kurzstrecken-Verkehr Aérospatiale SE 210 Caravelle 12 Frankreich 1971	34.3	36.24	9.01
Kurz- u Mittel strecken-Verkehr McDonnell Douglas DC 10-30 USA 1967	45.23	57.12	12.92
Langstrecken-Verkehr Boeing 707 versch.Var. USA seit 1958	44.42	46.61	12.94
Langstrecken-Verkehr Boeing 727-200 versch.Var. USA seit 1959	32.92	46.68	10.65
Langstrecken-Verkehr Tupelov TU-144 UdSSR 1971	24.7	55	12
Überschall-Langstrecken-Verkehr Airbus A300 USA 1975	44.84	54.08	16.52

Şekil 2.7: Uçak tipleri

3. Eurocode 3'ün Genel Tasarım İlkeleri

3.1 EC 3 Hakkında Genel Bilgi

Avrupa Birliği komisyonu tarafından 1975 yılında yapısal alanda gösterilen faaliyetler için bir eylem planı alınması kararlaştırılmıştır. Bu plan doğrultusunda farklı birlik üyesi ülkelerin kullandıkları standartların harmonize edilmeye çalışılması ve bir çeşit ortak dil gibi, kullanılan diğer standartların yanında ortak bakış açısını kapsayan bir standartlar dizini oluşturulmaya çalışılmıştır. EN 1993-Eurocode 3, 15 yılı aşkın çalışmalar sonunda oluşturulan bu çalışmalardan biridir. EC 3 ü altı ana kısımda toplayabiliriz.

Bunlar;

EN 1993-1 Binaların Genel Tasarım İlke ve Kuralları

EN 1993-2 Çelik Köprüler

EN 1993-3 Kule ve Baca Tipi Yapılar

EN 1993-4 Tank,Silo ve Boru Hatları

EN 1993-5 Kazıklar

EN 1993-6 Vinç Destekli Yapılar

Binaların genel tasarım kuralları başlığı altında yangına karşı dayanım, soğukta şekil verilmiş çelik ile ilgili tasarım kuralları,paslanmaz çeliğin kullanımı, plakalı yapılar, plak ve silindirik yapıların dayanım ve stabilitesi, kırılma (çatlak) dayanımı ve yüksek mukavemetli çelik konuları başlıklarında tasarım hesapları incelenmiştir.

3.2 Genel Tasarım Kuralları

3.2.1 Sınır Durum Tasarımı

Bu kapsamda taşıma yükü sınır durumu ve kullanma yükleri sınır durumları ele alınacaktır. Amaç yapının veya yapıyı oluşturan herhangi bir elemanın maksimum yük ve deformasyon etkileri altında maksimum dayanımının hesaplanmasıdır.

Taşıma yükü sınır durumunda yük taşıma kapasitesi, akma, burkulma, statik denge ve stabilite etkilerine karşı limit durum değerlendirilecek, bazı durumlarda örneğin düşük tekrarlı hareketlerde kırılma davranışları göz önüne alınacaktır.

Kullanma yükü sınır durumunda yapının vibrasyon, deformasyon etkileri altında davranışları incelenerek, gerekli sınırlandırmalar yapılacaktır.

3.2.2 Yükler, Yükleme Durumları ve Kısmi Güvenlik Faktörleri

Yükler EC 3-1' de etkiler başlığı altında incelenmektedir. Etkiler yapının kendi ağırlığı gibi sabit etkiler; döşeme üzeri yükleri, kar yükü ve rüzgar yükleri gibi hareketli etkiler ve deprem, çarpışma, patlama etkisi gibi ani etkiler olarak ayrılmaktadır. Bu etkilerin karakteristik yük değerleri G_k , Q_k ve A_k ile ifade edilirler. Temel yaklaşım yapıyı kullanma süresince meydana gelebilecek etkilere karşı olasılıklı sınırlar içinde boyutlandırmaktır.

Karakteristik yük F_k kısmi güvenlik faktörleriyle çarpılarak (γ_F) tasarım yükü (F_d) elde edilir.

$$F_d = \gamma_F F_k$$

EC 3 -1 ve 3 de üç kısmi güvenlik katsayısı aşağıdaki gibidir.

γ_G ; Sabit Yükler için

γ_Q ; Hareketli Yükler için

γ_A ; Ani yükler için

Yapıya eğilme momenti, kesme kuvveti gibi etkiler tasarım etkileri olarak S_d olarak alınırlar.

Dayanımın tasarım değeri R_d ise karakteristik dayanım R_k nın kısmi güvenlik katsayılarıyla γ_M (malzeme özelliklerinden kaynaklanan)'e bölünmesi ile elde edilir.

Taşıma gücü sınır yük durumunda ;

- $S_{d,dst} \leq S_{d,stb}$ (Statik Denge Durumu)
- $S_d \leq R_d$

şartları sağlanmalıdır.

Bu şekilde taşıma yükü sınır durumu için yük kombinasyonları aşağıdaki gibi hesaplanır.

Yapıda yalnız en elverişsiz hareketli etkinin gözönüne alınması durumunda,

$$S_d = \sum \gamma_G G_{ki} + \sum \gamma_Q Q_{k1}$$

$$\gamma_G = 1.35, \gamma_Q = 1.5$$

Yapıda tüm elverişsiz hareketli etkilerin alınması durumunda,

$$S_d = \sum \gamma_G G_{ki} + \sum \gamma_Q Q_{ki}$$

$$\gamma_G = \gamma_Q = 1,35$$

Kullanım yükleri sınır durumunda ise;

Yalnız en elverişsiz hareketli etkilerin gözönüne alınması durumunda;

$$\sum G_{ki} + \sum Q_{k1}$$

Tüm elverişsiz hareketli etkilerin alınması durumunda ;

$$\sum G_{ki} + 0,9 \sum Q_{ki}$$

şeklinde hesap yapılır.

Dayanımın hesaplanmasında kullanılan malzeme için belirlenen kısmi güvenlik katsayıları aşağıda verilmiştir. Enkesitlerin sınıflandırılması konusu ileride ele alınacaktır.

$\gamma_{M0} = 1,1$ 1, 2 ve 3 sınıf enkesitler için

$\gamma_{M2} = 1,1$ 4. sınıf enkesitler ve burkulma dayanımı hesabı için

$\gamma_{M2} = 1,25$ çekme dayanımı gerektiren hesaplamalarda

3.2.3 Malzeme Karakteristik Özellikleri ve Euronorm'a Uygun Yapı Çeliği Seçimi

EC 3-1 de belirtilen çeliğin karakteristik değerleri aşağıdaki gibidir.

Elastisite Modülü $E = 210\,000\text{ N/mm}^2$

Shear Modülü ve Poisson Oranı;

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \approx 81000\text{ N/mm}^2$$

$$\nu = 0,3$$

Lineer ısı genleşme katsayısı $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } K$ ($t < 100^\circ C$) şeklinde alınabilir. Ancak farklı sıcaklık etkisinde kompozit elemanlarda bu katsayı EN 1994' e göre

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} \text{ per } K.$$

şeklinde alınabilir.

Aşağıda yapı çeliğinin nominal sınır değerleri Euronorma uygun şekilde belirtilmiştir.

Tablo 3.1 : Sıcak Hadde profillerin akma ve kopma nominal sınır değerleri

Standart ve Çelik Sınıfı	Nominal et kalınlığı t [mm]			
	t < 40 mm		40 mm < t < 80 mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10025-2				
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S235 W	235	360	215	340
S355 W	355	510	335	490

Tablo 3.2 : Sıcak Hadde profillerin akma ve kopma nominal sınır değerleri

Standart Ve Çelik Sınıfı	Nominal et kalınlığı t [mm]			
	$t < 40$ mm		$40 \text{ mm} < t < 80$ mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S275H	275	430	255	410
S355H	355	510	335	490
S275 NH/NLH	275	390	255	370
S355 NH/NLH	355	490	335	470
S420 NH/NHL	420	540	390	520
S460 NH/NLH	460	560	430	550

3.2.4 Yapısal kusurların tasarıma etkisi

Yapıda bu etkiler artık gerilmeler veya yapı elamanlarının yeterli diklik ve dayanıma sahip olmamasından ileri gelen geometrik kusurların etkileri dikkate alınmalıdır. Bu etkiler iki şekilde değerlendirilir.

- Çerçeveler ve Çapraz Sistemlerinin global kusurları

Global başlangıç ötelenme değeri hesabı aşağıda önerildiği gibi yapılabilir.

$$\varphi = \varphi_0 a_h a_m \quad (1.2)$$

$$\varphi_0 = 1/200$$

a_h , yükseklikten kaynaklanan azaltma katsayısı

h , yapının yüksekliği

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \text{ ve } \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0 \quad (1.3)$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)} \quad (1.4)$$

Burada;

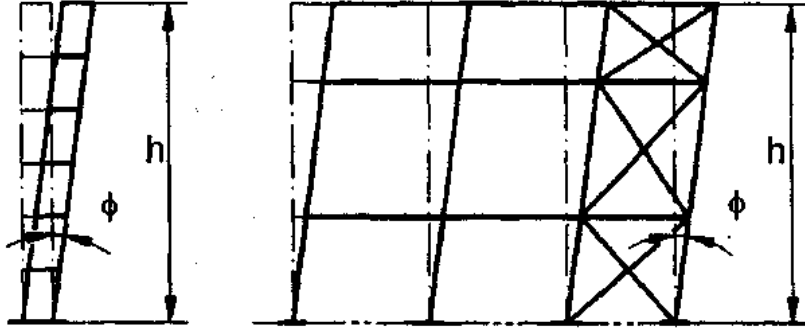
a_h , yükseklikten kaynaklanan azaltma katsayısı

h , yapının yüksekliği

m , aynı sıradaki kolon sayısı

x_m , aynı sıradaki kolon sayısından kaynaklanan azaltma katsayısı

olarak alınabilirler.



Şekil 3.1: Başlangıç Ötelenme kusuru

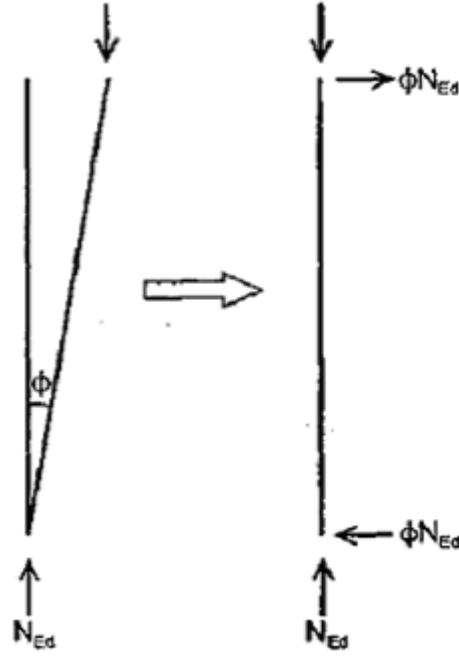
Bina çerçeve sistemleri için $H_{Ed} > 0,15V_{Ed}$ koşulu sağlandığında başlangıç öteleme değeri ihmal edilebilir.

Eğilmeli burkulma için başlangıç eğriliği izin verilebilir e_0/L değerleri aşağıdaki tablodan alınabilir.

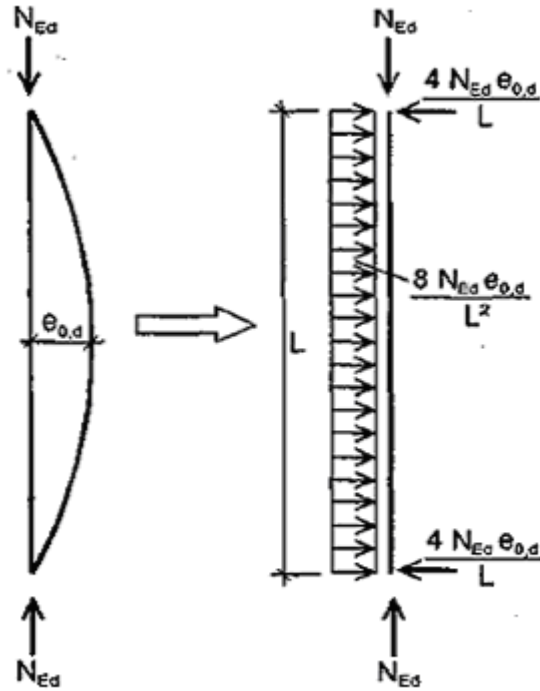
Tablo 3.3 : Başlangıç eğriliği tasarım değerleri

Burkulma	Elastik analiz	Plastik analiz
Eğrileri	e_0/L	e_0/L
ao	1/350	1/300
a	1/300	1/250
b	1/250	1/200
c	1/200	1/150
d	1/150	1/100

Başlangıç öteleme kusuru ve eğrilik kusuru aşağıdaki gibi eşdeğer bir sisteme çevrilebilirler.



Şekil 3.2 : Başlangıç Ötelenme Değeri



Şekil 3.3 : Başlangıç Eğriliği Değeri

Alternatif bir metod olarak elastik kritik burkulma modu n_{cr} global ve lokal kusurların hesaplanmasında kullanılabilir. Kusurun etkisi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\eta_{inet} = e_0 \frac{N_{cr}}{EI \eta_{cr, \max}} \eta_{cr} = \frac{e_0}{\bar{\lambda}^2} \frac{N_{Rk}}{EI \eta_{cr, \max}} \eta_{cr} \quad (1.5)$$

$$e_0 = \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) \frac{M_{Rk}}{N_{Rk}} \frac{1 - \chi \bar{\lambda}^2}{1 - \chi \bar{\lambda}^2} \quad \bar{\lambda} > 0,2 \quad (1.6)$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult, k}}{\alpha_{cr}}} \quad (1.7)$$

α ; kusur faktörü ilgili burkulma eğrilerinden alınacaktır.

Tablo 3.4 : Burkulma Eğrileri için Kusur Faktörleri

Burkulma Eğrisi	ao	a	b	c	d
Kusur Faktörü α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

χ ; ilgili kesit özelliklerine bağlı burkulma eğrilerinden elde edilen azaltma katsayısıdır.

$\alpha_{ult, k}$; normal kuvvet değeri N_{Ed} nin burkulma etkisi olmadan hesaplanan normal kuvvet değeri N_{Rk} ya ulaşmasını sağlayacak katsayıdır.

α_{cr} ; normal kuvvet değeri N_{Ed} in elastik kritik burkulma yüküne çıkmasını sağlayan katsayıdır.

M_{Rk} ; kesitin maksimum moment dayanımıdır.

N_{Rk} ; kesitin normal kuvvet dayanımıdır.

$EI_{n_{cr, \max}}$; kritik kesitte n_{cr} den kaynaklanan eğilme momentidir.

N_{Ed} ; birinci mertebe elastik hesap teorisine göre hesaplanan normal değeridir.

Çapraz Sisteminde mevcut olabilecek eğrilik kusuru aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$e_0 = a_m L / 500 \quad (1.8)$$

L , çapraz sistemi uzunluğu

m , tutulu eleman sayısıdır

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m} \right)} \quad (1.9)$$

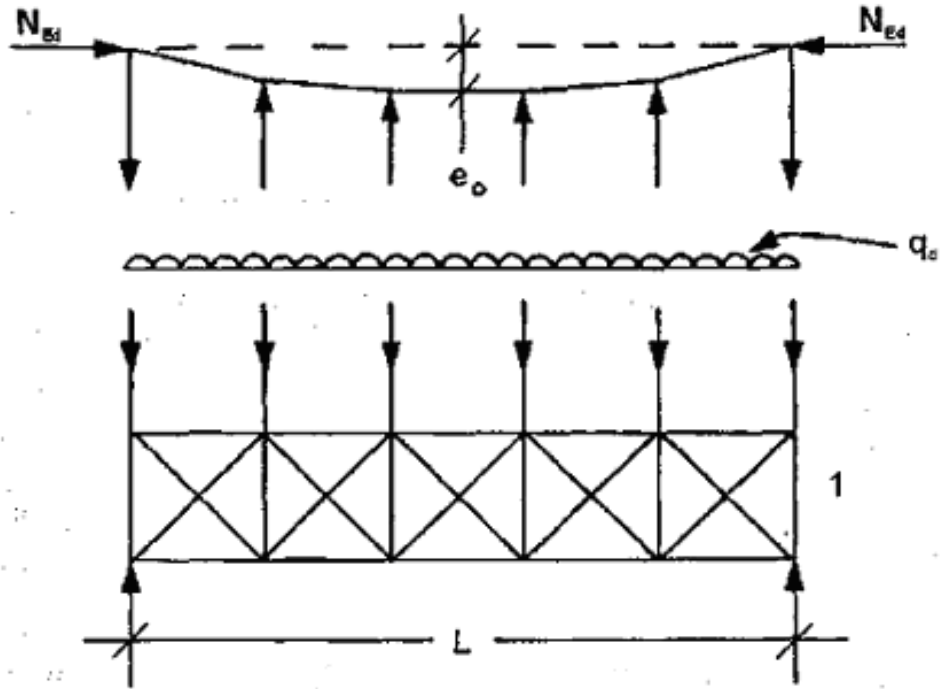
Kolaylık sağlamak açısından çaprazlar tarafından tutulan elemanların başlangıç eğriliği eşdeğer yüke çevrilecektir.

$$q_o = \sum N_{Ed} 8 \frac{e_0 + \delta_q}{L^2} \quad (1.10)$$

olarak hesaplanabilir.

δ_q çerçeve düzleminde çapraz sisteminde birinci mertebe teorisinden elde edilen q yüküne karşı gelecek deformasyon değeridir. İkinci derece etkilerine göre hesap yapılıyorsa bu değer 0 alınır.

Çapraz sistemi kafes kiriş sisteminden oluşturuyorsa normal kuvvet değeri maximum moment kullanılarak $N_{Ed} = M_{Ed}/h$ şeklinde hesaplanabilir.



Şekil 3.4: Çapraz Sistemi Kusurları

3.2.5 Kesit Tasarım Etkilerinin Hesap Yöntemleri ve Kesitlerin Sınıflandırılmaları

Yanal deplasmanı önlenmiş çerçeve hesaplamalarında ve yanal deplasmanın ihmal edilebileceği düşünülen çerçeve sistemlerinde birinci mertebe global analiz kullanılarak hesap yapılabilir. 2.mertebe global analiz yöntemi bütün hallerde kullanılır. Elastik global analizde kesit etkileri malzemenin gerilme-deformasyon davranışının lineer olduğu kabul edilerek, hesaplanırken kesit dayanımları plastik esasa göre hesaplanır. Plastik analiz yöntemlerinden en sık kullanılan yöntem Elasto-plastik analiz yöntemidir. Bu yöntemde en dıştaki lif akana kadar kesit elastik kabul edilir. Bu yöntemde adım adım artırma veya duruma göre uygun yaklaşım yöntemi kullanılarak tasarım yükü hesaplanır.

En kesitler EC3'e göre dört farklı grupta sınıflandırılırlar.

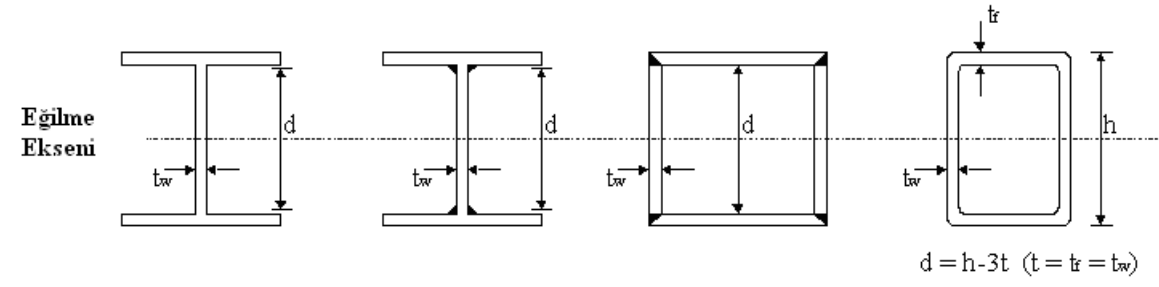
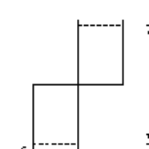
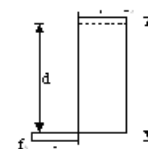
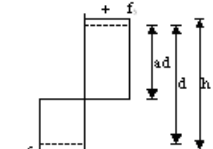
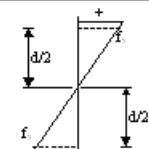
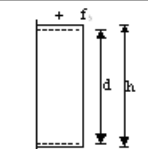
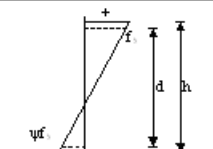
1.Sınıf Enkesitler ; Yeterli dönme kapasitesine sahip, kesit dayanımında herhangi bir azalma olmadan plastik mafsallık oluşturabilen enkesitlerdir.

2.Sınıf Enkesitler ; Yeterli plastik moment dayanımına sahip ancak sınırlı dönme kapasitesine sahip enkesitlerdir.

3.Sınıf Enkesitler ; En elverişsiz enkesit lifinde akma gerilmesine ulaşılırken, yerel burkulmalar sebebiyle plastik rezervler kullanılmaz.

4.Sınıf enkesitler ; Yerel burkulmalar sebebiyle kesit tam elastik dayanıma ulaşmaz. Bu nedenle moment ve basınç dayanımları yerel burkulmalar göz önünde bulundurularak hesaplanmalıdır. Bu enkesitler basınca maruz kısımlarının oranlarına göre sınıflandırılırlar.

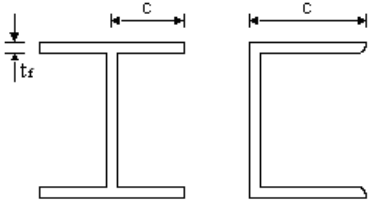
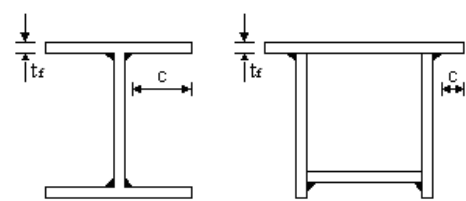
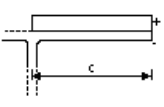
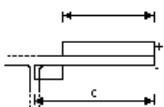
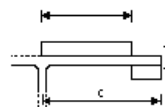
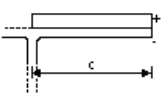
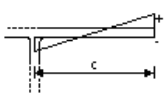
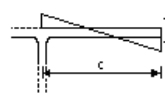
Tablo 3.5: Basınca Maruz Enkesit kısımlarında maksimum b/t oranları

 $d = h - 3t \quad (t = t_r = t_w)$				
Sınıf	Eğilmeye maruz gövde levhası	Basınca maruz gövde levhası	Eğilme ve Basınca Maruz Gövde Levhası	
Enkesitte Gerilme Dağılışı (Basınç Pozitif)				
1	$d/t_w \leq 72\varepsilon$	$d/t_w \leq 33\varepsilon$	eğer $\alpha > 0,5$: $396\varepsilon/(13\alpha-1)$ eğer $\alpha < 0,5$: $36\varepsilon/\alpha$	
2	$d/t_w \leq 83\varepsilon$	$d/t_w \leq 38\varepsilon$	eğer $\alpha > 0,5$: $456\varepsilon/(13\alpha-1)$ eğer $\alpha < 0,5$: $41,5\varepsilon/\alpha$	
Enkesitte Gerilme Dağılışı (Basınç Pozitif)				
3	$d/t_w \leq 124\varepsilon$	$d/t_w \leq 42\varepsilon$	eğer $\psi > -1$: $42\varepsilon/(0,67 + 0,33\psi)$ eğer $\alpha \leq -1$: $62\varepsilon(1-\psi)\sqrt{(-\psi)}$	
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355
	ε	1	0,92	0,81

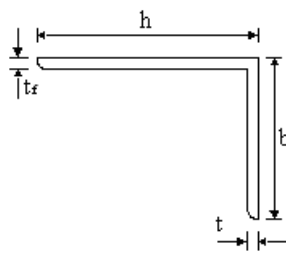
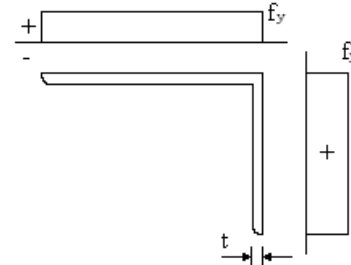
Tablo 3.6: Basınca Maruz Enkesit kısımlarında maksimum b/t oranları

Başlık Kısımları(Eğilme Eksenine paralel iki taraftan mesnetli kısımlar)				
Sınıf	Enkesit Şekli	Eğilmeye Maruz Kesit		Basınca Maruz Kesit
En kesitte ve enkesit kısmında gerilme dağılışı (Basınç Pozitif)				
1	Hadde Boru Profilleri	$(b-3t)/t_r \leq 33\varepsilon$ $b/t_r \leq 33\varepsilon$	$(b-3t)/t_r \leq 42\varepsilon$ $b/t_r \leq 42\varepsilon$	
2	Hadde Boru Profilleri	$(b-3t)/t_r \leq 38\varepsilon$ $b/t_r \leq 38\varepsilon$	$(b-3t)/t_r \leq 42\varepsilon$ $b/t_r \leq 42\varepsilon$	
En kesitte ve enkesit kısmında gerilme dağılışı (basınç pozitif)				
3	Rolled hollow section Other	$(b-3t)/t_r \leq 42\varepsilon$ $b/t_r \leq 42\varepsilon$	$(b-3t)/t_r \leq 42\varepsilon$ $b/t_r \leq 42\varepsilon$	
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$		f_y	235	275
		ε	1	0,92
				355
				0,81

Tablo 3.7: Basınca Maruz Enkesit kısımlarında maksimum b/t oranları

Başlık kısımları (Tek taraftan mesnetli Kısımlar)				
				
Hadde enkesitler		Kaynaklı enkesitler		
Sınıf	Enkesit Şekli	Basınca Maruz Başlık	Basınç ve Eğilmeye Maruz Başlık	
			Başlık ucu basınç bölgesinde	Başlık ucu çekme bölgesinde
Enkesitte ve enkesit kısmında gerilme dağılışı(Basınç Pozitif)				
1	Hadde	$c/t_f \leq 10\varepsilon$	$c/t_f \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$c/t_f \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha/\alpha}$
	Kaynaklı	$c/t_f \leq 9\varepsilon$	$c/t_f \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha}$	$c/t_f \leq \frac{9\varepsilon}{\alpha/\alpha}$
2	Hadde	$c/t_f \leq 11\varepsilon$	$c/t_f \leq \frac{11\varepsilon}{\alpha}$	$c/t_f \leq \frac{11\varepsilon}{\alpha/\alpha}$
	Kaynaklı	$c/t_f \leq 10\varepsilon$	$c/t_f \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha}$	$c/t_f \leq \frac{10\varepsilon}{\alpha/\alpha}$
En kesitte ve enkesit kısmında gerilme dağılışı(Basınç Pozitif)				
3	Hadde	$c/t_f \leq 15\varepsilon$	$c/t_f \leq 23\varepsilon \sqrt{k_\sigma}$ $c/t_f \leq 21\varepsilon \sqrt{k_\sigma}$ EC 3 Tablo 5.5.3 den alınacak	
	Kaynaklı	$c/t_f \leq 14\varepsilon$		
$\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355
	ε	1	0,92	0,81

Tablo 3.8: Basınca Maruz Enkesit kısımlarında maksimum b/t oranları

Korniyer				Sadece korniyer için değil sürekli birleştirilmiş diğer yapı elemanları için de geçerlidir	
(Tek taraftan mesnetli başlık kısımlarına bakınız)					
Sınıf		Basınca Maruz Enkesit			
Enkesitte gerilme dağılışı (Basınç Pozitif)					
3		$\frac{h}{t} \leq 15\epsilon$ $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$			
Boru Kesitler					
Sınıf		Eğilme ve/veya Basınca Maruz Kesit			
1		$d/t \leq 50\epsilon$			
2		$d/t \leq 70\epsilon$			
3		$d/t \leq 90\epsilon$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$					
f_y		235	275	355	
ϵ		1	0,92	0,81	
ϵ_s		1	0,85	0,66	

3.2.6 Kesit Dayanımları

3.2.6.1 Çekme Elemanları

N_{Ed} elemana etki eden çekme kuvveti olmak üzere aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad (1.11)$$

$N_{t,Rd}$; Kesitin çekme kapasitesi olup aşağıdaki hesap değerlerinden küçüğü seçilerek hesap yapılır.

$N_{pl,Rd}$; Enkesite ait tasarım plastik dayanımı olmak üzere,

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1.12)$$

hesap edilebilir.

Delik çevrelerinden geçen kritik kesite göre enkesitin sınır dayanımının kontrolü yapılmalıdır.

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} \quad (1.13)$$

3.2.6.2 Basınca Çalışan Elemanlar

N_{Ed} ; elemana etkiyen eksenel kuvvet olmak üzere

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (1.14)$$

koşulu sağlanmalıdır.

Kesitin eksenel basınç dayanımı $N_{c,Rd}$ 1,2 ve 3. sınıf enkesitlerde aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1.15)$$

4.sınıf enkesitlerde efektif alan üzerinden hesap yapılmalıdır.

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1.16)$$

3.2.6.3 Sadece Eğilmeye Çalışan Elemanlar

Çubuğa etki eden eğilme momenti M_{Ed} olmak üzere aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (1.17)$$

$M_{c,Rd}$ tasarım dayanım momenti;

1 ve 2 .sınıf enkesitler için ;

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1.18)$$

şeklinde hesaplanır. 3.sınıf enkesitler için elastik hesap yapılmalıdır.

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1.19)$$

4.sınıf enkesitlerde ise kesitin efektif çalışan kesit üzerinden hesap yapılır.

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1.20)$$

Kesitin çekmeye çalışan başlık bölgesinde aşağıdaki koşul sağlanırsa deliklerden geçen kesit etkisi gözardı edilebilir.

$$\frac{A_{f,net} 0,9 f_0}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1.21)$$

Burada A_f çekme başlığı alanıdır.

3.2.6.4 Kesme Etkisi

Elemana gelen kesme kuvveti V_{Ed} olmak üzere aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (1.22)$$

Plastik kesme kuvveti dayanımı burulma etkisi göz ardı edildiğinde aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad (1.23)$$

Burada A_v kesme alanı olup;

(a) Hadde I ve H kesitler için , yük gövdeye paralel ise ; $A = 2bt_f + (t_w + 2r) t_f$

(b) Hadde U kesitler için, yük gövdeye paralel ise ; $A = 2bt_f + (t_w + r) t_f$

(c) Hadde T kesitler için, yük gövdeye paralel ise ; $0,9 (A - bt_f)$

(d) Kaynaklı I, H ve kutu kesitler için, yük gövdeye paralel ise;

$$\eta \sum (h_w t_w) \quad (1.24)$$

(e) Kaynaklı I, H, U ve kutu kesitlerde, yük başlığa paralel ise;

$$A - \sum (h_w t_w) \quad (1.25)$$

(f) Hadde dikdörtgen kutu kesitlerde ;

yük yüksek kenara paralel ise ; $Ah/(b+h)$

yük enine doğrultıya paralel ise ; $Ab/(b+h)$

(g) Dairesel boru kesitlerde ; $2A/\pi$

şeklinde hesaplanabilir.

A ; kesit alanı

b ; kesit genişliği

h ; kesit toplam yüksekliği

h_w ; kesitin gövde yüksekliği

r ; kesitin eğrilik yarıçapı

t_f ; başlık kalınlığı

t_w ; gövde kalınlığı(minimum alınır)

n ; EN 1993 -1-5 e göre 1 olarak seçilebilir.

Herhangi bir kritik kesitte elastik kayma gerilmesi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} \leq 1,0 \quad (1.26)$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot S}{I_t} \quad (1.27)$$

S ; hesap istenen kesitin mukavemeti

t ; hesap istenen noktadaki kesit kalınlığı

I ve H kesitlerde kayma gerilmesi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \quad A_f / A_w \geq 0,6 \quad (1.28)$$

A_f ; bir başlığın alanı

A_w ; gövde alanı $A_w = h_w \cdot t_w$

3.2.6.5 Moment ve Kesme Etkisi

Kesite etkiyen kesme gerilmesi kesitin plastik kesme dayanımının yarısından küçükse plastik moment dayanımında indirgeme yapmaya gerek yoktur. Kesme kuvveti kesit kesme dayanımının yarısından fazla ise indirgenmiş akma gerilmesi (I-p) f_y üzerinden hesap yapılır.

$$\rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (1.29)$$

İndirgenmiş moment değeri I.sınıf kesit için;

$$M_{y,V,Rd} = \frac{\left[W_{pl,y} - \frac{\rho A_w^2}{4t_w} \right] f_y}{\gamma_{M0}} \text{ ve } M_{y,V,Rd} \leq M_{y,c,Rd} \quad (1.30)$$

şeklinde hesaplanabilir.

3.2.6.6 Moment ve Normal Kuvvet Etkisi

1.ve 2. sınıf enkesitler için

$$M_{Ed} < M_{N,Rd} \quad (1.31)$$

$M_{N,Rd}$ normal kuvvetten dolayı indirgenmiş moment dayanımıdır. Delik kaybı meydana gelmeyen bir levhanın plastik moment dayanımı;

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \left[1 - \left(N_{Ed} / N_{pl,Rd} \right)^2 \right] \quad (1.32)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Çift simetri ekseni olan I ve H kesitlerde aşağıdaki kriterlerin sağlanması durumunda normal kuvvet etkisi ihmal edilebilir.

y-y eksenindeki moment dayanımı için;

$$N_{Ed} \leq 0,25 N_{pl,Rd} \quad (1.33)$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1.33)$$

z-z eksenindeki moment dayanımı için;

$$N_{Ed} \leq \frac{h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1.34)$$

Hadde ve Kaynaklı I ve H kesitler için belirtilen hesap yolu kullanılabilir.

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n) / (1-0,5a) \text{ ve } M_{N,y,Rd} < M_{p,y,Rd} \quad (1.35)$$

$$n < a \quad M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \quad (1.36)$$

$$n > a : M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \left[1 - \left(\frac{n-a}{1-a} \right)^2 \right] \quad (1.37)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$$

$$a = (A - 2bt_f)/A \text{ ve } a < 0,5$$

Delik bulunmayan sabit cidar kalınlıklı dikdörtgen kesitli kutu kesitler ve

kaynaklı simetrik sandık kesitler için ;

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n)/(1 - 0,5a_w) \quad \text{ve} \quad M_{N,y,Rd} < M_{pl,y,Rd}$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n)/(1 - 0,5a_f) \quad \text{ve} \quad M_{N,z,Rd} < M_{pl,z,Rd}$$

$$a_w = (A - 2bt)/A \quad \text{ve} \quad a_w < 0,5 \quad \text{kutu kesitler}$$

$$a_w = (A - 2btf)/A \quad \text{ve} \quad a_w < 0,5 \quad \text{kaynaklı sandık kesitler}$$

$$a_f = (A - 2ht)/A \quad \text{ve} \quad a_f < 0,5 \quad \text{kutu kesitler}$$

$$a_f = (A - 2ht_w)/A \quad \text{ve} \quad a_f < 0,5 \quad \text{kaynaklı sandık kesitler}$$

şeklinde hesap yapılır.

İki eksenli eğilme durumunda ;

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^\beta \leq 1 \quad (1.38)$$

α ve β sabit katsayılar olup;

I ve H profillerde $\alpha = 2$; $\beta = 5\eta \geq 1$

Boru profillerde $\alpha = 2$; $\beta = 2$

Dikdörtgen Kutu Profillerde;

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1 - 1,13n^2} \quad \alpha = \beta \leq 6$$

$$n = N_{Ed} / N_{p,jRd} . \quad (1.39)$$

şeklinde hesap edilir.

3.sınıf enkesitlerde maximum normal gerilme aşağıdaki koşulu sağlamalıdır.

$$\sigma_{k,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1.40)$$

4.Sınıf enkesitlerde etkili genişlikler üzerinden yapılan hesaplanan maximum gerilme aşağıdaki koşulu sağlamalıdır.

$$\sigma_{x,Ed} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad (1.41)$$

Delik etkileri bulunmayan enkesit için aşağıdaki karşılıklı etki bağıntısı kullanılabilir.

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / \gamma_{M0}} \leq 1 \quad (1.42)$$

A_{eff} ; uniform basınç gerilmesi altında efektif enkesit alanı

W_{eff} ; min yalnızca eğilmeye çalışan kesitte efektif enkesitin mukavemet momenti

e_N ; enkesitte indirgenme sonucu oluşan öteleme değeri

olarak alınır.

3.2.7 Burkulma Dayanımı ve Stabilitate Kontrolleri

Yalnızca üniform basınca çalışan bir elemanda aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad (1.43)$$

N_{bRd} ; basınca çalışan elemanın burkulma dayanımıdır.

1,2 ve 3. sınıf enkesitlerde burkulma dayanımı

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad (1.44)$$

şeklinde hesaplanır.

4.sınıf enkesitlerde etkili alan üzerinden hesap yapılır.

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} \quad (1.45)$$

χ ; burkulma moduna bağı azaltma katsayısıdır.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \text{ ve } \chi \leq 1,0 \quad (1.46)$$

$$\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right] \quad (1.47)$$

Göreceli narinlik 1.2. ve 3.sınıf enkesitler için

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} \quad (1.48)$$

4.sınıf enkesitler için

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}} \quad (1.49)$$

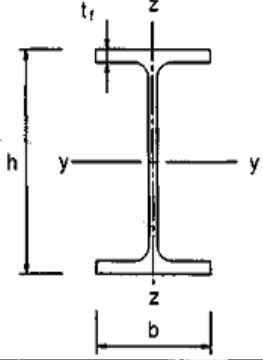
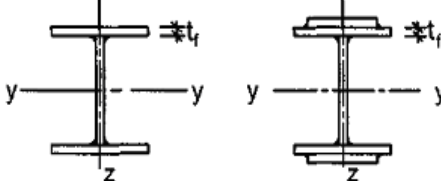
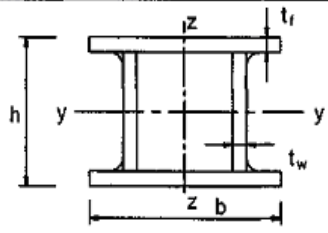
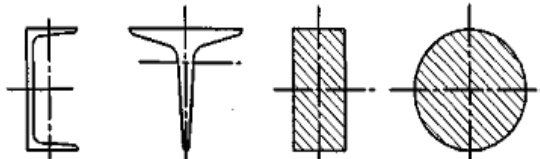
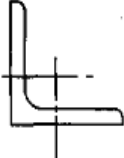
şeklinde hesaplanır.

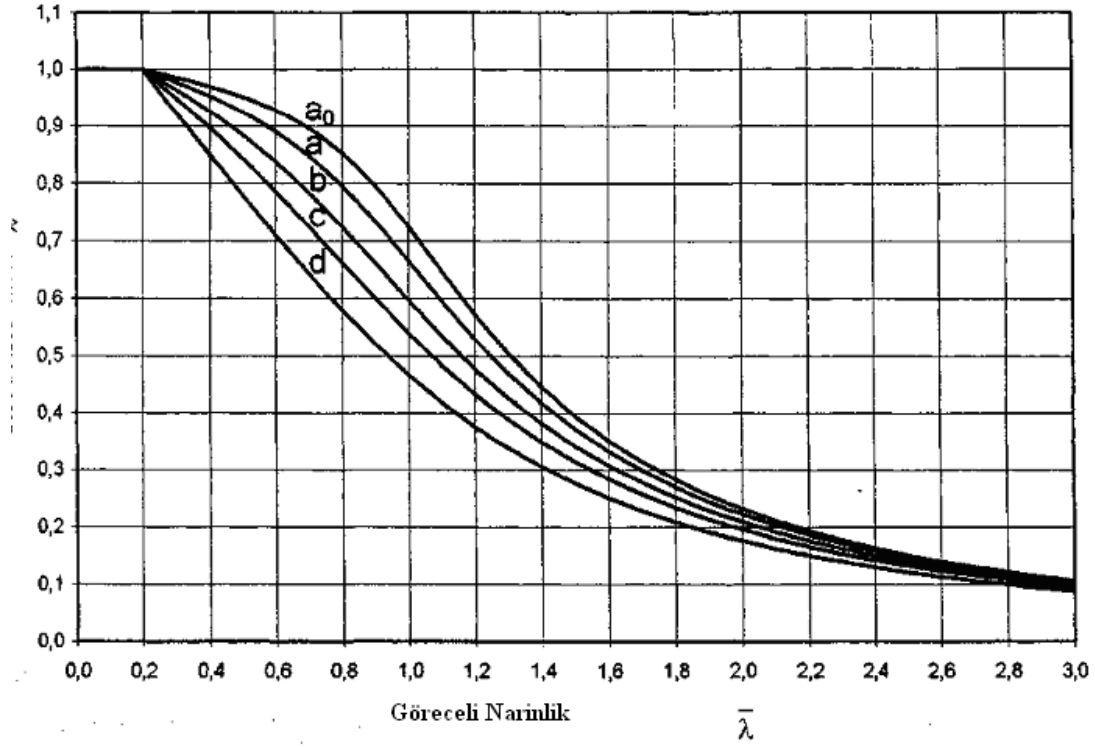
α ; kusur faktörü

N_{cr} ; ilgili burkulma modu için elastik kritik burkulma yükü

olarak alınır.

Tablo 3.9 : Enkesitlerin Burkulma gerilmesi eğrileri

Enkesit	Sınırlar	Eksene dik doğ. burkulma	Burkulma Eğr.	
	$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a a ₀
		$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	y-y z-z	b c
	$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b c
		$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d d
	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y z-z	c d	
	sıcak haddelenmiş	herhangi	a	a ₀
	soğukta şekil verilmiş	herhangi	c	c
	genel olarak	herhangi	b	b
	kalm kaynak dikişleri $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	herhangi	c	c
		herhangi	c	c
		herhangi	b	b



Şekil 3.5 : Enkesitlerin Burkulma Eğrileri

Tablo 3.10 : Azaltma Katsayısı

$\bar{\lambda}$	Azaltma Katsayısı χ			
	Curve a	Curve b	Curve c	Curve d
0,2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,3	0,9775	0,9641	0,9491	0,9235
0,4	0,9528	0,9261	0,8973	0,8504
0,5	0,9243	0,8842	0,8430	0,7793
0,6	0,8900	0,8371	0,7854	0,7100

0,7	0,8477	0,7837	0,7247	0,6431
0,8	0,7957	0,7245	0,6622	0,5797
0,9	0,7339	0,6612	0,5998	0,5208
1,0	0,6656	0,5970	0,5399	0,4671
1,1	0,5960	0,5352	0,4842	0,4189
1,2	0,5300	0,4781	0,4338	0,3762
1,3	0,4703	0,4269	0,3888	0,3385
1,4	0,4179	0,3817	0,3492	0,3055
1,5	0,3724	0,3422	0,3145	0,2766
1,6	0,3332	0,3079	0,2842	0,2512
1,7	0,2994	0,2781	0,2577	0,2289
1,8	0,2702	0,2521	0,2345	0,2093
1,9	0,2449	0,2294	0,2141	0,1920
2,0	0,2229	0,2095	0,1962	0,1766
2,1	0,2036	0,1920	0,1803	0,1630
2,2	0,1867	0,1765	0,1662	0,1508
2,3	0,1717	0,1628	0,1537	0,1399
2,4	0,1585	0,1506	0,1425	0,1302

2,5	0,1467	0,1397	0,1325	0,1214
2,6	0,1362	0,1299	0,1234	0,1134
2,7	0,1267	0,1211	0,1153	0,1062
2,8	0,1182	0,1132	0,1079	0,0997
2,9	0,1105	0,1060	0,1012	0,0937
3,0	0,1036	0,0994	0,0951	0,0882

Tablo 3.11: Başlangıç Eğrilikleri

Burkulma Eğrisi	Elasto-plastik	Elastik-mükemmel plastik
a	L/600	L/400
b	L/380	L/250
c	L/270	L/200
d	L/180	L/150

Yanal doğrultuda tutulmamış eğilme etkisi altındaki kirişler yanal burulmalı burkulmaya karşı kontrol edilmelidirler.

$M_{b,Rd}$; yanal burulmalı burkulma dayanımı olmak üzere

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad (1.50)$$

koşulu sağlanmalıdır.

Yanal burulmalı burkulma dayanımı aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$M_{b,Rd} = X_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \text{ ve } \chi_{LT} \leq 1,0 \quad (1.51)$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad (1.52)$$

α_{LT} kusur miktarı ;

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} \quad (1.53)$$

M_{cr} ; yanal burulmalı burkulma elastik kritik moment değeridir.

Tablo 3.12 : Yanal Burulmalı Burkulma eğrileri için önerilen kusur faktörleri

Burkulma eğrisi	a	b	c	d
Kusur Faktörü	0,21	0,34	0,49	0,76

4-LİNEER İNTEGRASYON YÖNTEMİ İLE DEPREM HESABI

1959 yılında Newmark'ın kullandığı tek aşamalı integrasyon methodu 40 yılı aşkın sürede bu method birçok pratik mühendislik hesaplarında kullanılmış ve geliştirilmiştir.

$$M \cdot \ddot{u}_t + C \dot{u}_t + K u_t = F t \text{ -lineer dinamik denge} \quad (1.54)$$

Taylor's serisi açılımını kullanılarak Δt lineer değişen zaman aralığı için,

$$\begin{aligned} u_t &= u_t - \Delta t + \Delta t \cdot \ddot{u}_t - \Delta t + \frac{\Delta t^2}{2} \ddot{u}_t - \Delta t + \frac{\Delta t^3}{6} \ddot{u}_t \cdot \Delta t + \dots \\ \ddot{u}_t &= \ddot{u}_t - \Delta t + \Delta t \cdot \ddot{u}_t - \Delta t + \frac{\Delta t^2}{2} \ddot{u}_t - \Delta t + \dots \end{aligned} \quad (1.55)$$

Bu denklemlerden yararlanılarak;

$$\begin{aligned} u_t &= u_t - \Delta t + \Delta t \cdot \ddot{u}_t - \Delta t + \frac{\Delta t^2}{2} \cdot \ddot{u}_t - \Delta t + \beta \Delta t^3 \cdot \ddot{u} \\ \ddot{u}_t &= \ddot{u}_t - \Delta t + \Delta t \cdot \ddot{u}_t - \Delta t + \gamma \Delta t^2 \ddot{u} \end{aligned} \quad (1.56)$$

ivmenin lineer değişmesi durumunda

$$\ddot{u} = \left(\frac{\ddot{u}_t - \ddot{u}_t - \Delta t}{\Delta t} \right) \quad (1.57)$$

$$\begin{aligned} u_t &= u_t - \Delta t + \Delta t \cdot \ddot{u}_t - \Delta t + \left(\frac{1}{2} - \beta \right) \Delta t^2 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t + \beta \cdot \Delta t^2 \ddot{u}_t \\ \ddot{u}_t &= \ddot{u}_t - \Delta t + (1 - \gamma) \cdot \Delta t \cdot \ddot{u}_t - \Delta t + \gamma \cdot \Delta t \cdot \ddot{u}_t \end{aligned} \quad (1.58)$$

denklemleri türetilebilir.

Newmark yukarıdaki iki denklem ve lineer dinamik denge denklemini kullanarak her Δt zaman aralığında oluşan yer değiştirme değerlerini hesaplamıştır.

1962 yılında Wilson tarafından Newmark Methodu matrix formuna dönüştürülmüş, rijitlik ve kütle sönüm oranı bu formüllere katılarak yeniden düzenlenmiştir.

$$\begin{aligned} \ddot{u}_t &= b_1 \times (u_t - u_t - \Delta t) + b_2 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t + b_3 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t \\ u_t &= b_4 \cdot (u_t - u_t - \Delta t) + b_5 \cdot u_t - \Delta t + b_6 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t \end{aligned} \quad (1.59)$$

Bu denklemler denge denkleminde yerlerine koyulursa,

$$\begin{aligned} (b_1 \cdot M + b_4 \cdot C + K) \cdot u_t &= F_t + M \cdot (b_1 \cdot u_t - \Delta t - b_2 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t \\ &- b_3 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t) + C \cdot (b_4 \cdot u_t - \Delta t - b_5 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t - b_6 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t) \end{aligned} \quad (1.60)$$

ifadesi yazılabilir.

4.1 Newmark Methodunun Stabilitesi

Eğer sönüm 0 ise Newmark metodu aşağıdaki koşulların sağlanması durumunda dengededir.

$$\gamma > 1/2 \quad \beta \leq \frac{1}{2} \quad \Delta t \leq \frac{1}{W_{\max} \cdot \sqrt{\gamma/2 - \beta}}$$

$W_{\max}$ = maximum frekans

γ 'nın 1/2'den büyük olması durumu nümerik sönüm veya periyod çakışmasından kaynaklı hata olarak tanımlanmaktadır.

Büyük çok serbestlik dereceli sistemlerde zaman aralığı limiti aşağıdaki formülle ifade edilebilir.

$$\frac{\Delta t}{T_{\min}} \leq \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2} - \beta}} \quad (1.61)$$

Hesap aşağıdaki yol takip edilerek yapılır.

1. Ön hesaplama

Statik rijitlik matrisi: S

Kütle matrisi :M

Sönüm matrisi: C

* Integrasyon parametreleri β ve γ belirlenir.

Efektif rijitlik matrisi $\bar{k} = k + b_1 M + b_4 C$ ve bu matrisin transpozesi $\bar{k} = L \cdot D \cdot L^T$ olarak yazılabilir.

Başlangıcı koşulları $u_o, \dot{u}_o, \ddot{u}_o$ belirlenir ve $t = \Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t \dots$ aralığında hesaba geçilir.

Önce kuvvet vektörleri hesaplanır.

$$F_t = F_t + M \cdot (b_1 \cdot u_t - \Delta t - b_2 \cdot \dot{u}_t - \Delta t - b_3 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t) + C \cdot (b_4 \cdot u_t - \Delta t - b_5 \cdot \dot{u}_t - \Delta t - b_6 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t) \quad (1.62)$$

t zamanında

$L \cdot D \cdot L^T \cdot u_T = \bar{F}_t \rightarrow u_t$ yer değiştirmesi hesaplanır.

Ve daha sonra t zamanı min $(\dot{u}_t, \ddot{u}_t)$ hız ve ivme vektörleri hesaplanır.

$$\begin{aligned} \dot{u}_t &= b_4 \cdot (u_t - u_t - \Delta t) + b_5 \cdot \dot{u}_t - \Delta t + b_6 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t \\ \ddot{u}_t &= b_1 \cdot (u_t - u_t - \Delta t) + b_2 \cdot \dot{u}_t - \Delta t + b_3 \cdot \ddot{u}_t - \Delta t \end{aligned} \quad (1.63)$$

Daha sonra $t = t + \Delta t$ için tekrar hesaba geçilir.

5. YAPININ BOYUTLANDIRILMASI

5.1 Yük Analizi

Çatı Kaplaması: (Trapezoidal / Sandwiç Panel) = 0,15 kN/m²

Aşık ağırlığı: 0,15 kN/m²

Stabilite Bağlantıları = 0,03 kN/m²

Kar yükü = 0,75 kN/m²

Rüzgar Yükü = 0 ≈ 8 → 0,5 kN/m²

8 ≈ 20 → 0,8 kN/m²

20 → 1,1 kN/m²

Aşık aralığı: 2,5 m

Tali Makas Aralığı = 10 m

Tali Makas Açıklığı = 60 m

Ana Makas Açıklığı = 60 m

* Rüzgar yükleri kapının açık ve kapalı olması durumuna göre ayrı ayrı incelenmiştir.

Tali Makas Düğüm Noktalarına gelen yükler;

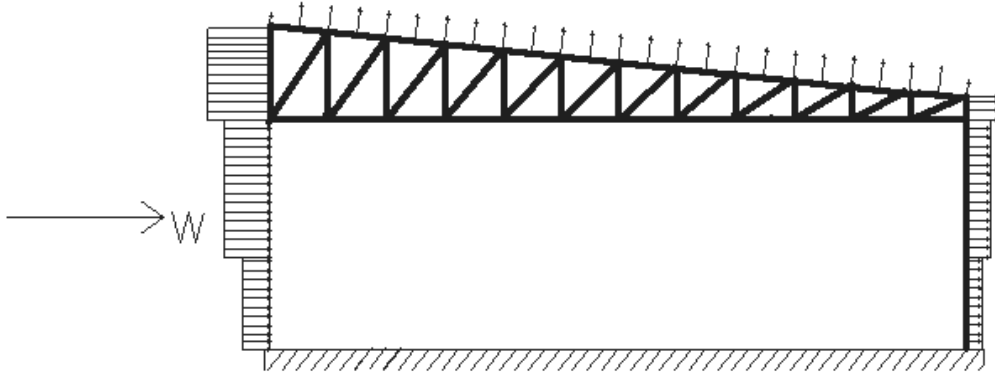
$$g = (0,15 + 0,15) \cdot 2,5 \cdot 10 = 75 \text{ kN}$$

$$g_s = 0,75 \cdot 2,5 \cdot 10 = 18,75 \text{ kN}$$

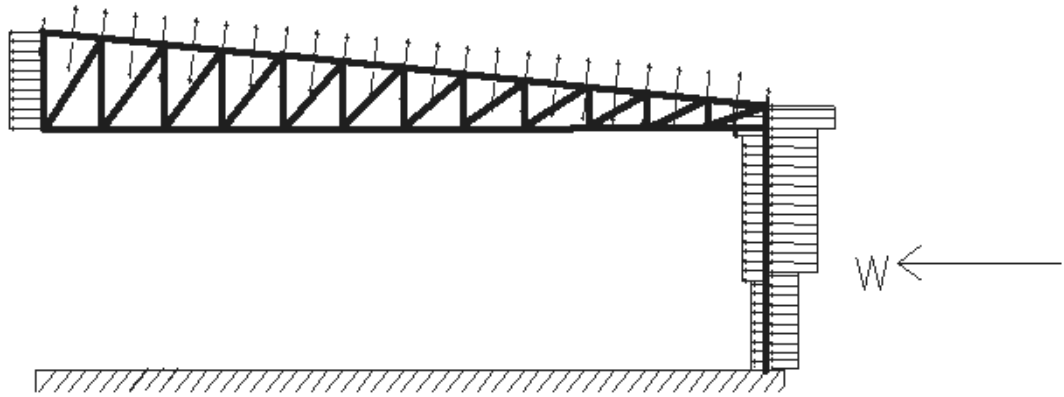
Kapının kapalı olması durumu;

$$W_{sol} = 0,4 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 1,1 = 11 \text{ kN}$$

$$W_{sağ} = 0,32 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 1,1 = 8,8 \text{ kN}$$



Şekil 5.1: Kapının Kapalı ve Rüzgarın Soldan Esmesi Durumu



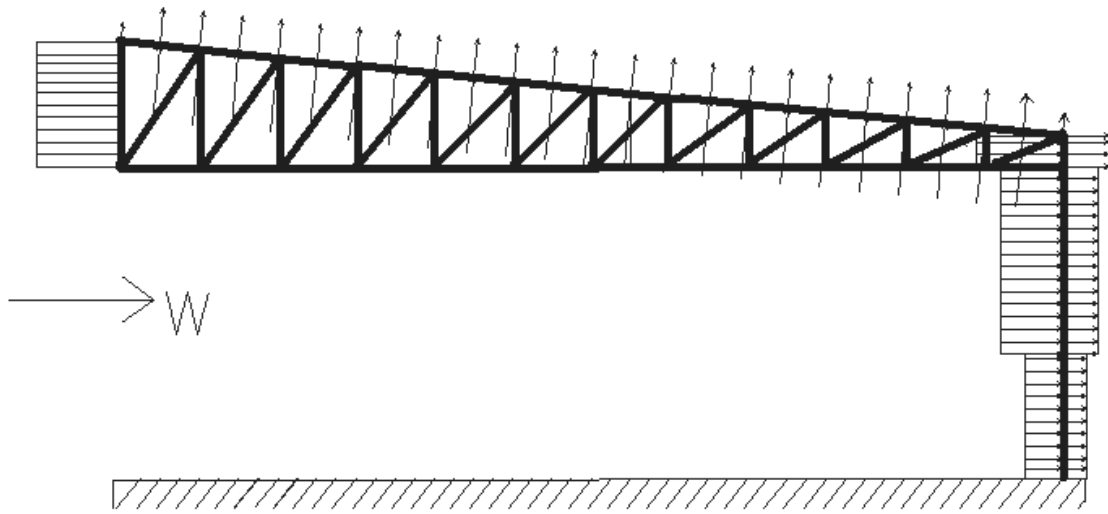
Şekil 5.2: Kapının Kapalı ve Rüzgarın Sağdan Esmesi Durumu

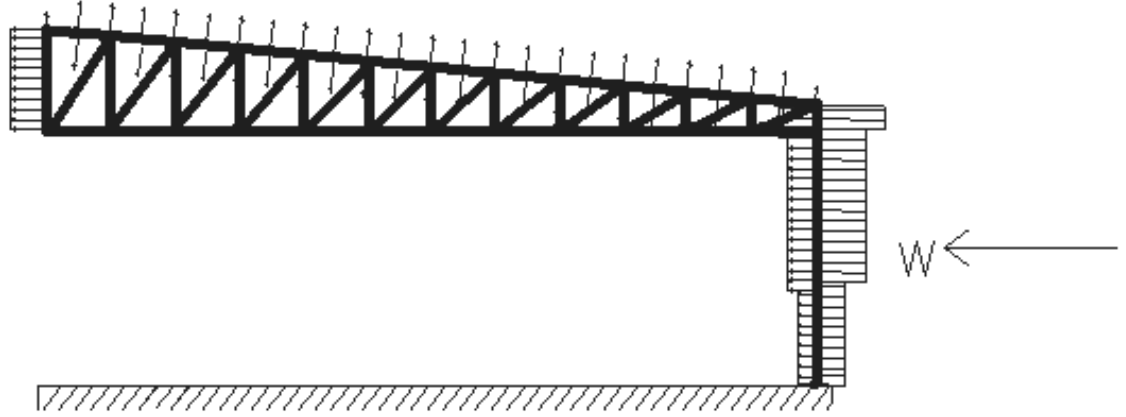
Kapının açık olması durumu;

$$W_{sol} = 1,2 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 1,1 = 33 \text{ kN}$$

$$W_{sağ} = (0,4 - 0,32) \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 1,1 = 2,2 \text{ kN}$$

Şekil 5.3: Kapının Açık ve Rüzgarın Soldan Esmesi Durumu





Şekil 5.4: Kapının Açık ve Rüzgarın Sağdan Esmesi Durumu

5.2 Deprem Yüklerinin incelenmesi;

Etkin yer ivme katsayısı = $A_o = 0,4$ (I. Derece Deprem Bölgesi)

Yapı önem katsayısı = $I = 1,5$

Spektrum karakteristik periyodu = $T_A = 0,15$

$T_B = 0,40$

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı = $R = 3$ (Merkezi çerçeveler)

Bina Toplam ağırlık sap 2000 tarafından hesaplanmıştır.

Hareketli Yük Katsayısı = $0,3$

$$g = 5321,965kN + 2272,31kN = 7594,275kN$$

$$Q = 3123,75kN$$

Tablo 5.1 : Taban kesme kuvvetleri

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	StepNum	GlobalFZ
Text	Text	Text	Unitless	KN
S	LinStatic			3123.75
G	LinStatic			5321.965
Q	LinStatic			2272.31

$$G_{toplama} = g + 0.3q = 7594,275 + 0.3 \cdot 312,75 = 8531,4kN$$

$$T_1(x) = 0,73$$

$$T_2(y) = 0,7$$

$$S(T_x) = 2.5 \cdot \left(\frac{0.40}{0.73} \right) \cdot 0.8 = 1,545$$

$$S(T_y) = 2.5 \cdot \left(\frac{0.40}{0.72} \right) \cdot 0.8 = 1,502$$

Program tarafından kullanılacak taban kesme kuvveti katsayılarının hesabı;

$$V_{t1} = C_i \cdot w$$

$$x \rightarrow \bar{C}_x = \frac{A_o \cdot I \cdot S(T)}{R} = \frac{0,40 \cdot 1,5 \cdot 1,545}{3}$$

$$\bar{C}_x = 0,309$$

$$y \rightarrow \bar{C}_y = \frac{A_o \cdot I \cdot S(T)}{3} = \frac{0,4 \cdot 1,5 \cdot 1,502}{3}$$

$$\bar{C}_y = 0,300$$

$$V_t(x) = 8531,4 \cdot 0,309 = 2636,20 \text{ kN}$$

$$V_t(y) = 8531,4 \cdot 0,300 = 2559,42 \text{ kN}$$

Deprem Yönetmeliğine göre yatay deprem yükleri ± 0.05 dış merkezlikler göz önüne alınarak kat hizalarına etkitilmektedir.

Deprem Yüklemeleri ;

1) $G + Q \pm EX_p$

2) $0.9G \pm EX_p$

3) $0.9G \pm EY_n$

4) $G + Q \pm EX_n$

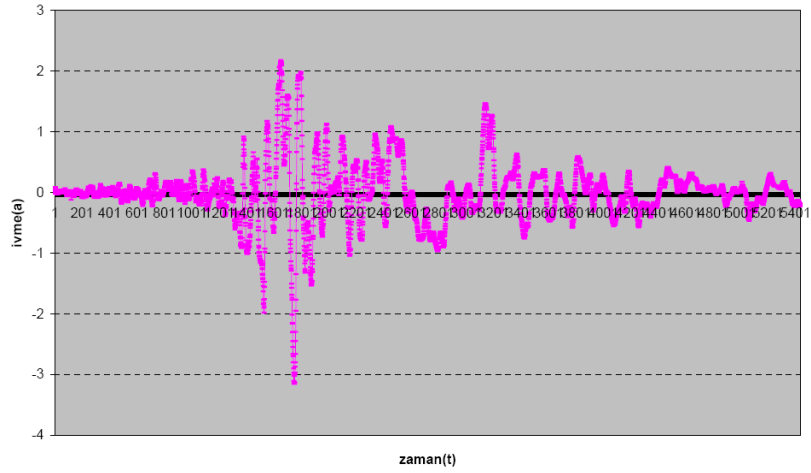
5) $0.9G \pm EY_p$

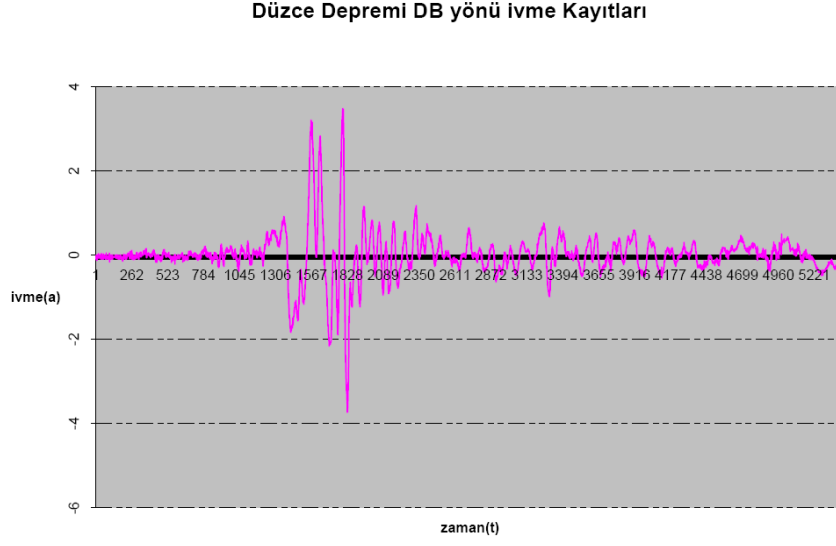
6) $0.9g \pm EY_p$

olarak alınmıştır.

Zaman Tanım Alanlı deprem hesabında Bolu-Düzce Depremindeki ivme kayıtları aşağıdaki gibidir.

Düzce Depremi KG ivme kayıtları





Şekil 5.5 : Bolu Düzce Depremi İvme Kayıtları

5.3 Sistemde kullanılacak çubukların enkesit sınıflarının değerlendirilmesi;

HE600M; $t_f = 40 \text{ mm}$

$t_w = 21 \text{ mm}$

$d = 486 \text{ mm}$

$$d / t_w = \frac{48.6}{2.1} = 23.1 < 72 \cdot \varepsilon \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0.81$$

$$< 58.32$$

$$d / t_w = 23.1 < 330.81 = 26.73 \rightarrow \text{gövde 1. sınıf}$$

$$c / t_f = \frac{30.5/2}{4} \leq 10 \cdot 0.81 = 8.1 \rightarrow 3.81 < 8.1$$

HE500B; Fe510

$$t_f = 28 \text{ mm} \quad d/t_w = \frac{39}{1.45} = 26.89 < 58.32$$

$$t_w = 14,5 \text{ mm} \quad c/t_f = \frac{15}{2,8} = 5,36 < 8.1$$

CHS273x10

$$d/t \leq 50 \cdot 0.66$$

$$d/t \leq 33 \quad \frac{27.3}{1} = 27.3 \leq 33 \rightarrow 1 \text{ sınıf enkesit}$$

CHS219 x 8 $\rightarrow$ 1. sınıf en kesit

HE340B; Fe510

$$t_w = 12 \text{ mm} \quad d/t_w = \frac{243}{12} = 20.25 < 58.32$$

$$\begin{aligned} N_{1,Rd} &\Rightarrow f_{yi} + t_i \times [2hi - 4ti + b_{eff} + b_{eov}] \cdot \left[\frac{1.1}{\gamma_{mj}} \right] \\ &\Rightarrow 23,5 \cdot 1, [2 \cdot 27,3 - 4 \cdot 1 + 27,3 + 10] \cdot 1 \\ &\Rightarrow 2065.65 \text{ kN} \cdot \left(\frac{\pi}{4} \right) \Rightarrow 1622,36 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$c/t_f = \frac{150}{2,15} = 6,98 < 0,1 \rightarrow \text{başlık 1. sınıf}$$

En kesit 1. sınıftır .

5.4 Aşık Hesabı

Çatı Kaplaması = (Trapezoidal Sandviç Saç Panel) = 0,15 kN/m²

Aşık ağırlığı = 0,15 kN/m²

Stabilite Bağ = 0,03 kN/m²

Kar Yüğü = 0,75 kN/m²

Rüzgar Yüğü = 0 ≈ 8 → 0,5 kN/m²

8 ≈ 20 → 0,8 kN/m²

20 → 1,1 kN/m²

Aşık aralığı: 2,5 m

Tali Makas Aralığı = 10 m

Aşıklar 7 açıklıkta sürekli giriş olarak düzenlenecektir.

$$g \Rightarrow (0,15 + 0,15 + 0,03) \cdot \frac{2,5}{\cos \alpha} = 0,83 \text{ kN} / \text{m}^2 \quad \alpha = 5,71$$

$$\cos \alpha \cong 0,995$$

$$\sin \alpha \cong 0,090$$

$$g_s = 0,75 \cdot 2,5 / \cos \alpha = 1,88 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$W = (1,2 \cdot \sin 5,71) \cdot 1,1 \cdot \left(\frac{2,5}{\cos \alpha} \right) \cdot 1,25 \Rightarrow 0,41 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Tasarım yükleri ;

$$g_{z,sd} = (1,35 \cdot 0,83 + 1,5 \cdot 1,88) \cdot \cos \alpha \Rightarrow 3,921 \text{ kN} / \text{m}$$

$$g_{y,sd} = (1,35 \cdot 0,83 + 1,5 \cdot 1,88) \cdot \sin \alpha = 0,4 \text{ kN} / \text{m}$$

$$g_{z,sd} = (1,35 \cdot 0,83 + 1,35 \cdot 1,88) \cdot \cos \alpha + 1,35 \cdot 0,41 \Rightarrow 4,19 \text{ kN} / \text{m}$$

$$= (1,35 \cdot 0,83 + 1,35 \cdot 1,88) \cdot \sin \alpha \Rightarrow 0,363 \text{ kN} / \text{m}$$

$$M_{y,sd} = \frac{4,19 \cdot 10^2}{16} \cdot 10^2 = 2618,75 \text{ kNcm}$$

$$M_{z,sd} = \frac{0,4 \cdot 10^2}{16} \cdot 10^2 = 250 \text{ kNcm}$$

Kullanma yükleri;

$$g + p_s \rightarrow q_z \Rightarrow (0,83 + 1,88) \cdot \cos \alpha \Rightarrow 2,7 \text{ kN} / \text{m}$$

$$q_{y, sd} = (0,83 + 1,88) \cdot \sin \alpha \Rightarrow 0,27 \text{ kN} / \text{m}$$

$$g + p_s + w \rightarrow q_{z, sd} = (0,83 \cdot \cos \alpha) + 0,9 (1,88 \cdot \cos \alpha + 0,41) \Rightarrow 2,88 \text{ kN} / \text{m}$$

$$q_{y, sd} = (0,83 \cdot \cos \alpha) + 0,9 \cdot (1,88 \cdot \sin \alpha) \Rightarrow 0,99 \text{ kN} / \text{m}$$

Sehim sınırları ;

$$f_z \Rightarrow \frac{1}{155} \cdot \frac{(2,87) \cdot 10^{-2} \cdot (1000)^4}{21000 \cdot I_y} \leq \frac{\lambda}{200} \Rightarrow \frac{1000}{200} \Rightarrow 5 \text{ cm}$$

$$I_{y, y} \geq \frac{1}{155} \cdot \frac{2,87 \cdot 10^{-2} \cdot 1000^4}{21000 \cdot (5)} = 1763,44 \text{ cm}$$

$$f_g \Rightarrow \frac{1}{155} \cdot \frac{0,99 \cdot 10^{-2} \cdot 1000^4}{21000 \cdot I_z} \leq \frac{\lambda}{200} = 5 \text{ cm}$$

$$I_z \geq 608,29 \text{ (Bu değerden küçük olursa gergi kullanılacaktır)}$$

Boyutlandırma ;

Seçilen; HE180A

$$\begin{aligned}
 I_Y &= 2510 \text{ cm}^4 & d &= 122 \text{ mm} \\
 I_Z &= 924,6 \text{ cm}^4 & t_w &= 6 \text{ mm} \\
 W_{pll} &= 324,9 \text{ cm}^3 & t_f &= 9,5 \text{ mm} \\
 W_{pll} &= 156,5 \text{ cm}^3 & A &= 45,25 \text{ cm}^2 \\
 I_y &= 7,45 \text{ cm} & h &= 171 \text{ mm} \\
 I_z &= 4,52 \text{ cm} & \lambda &= 180 \text{ mm} \\
 I_T &= 014,8 \text{ cm}^4 \\
 I_w &= 60,21 \text{ cm}^6
 \end{aligned}$$

$$g = 35,5 \text{ kg/m}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{23,5 \cdot 324,9}{1,1} = 6941,04 \text{ kNcm} > 2618,75 \text{ kNcm}$$

$$V_{pl,Rd} = (1,04 \cdot 12,2 \cdot 0,6) \cdot \frac{23,5}{1,1 \cdot \sqrt{3}} = 93,89 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{23,5 \cdot 156,5}{1,1} = 3343,41 \text{ kNcm}$$

Son açıklıktaki moment ;

$$M_{y,sd} = \frac{4,19 \cdot 10^2}{11} \cdot 10^2 = 3809,09 \text{ kNcm}$$

$$M_{z,sd} = \frac{0,4 \cdot 10^2}{11} \cdot 10^2 = 363,63 \text{ kNcm}$$

Takviye etmeye gerek yok.

$$V_{sd} = \frac{q \cdot (\lambda / \cos \alpha)}{2} = \frac{4,19 \cdot 10 / \cos \alpha}{2} = 21,05 \text{ kN}$$

$$V_{pl,rd} \gg V_{sd}$$

Plastik moment dayanımında indirgeme yapmaya gerek yok.

Yanal burulmalı burkulma tahkiki;

$$M_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 924,6}{(1000)^2} \cdot \sqrt{\frac{(\%75) \cdot 60,2 \cdot 10^3 + 0,039 \cdot (1000)^2 - 14,81}{924,6}}$$

$$M_{er} = 5110,14$$

$$\lambda_{hT} = 114,79 / 93,9 = 1,22 \rightarrow 0,49 = X_{LT}$$

İki ekseninde eğilme;

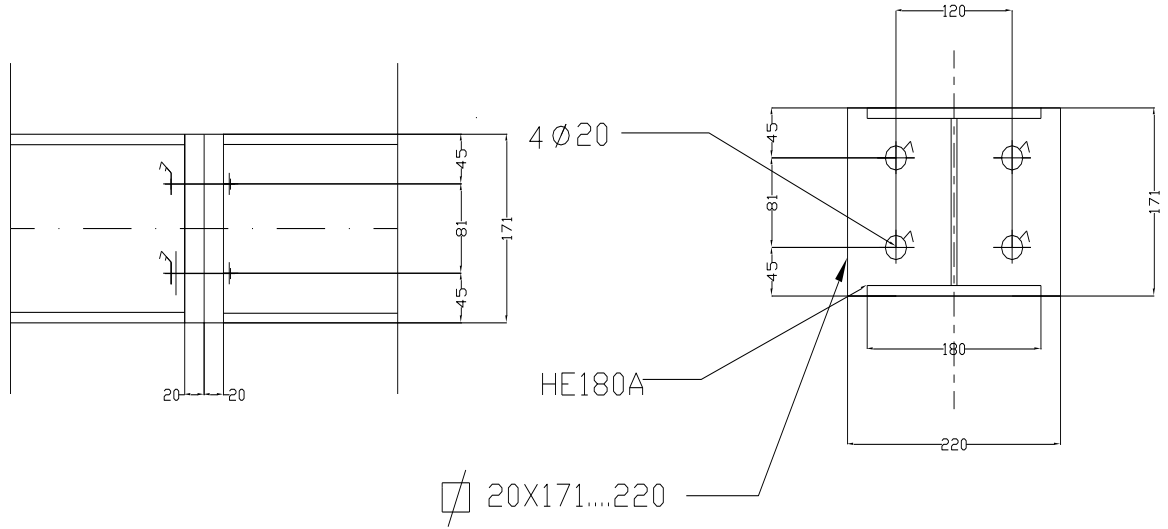
$$\left(\frac{2618,75}{6941,04} \right)^2 + \left(\frac{250}{3343,41} \right)^1 = 0,22 < 1$$

Eğilmeli, burulmalı burkulma;

$$\frac{1,5 \cdot 2618,75}{6941,04} + \frac{1,5 \cdot 250}{3343,41} = 0,56 + 0,11 = 0,67 < 1$$

$$\frac{1 \cdot 2618,75}{0,49 \cdot 6941,04} + \frac{1 \cdot 250}{3343,41} = 0,77 + 0,07 = 0,85 < 1$$

Şekil 5.6 : Aşık eki detayı



5.4.1 Aşık Ekinin Düzenlenmesi

Aşık eki alın levhalı rijit ek olarak düzenlenecektir.

M_{20} (10.9, GY) $D=18$

C tipi birleşim.

$M_A = 2618,75 \text{ kNcm}$

$V_A = 21,05 \text{ kN}$

$I_w / I_{pr} \leq 0,15$ olması halinde M_b birleşimi başlıklar tarafından aktarılabilir.

$$I_w = (17,1 - 2 \cdot 0,95) \cdot \frac{0,6^3}{12} = 0,274 \text{ cm}^4$$

$$\frac{0,274}{2510} = 1,09 \cdot 10^{-4} < 0,15$$

Bulonlardan kontrol;

$$N_s = \frac{2618,75}{2 \cdot 21,12} = 62 \text{ kN}$$

$$h_z = (45 + 171) - \frac{9,5}{2} = 211,25 \text{ mm}$$

$$\alpha = 2$$

$$V = \frac{21,05}{2} = 10,525 \text{ kN}$$

$$n=1, \quad ks=1.0, \quad (\eta=0.2)$$

$$F_{s,Rk} = 0.7 \cdot 100 \cdot 2,45 = 171,5 > 62 \text{ kN}$$

$$F_{s,Rd} = 171,5 \cdot 0,2 / 1,25 = 2744 \text{ kN} > 10,525 \text{ kN}$$

$$\alpha_{\min} = \left(\frac{45}{3 \times 22}; \frac{171}{3 \times 22} - \frac{1}{4}; \frac{100}{36}; 1,0 \right)$$

$$(0,68; 2,34; 2177; 1,0) \rightarrow 0,68$$

$$F_{b,Rd} = (2,5 \cdot 0,68 \cdot 36,0 \cdot 2,0 \cdot 2,0) / 1,25 = 195,84 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} = 0,6 \pi \times 3,0 \times 2 \times 36 / 1,25 = 325,72 \text{ kN}$$

(Zımbalama)

Alın levhasında kontrol;

$$d_w = 30 \text{ pul çapı}$$

$$C_1 = 45 - 9,5 - \left(\frac{30}{4} + \frac{20}{2} \right) = 18 \text{ mm}$$

$$C_2 = \frac{30}{2} + 20 = 35 \text{ mm}$$

$$k = \frac{2 \cdot (35 + 18)}{11 \cdot 9,5} = 10,14$$

$$F_{t,Rd} = 141,3 / 1,25 = 113,04 \text{ kN}$$

$$m = \frac{4 \cdot 2 \cdot 113,04 \cdot 3,5}{1,1 \cdot 18 \cdot 0,95^2 \cdot \frac{23,5}{1,1}} = 8,29$$

$$Z_{Rd} = \frac{23,5}{1,1} \cdot 18 \cdot 0,95 \cdot \left(-10,14 + \sqrt{10,14^2 + 8,29 + 1} \right)$$

$$= 163,73 \text{ kN} \leq \left(22 \cdot 2 \cdot \frac{23,4 \cdot \sqrt{3}}{1,1} \right) = 1628,13 \text{ kN}$$

$$X = 1 - \left(\frac{\frac{463,73}{\frac{23,5}{1,1} \cdot 18 \cdot 0,95}}{\frac{23,5}{1,1} \cdot 18 \cdot 0,95} \right)^2 = 0.8$$

$$M_{I,pl} = 1,1 \cdot \frac{18 \cdot 0,95^2}{4} \cdot \frac{23,5}{1,25} \cdot 0,8 = 67,19 \text{ kNcm}$$

$$M_{II} = \frac{2 \cdot 113,04 - \frac{67,19}{1,8}}{\frac{1}{1,8} + \frac{1}{3 \cdot 5}} = 188,75 = 224,36$$

$$\leq \frac{23,5 \cdot \sqrt{3}}{1,1} \cdot 22 \cdot 2 \cdot 3,5 = 5698,44$$

$$\leq 1,1(22 - 2 \cdot 1,8) \cdot \frac{2^2}{4} \cdot \frac{23,5}{1,1} = 432,4 \text{ kNcm}$$

$$M_{b,Rd} = 163,73 \cdot (17,1 - 0,95) = 2644,23 \text{ kN} > 2618,75 \text{ kNcm}$$

5.5 Tali Makas Çubuklarının Boyutlandırılması

Tali makas üst başlığı eğilme rijitlikli sürekli kiriş olarak tasarlanacaktır.

$$N_{sd} = 2063.313 \text{ kN}$$

$$M_{j,sd} = 58,773$$

$$V_z = -25.796 \text{ kN}$$

$$l_y = l_z = 5 \text{ m}$$

Seçilen: HE340B – Fe510

$h = 340 \text{ mm}$	$A = 170.0 \text{ cm}^2$	$W_{pl,y} = 2408 \text{ cm}^3$
$b = 340 \text{ mm}$	$i_y = 14.65 \text{ cm}$	$W_{pl,z} = 905,7 \text{ cm}^3$
$d = 243 \text{ mm}$	$i_z = 17.53 \text{ cm}$	

$$t_w = 12 \quad t_f = 21.5 \text{ mm}$$

En kesit 1. sınıf en kesittir

$$\bar{\lambda} = \text{Kıyaslama narinliği} = 76.41 \quad (\lambda = \pi \cdot \sqrt{E / f_y})$$

$$f_y = 355 \text{ kN/cm}^2$$

$$\lambda = \frac{500}{7.53} = 66.40$$

$$\lambda / \bar{\lambda} = \frac{66.40}{76.41} = 0.87 \rightarrow \lambda = 0.61$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0.61 \cdot 170.9 \cdot 35.5}{1.1} = 3364.4 \text{ kN} > 2062.313 \text{ kN}$$

$$M_{ypl,Rd} = \frac{35.5 \cdot 2408}{1.1} = 77712.72 \text{ kNcm}$$

$$A_w = 1.04 \cdot d \cdot t_w \Rightarrow 1.04 \cdot 24.3 \cdot 1.2 \Rightarrow 30.33 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd0} = \frac{30.33 \cdot 35.5}{1.1 \cdot \sqrt{3}} \Rightarrow 565.13 \text{ kN} \gg V_{sd}$$

olduğundan plastik moment dayanımında indirgeme yapılmamıştır.

Eğilmeli burkulma kontrolü;

$$\frac{2062.313}{3364.4} + \frac{1.5 \cdot 5977.3}{77712.72} = 0.612 + 0.113 = 0.725 < 1$$

Diyagonal Çubuğu Tasarımı;

$$N_{sd} = -754.743 \text{ kN}$$

Seçilen; HS273 X 10 (Fe360)

$$A = 78.9 \text{ cm}^2$$

$$I_y = I_z = 9.324 \text{ cm}^4$$

$$l = l_z \Rightarrow 901.388 \text{ cm}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{78.9 \cdot 23.5}{1.1} = 1685.59 \text{ kN}$$

$$\lambda = \frac{901.388}{9.324} = 96.67 \quad \lambda / \bar{\lambda} = 96.67 / 939 = 1.02 \rightarrow 0.66$$

$$N_{b,Rd} = 0.66 \cdot 1685.59 = 1112.48 > 754.743 \text{ kN}$$

Bütün diyagonal çubuklarının boyutlandırılması gösterilmeyecektir. Ekler kısmında diyagonal çubuklarını tasarım kuvvetleri ve kesit tesirleri etkileşim katsayıları gösterilecektir.

Tali Makas alt başlık çubuğu;

Tali Makas alt başlığında, üst başlık profilinin aynısı seçilmiştir. Tali Makas alt başlığı, rüzgar etkisiyle birlikte basınca dönmektedir. Dolayısıyla belirli aralıklarla tutulmalıdır.

$$N_{sd} \text{ max} \Rightarrow 721.825 \text{ kN}$$

$$\chi \cdot N_{t,Rd} = -721.825 \text{ kN}$$

$$\chi \cdot \frac{35.5 \cdot 170.9}{1.1} = -721.825 \text{ kN}$$

$$\chi=0,13 \rightarrow \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{76.41} = 2.5$$

$$\lambda=191.025$$

$$\frac{\lambda}{7.53} = 191.025 \rightarrow \lambda = 1438.4 \text{ cm} = 14,38 \text{ m}$$

Tali makas alt başlığı 10 m.'de Tali Makas alt başlıkları arasında dikme ve çaprazlarla tutulacaktır.

Aşağıda tali makas çapraz ve dikmelerinin tasarım kuvvetleri, etkileşim katsayılarıyla birlikte verilmiştir.

$$\text{etkileşim katsayısı} = \frac{\text{Talep}}{\text{Plastik Kapasite}}$$

Tablo 5.2 : Tasarım kuvvetleri, etkileşim katsayıları

Kesit Numarası	Seçilen Kesit	Türü	Combo	Etkileşim Katsayısı	NsdDsgn	Ncrd	Ntrd	Length
Text	Text	Text	Text	Unitless	KN	KN	KN	m
TD2	HS273X13	Brace	COMB1	0.691822	1482.577	1958.167	2221.818	5.3852
TD12	HS273X10	Brace	COMB1	0.69413	-698.104	1142.689	1685.591	8.6023
TD11	HS273X8	Brace	COMB1	0.680003	-610.438	1008.419	1414.273	8.2006
TD10	HS273X10	Brace	COMB1	0.496712	-525.473	1246.075	1685.591	7.8103
TD9	HS273X8	Brace	COMB1	0.432013	-416.189	1088.334	1414.273	7.433
TD8	HS273X8	Brace	COMB1	0.32935	-316.327	1122.893	1414.273	7.0711
TD7	HS273X8	Brace	COMB1	0.206873	-185.056	1153.564	1414.273	6.7268
TD6	HS273X8	Brace	COMB1	0.070605	-40.931	1180.376	1414.273	6.4031
TD5	HS273X8	Brace	COMB1	0.158503	154.495	1203.473	1414.273	6.1033
TD4	HS273X8	Brace	COMB1	0.340303	415.722	1223.052	1414.273	5.831
TD3	HS273X8	Brace	COMB1	0.595523	781.346	1239.312	1414.273	5.5902
TD1	HS273X10	Brace	COMB1	0.810965	-797.253	1087.308	1685.591	9.0139

Tablo 5.3 : Tasarım Kuvvetleri , etkileşim katsayıları

Kesit Numarası	Seçilen Kesit	Türü	Combo	Etkileşim Katsayısı	NsdDsgn	Ncrd	Ntrd	Length
Text	Text	Text	Text	Unitless	KN	KN	KN	m
TV11	HS273X10	Column	COMB1	0.452452	589.61	487.804	1685.591	7.5
TV10	HS273X8	Column	COMB1	0.51466	507.39	469.108	1414.273	7
TV9	HS273X8	Column	COMB1	0.478028	426.971	532.188	1414.273	6.5
TV8	HS273X8	Column	COMB1	0.381325	328.996	607.057	1414.273	6
TV7	HS273X8	Column	COMB1	0.263143	241.011	694.526	1414.273	5.5
TV6	HS273X8	Column	COMB1	0.229662	145.94	795.18	1414.273	5
TV5	HS273X8	Column	COMB6	0.102327	26.471	904.924	1414.273	4.5
TV4	HS273X8	Column	COMB1	0.187873	-68.425	895.006	1414.273	4
TV3	HS273X8	Column	COMB1	0.247873	-196.021	1117.41	1414.273	3.5
TV2	HS273X8	Column	COMB1	0.51353	-340.879	1066.024	1414.273	3
TV1	HS273X8	Column	COMB1	0.719214	-527.923	1266.709	1414.273	2.5

5.5.1 Tali Makas Çubukları Kaynaklı Ek Detayları

Tali makas diyagonal çubukları, tali makas üst ve alt başlığına kaynaklı olarak teşkil edilmiştir. Birleşim hesapları EC 3-1-8'de ilgili tablolar ve kısaslar göz önüne alınarak yapılmıştır.

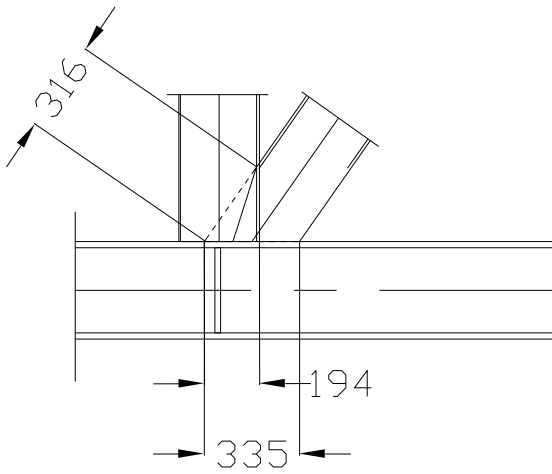
HE 340B → $t_f = 21,5 \text{ mm}$ $A = 170,9 \text{ cm}^2$
 $t_w = 12 \text{ mm}$ $d = 243 \text{ mm}$
 $b = 300 \text{ mm}$
 $h = 340 \text{ mm}$
 $r = 27 \text{ mm}$

Başlık çubuğu;

- $\frac{d_w}{t_w} = \frac{243}{12} = 20.25 \leq \frac{72\epsilon}{33\epsilon} \rightarrow 1. \text{ sınıf}$
- $d_w \leq 400$
- $\frac{d_w}{t_w} \leq 1.2 \sqrt{\frac{21000}{35.5}} = 29.19 > 20.25$

- $\frac{b_o}{t_f} \leq 0.75 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yo}}} = 18.24$

$$\frac{300}{21.5} = 13.9 < 18.24$$



Şekil 5.7 : Düğüm noktası Tip 1.

$$Q_1 = 56.31^\circ$$

$$p = \frac{273}{\sin Q_1} = 328.10$$

$$q = 180 \text{ mm}$$

$$\lambda_{ov} = \frac{194}{335} \cdot 100 = \%58$$

Düğüm noktası geçerlilik sınırları ;

En kesit gerilmesi basınç	En kesit gerilmesi çekme
$\frac{d_1}{t_1} = \frac{273}{10} = 27.3 < 35$ $\frac{d_2}{t_2} = \frac{273}{10} = 27.3 < 35$	$\frac{d_1}{t_1} = \frac{273}{10} = 27.3 < 50$ $\frac{d_2}{t_2} < 50$

* Boru kesit $\frac{h_i}{b_i} = \frac{D1}{D1} = 1$

$$0,5 < \frac{D1}{D1} \leq 2$$

$$\frac{b_i}{b_j} = 1 > 0.75$$

N düğüm noktası;

$$be,ov = \frac{10}{b_j / t_j} \cdot \frac{f_{y_j} \cdot t_j}{f_{y_i} \cdot t_i} \cdot b_i \quad be,ov \leq b_i$$

$$be,ov = \frac{10}{27,3/1,0} \cdot \frac{23.5}{23.5} \cdot \frac{1}{1} \cdot 27.3 \Rightarrow < 27.3$$

$$be,ov = 10 < 27,3$$

$$beff = tw + 2r + 7tf \cdot f_y / f_{yi}$$

$$= 1,2 + 2 \cdot 2,7 + 7 \cdot 2,15 \cdot \frac{35.5}{23.5} = 29,335 < 27.3$$

$$beff = 27.3 \text{ alınacaktır}$$

$$\%50 < \lambda_o \leq \%80$$

$$N_{1,Rd} \Rightarrow f_{y_i} + t_i \cdot [2hi - 4ti + be_{ff} + be_{ov}] \cdot \left[\frac{1.1}{\gamma_{mj}} \right]$$

$$\Rightarrow 23.5 \cdot 1 \cdot [2 \cdot 27.3 - 4 \cdot 1 + 27.3 + 10] \cdot 1$$

$$\Rightarrow 2065.65 \text{ kN} \cdot \left(\frac{\pi}{4} \right) \Rightarrow 1622.36 \text{ kN}$$

$$N_{sd} \text{ max} \Rightarrow 754.743 \text{ kN}$$

$$N_{pi,Rd} \Rightarrow \frac{23.5 \cdot 78.9}{1.1} \Rightarrow 1685.59 \text{ kN}$$

Düğüm noktası yeterlidir.

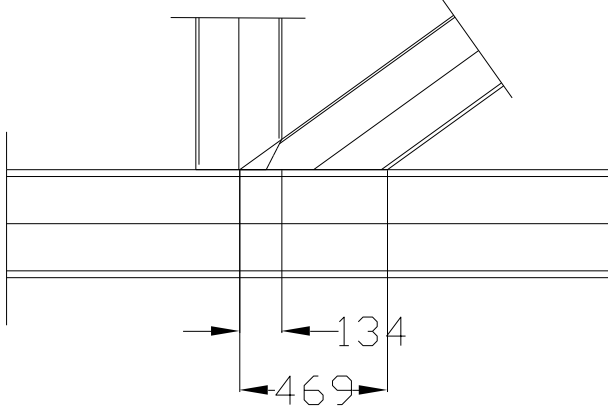
Köşe kaynağı dikişi kalınlığı:

$$Fe360 \rightarrow a/t \geq 0.89\alpha \quad \alpha = 1$$

$$Fe510 \rightarrow a/t \geq 1.01\alpha$$

* Üstüne binilen çubuk başlık çubuğuna küt kaynak dikişleriyle, üste binen çubuk ise köşe kaynaklarıyla başlığa ve diyagonal çubuğa bağlanmaktadır.

$$* a \geq 0.84 \cdot 1 \cdot 1 = 0.84 \rightarrow a = 10 \text{ mm seçilmiştir}$$



Şekil 5.8 : Düğüm noktası Tip 2.

$$Q = \tan^{-1} \left(\frac{5}{2.5} \right) + \alpha (5.71^\circ)$$

$$Q = 69,14$$

$$p = \frac{273}{\sin 69.14} = 288.93$$

$$q = 80 \text{ mm}$$

$$\lambda_{vo} = \frac{q}{p} = \frac{134}{469} \cdot 100 = \%28.5$$

$$\%50 > \lambda_{vo} > \%25$$

Düğüm noktası geçerlilik sınırları ;

$$\frac{d_1}{t_1} = \frac{273}{8} = 34.125 < 35$$

$$\frac{d_1}{t_1} = \frac{279}{8} = 34.125 < 50$$

$$\frac{d_2}{t_2} = \frac{273}{8} = 34.125 < 35$$

$$b_{e,ov} = \frac{10}{27,3/0.8} \cdot \frac{23.5}{23.5} \cdot \frac{0.8}{0.8} \cdot 27.3 = 12.5 < 27.3$$

$$b_{eff} = 1.2 + 2 \cdot 2.7 + 7 \cdot 2.15 \cdot \frac{35.5}{23.5} < 27.3$$

$$b_{eff} = 29.335 < 27.3$$

$$\%50 > \lambda_{vo} > \%25$$

$$N_{1,Rd} = \left(f_y \cdot tg \cdot \alpha \left(b_{eff} + b_{e,ov} + (h_1 - 2t_1) \cdot \frac{\lambda_{vo}}{50} \right) \cdot \gamma_{ms} \cdot \frac{\pi}{4} \right)$$

$$= 23.5 \cdot 0.8 \cdot \left(27.3 + 12.5 + (27.3 + 12.5 + (27.3 - 2 \cdot 0.8)) \cdot \frac{27.69}{50} \cdot \frac{\pi}{4} \right)$$

$$= 535.60 \text{ kN}$$

$$N_{1,max} = 527,9$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{23.5 \cdot 70}{1.1} = 1495.45 \text{ kN}$$

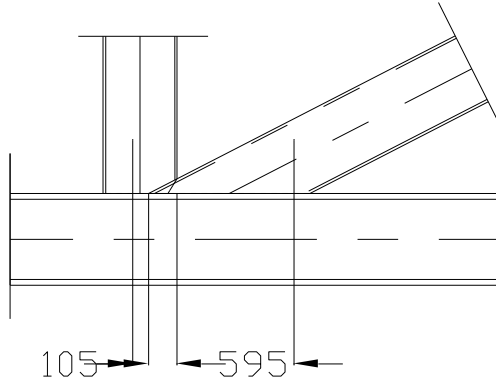
Üstüne binilen örgü çubuğu için $N_{sd} \max = 781.346 \text{ kN}$

Çubuk en kesitleri değiştirilmiştir $HS 273 \times 13 \rightarrow$

$$N_{1,Rd} = \frac{535.60}{0.8} \cdot 1.3 = 870.35 \text{ kN} > 781.346 \rightarrow$$

Düğüm noktası yeterlidir

$$a \geq 0.804 \times 1,3 = 10,45 \rightarrow t = 12 \text{ mm seçilmiştir}$$



Şekil 5.9 : Düğüm noktası Tip 3.

$\lambda_{vo} < \%25 \rightarrow$ Birleşim boşluklu gibi hesap edilecektir.

Başlıkta Makaslama dayanımı;

Etkili Makaslama alanı;

$$A_v = A_o - (2 - \alpha) \cdot h_o \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f \quad \alpha = 0 \text{ Boru kesit}$$

$$= 170.9 - 2 \cdot 30 \cdot 2.15 + (1.2 + 2 \cdot 2.7) \cdot 2.15$$

$$A_v = 56.09 \text{ cm}^2$$

$$V_{sd} \Rightarrow 527.923 \text{ kN}$$

$$V_{pl,Rd} \Rightarrow \left(\frac{1.04 \cdot 24.3 \cdot 1.2}{\sqrt{3} \cdot 1.1} \right) \cdot 35.5 = 565.06 \text{ kN}$$

$$V_{sd} / V_{pl,Rd} = 0.934$$

$$N_{0,Rd} = f_{yo} \cdot \left[A_o - A_v \cdot \left(\frac{2V_{sd}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \right] \cdot \gamma_{mo}$$

$$\Rightarrow 35.5 \cdot (170,9 - 56.09 \cdot (2 \cdot 0.934 - 1)^2) / 1.1$$

$$\Rightarrow 4151,58 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{yo} \cdot A_v}{\sqrt{3} \cdot \sin Q_1} / \gamma_{ms} = \frac{35.5 \cdot 56.09}{\sqrt{3} \cdot \sin 60} \cdot 1 = 1327.46 \text{ kN}$$

Efektif genişlik (Diyagonalde göçme) ;

$$N_{1,Rd} = 2 \cdot f_{y_i} \cdot t_i \cdot beff / \gamma_{ms}$$

$$= 2 \cdot 23.5 \cdot 1.3 \cdot 27.3 / 1 \left(\frac{\pi}{4} \right) = 1310.1 \text{ kN}$$

Başlık gövdesinin stabilitesi ;

$$b_w = \frac{di}{\sin Q_i} + 5(t_f + r) \Rightarrow \frac{27.3}{\sin 60} + 5(2.15 + 2.7) = 55.77$$

$$b_w \leq 2t_i - 10(t_f + r) \Rightarrow 2 \cdot 1 + 10(2.15 + 2.7) = 50.5$$

$b_w \Rightarrow 50.5$ seçilmiştir.

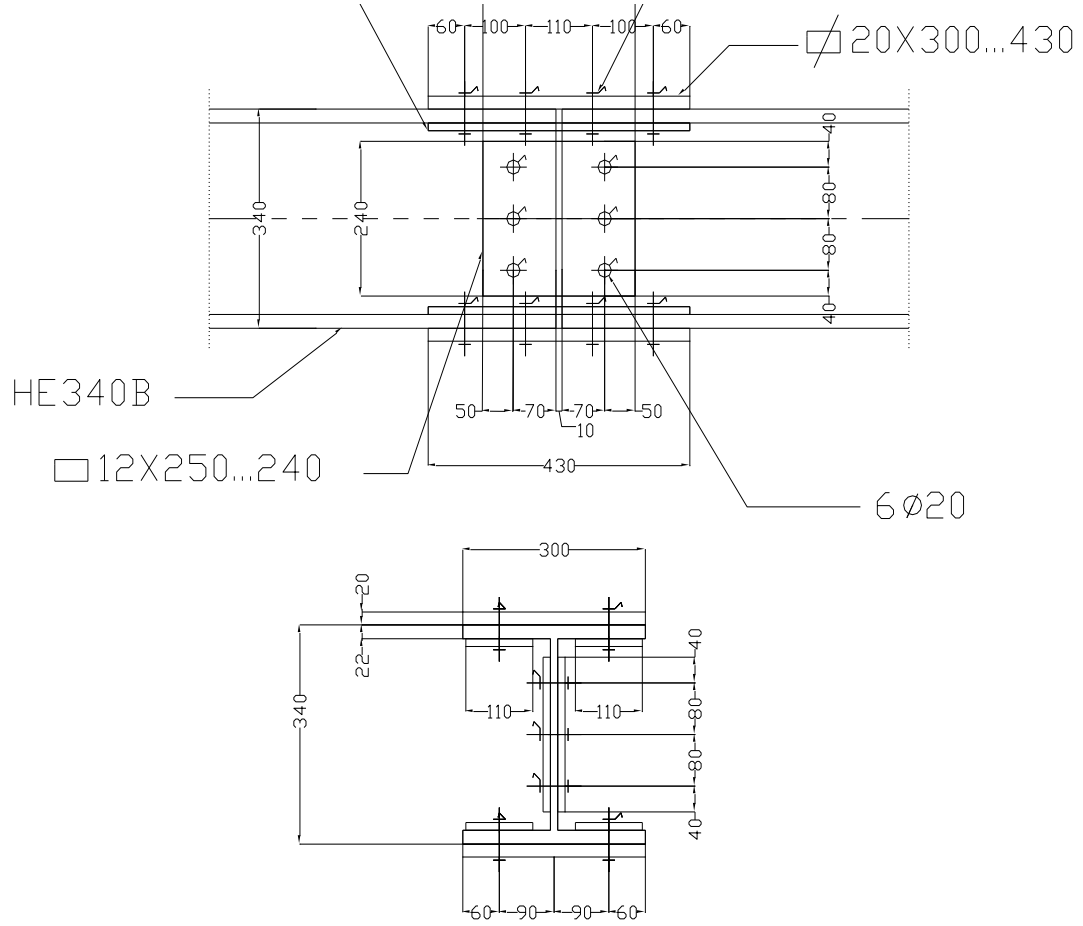
$$N_{1,Rd} = \frac{35.5 \cdot 1.2 \cdot 50.5}{\sin 60} = 2484.11 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{100 \cdot 23.5}{1.1} = 2136,36 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 1482.577 \text{ kN} < 1310.1 \text{ kN}$$

Düğüm noktası levha ile kuvvetlendirilecektir.

5.5.2 Tali Makas Bindirme Levhalı Kiriş Eki Tasarımı



Şekil 5.10 : Tali Makas Eki

$$N_{\max} = 1816,238 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = 539,24 \text{ kNcm}$$

$$V_{\max} = 24.885 \text{ kN}$$

$$N_{f2} = N_{f1} = \frac{N}{A_T} \cdot A_f = \frac{1816.238}{170.9} \cdot (2,15 \cdot 300) = 635,47 \text{ kN}$$

$$N_g = \frac{N}{A_T} \cdot A_w = \frac{1816.238}{170.9} (170,9 - 2 \cdot 2,15 \cdot 300) = 445,3 \text{ kN}$$

$$A_{f1} = 30 \cdot 2 = 60 \text{ cm}^2$$

$$A_{f2} = 11 \cdot 1,0 = 11 \text{ cm}^2$$

$$A_{w1} = 24 \cdot 1,2 = 28,8 \text{ cm}^2$$

Başlık levhalarında kontrol;

$$N_{f2} = \frac{11}{(2 \cdot 11 + 60)} \cdot (635.47) = 91.95 \text{ kN}$$

$$N_{f1} = 685.47 - 2 \cdot 91.95 = 501.57 \text{ kN}$$

Bindirme levhalarında kontrol;

$$A_{2net} = 11 - 2.2 = 8.8 \text{ cm}^2$$

$$N_{2tRd} \leq \begin{cases} \frac{11 \cdot 23.5}{1.1} = 235 \text{ kN} \\ \frac{0.9 \cdot 8.6 \cdot 36}{1.25} = 228,09 \text{ kN} \end{cases} > 91.95$$

Başlık levhalarında kontrol;

$$A_{net} = 60 - 2 \cdot 2.2 = 55.6 \text{ cm}^2$$

$$N_{1t,Rd} \leq \begin{cases} \frac{60 \cdot 23.5}{1.1} = 1281.82 \text{ kN} \\ \frac{55.6 \cdot 36 \cdot 0.9}{1.25} = 1441.152 \text{ kN} \end{cases} > 501.57 \text{ kN}$$

Gövde ek levhalarında kontrol;

$$A_{w1} = 24 \cdot 1.2 = 28.8$$

$$A_{net} = (28.8 - 2 \cdot 2.2) = 24.4 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \begin{cases} \frac{28.8 \cdot 23.5}{1.1} = 615.27 \\ \frac{0.9 \cdot 36 \cdot 24.4}{125} = 632.45 \text{ kN} \end{cases} > 445.3 \text{ kN}$$

Kesme kuvveti ve moment etkisi küçük olduklarından ihmal edilmiştir.

Başlık bulonlarında kontrol;

M 20, 10.9 (SL birleşimi)

Başlık bulonları çift etkili bulonlardır.

$$M 20 \rightarrow F_{v, Sd} = \frac{0,5 \cdot 100 \cdot 245}{1,25} = \frac{122,5}{1,25} = 98 \text{ kN}$$

$$\frac{501,57}{2 \cdot n} > 98 \rightarrow n = 2,55 \rightarrow 4$$

20 mm lik levhada ezilme dayanımı;

$$\alpha_{\min} = \left[\frac{60}{3 \cdot 22}; \frac{100}{3 \cdot 22} - 0,25; \frac{1000}{36}; 1 \right]$$

$$\alpha_{\min} = (0,90 ; 1,26 ; 2,77 ; 1)$$

$$\alpha_{\min} = 0,30$$

$$F_{b, Rd} = \frac{1}{1,25} \cdot 2,5 \cdot 0,9 \cdot 36 \cdot 2,0 \cdot 2,0 = 259,2 \text{ kN}$$

Gövde bulonlarında kontrol;

Gövde bulonları çift etkili bulonlardır

$$\frac{445,3}{2 \cdot n} > 98 \rightarrow n > 2,2 \rightarrow 3 \text{ seçilmiştir}$$

100 mm lik levhada ezilme dayanımı

$$\alpha_{\min} = \left(\frac{50}{3 \cdot 22} ; \frac{140}{3 \cdot 22} - 0.25 ; \frac{100}{36} ; 1 \right)$$

$$F_{b,Rd} = \frac{0,75}{1,25} \cdot 36 \cdot 2 \cdot 1,0 \cdot 2,5 = 108 \text{ kN}$$

5.5.3 Tali Makas Kolonunun Tasarımı

$$N_{sd \max} = 638,66 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = 37521,8 \text{ kNcm}$$

$$V_{sd \max} = 80,43 \text{ kN}$$

Seçilen HE 500B	h = 500 mm	
	b = 300 mm	$I_y = 107200 \text{ cm}^4$
	$i_y = 21,19 \text{ cm}$	$I_z = 126220 \text{ cm}^4$
	$i_z = 7,27 \text{ cm}$	$A = 238,6 \text{ cm}^2$

$$N_{pl,Rd} = \frac{238,6 \cdot 23,5}{1,1} = 5097,36 \text{ cm}^2$$

$$\lambda_y = \frac{2200}{21,19} = 103,82$$

$$\lambda_z = \frac{1100}{7,27} = 151,31 / 93,9 = 1,61 \rightarrow 0,29$$

$$N_{b,Rd} = 0,29 \cdot 5097,36 = 1478,23 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 37521,8 \text{ kNcm}$$

$$\frac{37521.8 \cdot 1,1}{23,5} = W_{pl,y} > 1756.34 \text{ cm}^3$$

Kesme Kuvveti Dayanımı:

$$A_v = 1.04 \cdot 39 \cdot 1.45 = 58.812 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{58.812 \cdot 23,5}{1.1 \cdot \sqrt{3}} = 725.40 \text{ kN} \gg 80.43 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{4815 \cdot 23,5}{1,1} = 102865.90 \text{ kNcm}$$

Eğilmeli Burkulma Dayanımı;

$$\frac{638,66}{1478,23} + \frac{1.5 \cdot 37521.8}{102865,90} = 0,43 + 0,55 = 0.99 < 1$$

Eğilmeli Burulma Dayanımı;

$$M_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 12620}{(1100)^2} \times \sqrt{\frac{(1/0.75)^2 \cdot 7018 \cdot 10^3 + 0.039 \cdot (1100)^2 \cdot 538.4}{12620}}$$

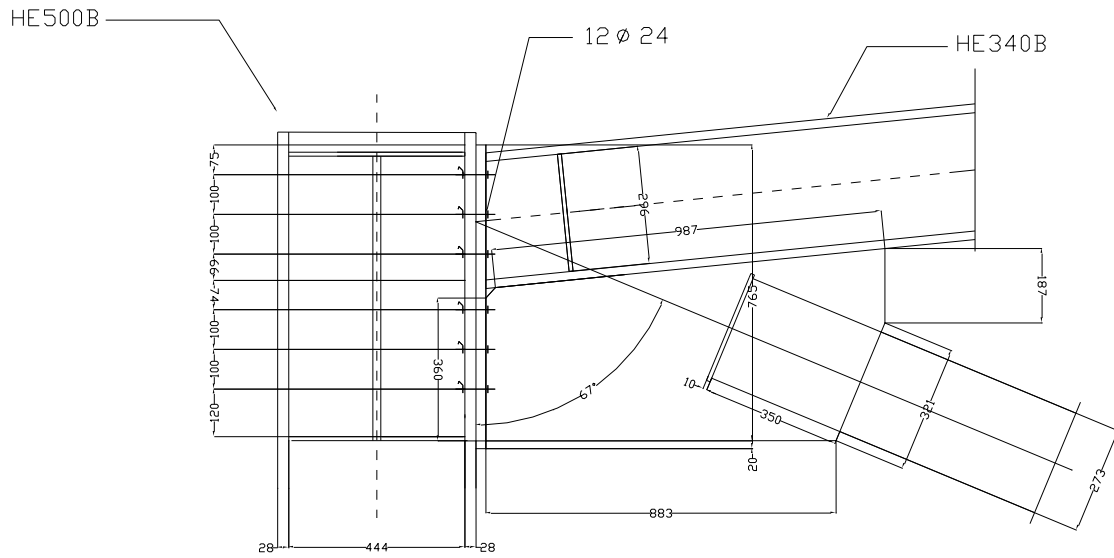
$$M_{cr} = 118437.33$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 4815}{118437,33}} = 91.79$$

$$91.93/93.9 = \bar{\lambda}_{LT} = 0.977 \rightarrow \lambda_{LT} = 0.66$$

$$\frac{638.66}{1478.23} + \frac{37521.8}{0,66 \cdot 102865.90} = 0.43 + 0.55 = 0.98 < 1$$

5.5.4 Tali Makas Kolon Bağlantı Detayı



Şekil 5.11 : Tali makas kolon bağlantı detayı

$$D_{23}=1260\text{ kN}$$

$$1260 = A_w \cdot 20.8$$

$$A_w \geq 60.57\text{ cm}^2$$

$$a = 8\text{ m}$$

$$4 \cdot 0.8 \cdot \lambda \geq 60.57$$

$$\lambda \geq 25.23\text{ cm}$$

$$\lambda = 280\text{ mm}$$

HE340B

$$h = 340\text{ mm}$$

$$b = 300\text{ mm}$$

$$t_w = 12\text{ mm}$$

$$t_f = 21.5\text{ mm}$$

$$d = 24.3\text{ mm}$$

$$A_{f_1} = A_{f_2} = 2,15 \cdot 30 = 64.4\text{ cm}^2$$

$$A_{w_1} = 2 \cdot 0.8 \cdot (24.3 - 2 \cdot 0.8) = 36.32\text{ cm}^2$$

$$A_{w_2} = 2 \cdot 0.8 \cdot (27 - 2 \cdot 0.8) = 40.64\text{ cm}^2$$

x – x eksenine göre ;

$$y = 64,5 \cdot (34,0 \cdot 2,15) + \left(17 - \frac{2,15}{2}\right) \cdot 36,32$$

$$+ \frac{\left(13,5 + 34 - \frac{2,15}{2}\right) \cdot 40,65}{64,5 \cdot 2 + 36,32 + 40,64}$$

$$y = \frac{2054,325 + 578,4 + 1837,18}{129 + 205,96}$$

$$y = 21,70 \text{ cm}$$

Ağırlık Merkezine göre kesit tesirleri

$$V_{sd} = 616,847 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 0$$

$$M_{sd} = [21,70 - (17 - 1,075)] \cdot 1016,935 + 1016,935 \cdot (34 - 21,70 - 1,075)$$

$$= 5872,8 + 11415,1 = 17287,9 \text{ kNcm}$$

$$I_w = 2 \times \frac{0,8 \cdot 22,7^3}{12} + 36 \cdot 32 \cdot (21,70 - 17 - 1,075)$$

$$+ \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 25,4^3}{12} + 40,64 \cdot (18,5 + 34 - 1,075 - 21,70)$$

$$+ 64,5 \cdot 21,70 + 64,5 \cdot (34 - 2,15 - 21,70)$$

$$= 1560 + 131,66 + 2185 + 1004,824$$

$$= 4881,484 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{1728.9}{4881.484} = 3.54 \text{ kN / cm} < 20,8 \text{ kN / cm}^2$$

$$A_w = 36.32 + 40.64 = 76.96 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{616.847}{76.96} = 8.015 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_{bileşil} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} = 8.76 < 20.8$$

Bulonların Tahkiki

x - x eksenine göre bulonların ağırlık merkezi

$$y = \frac{70 \cdot a + 170 \cdot a + 270 \cdot a + 410 \cdot a + 510 \cdot a}{5a}$$

$$y = 286$$

Ağırlık eksenine göre kesit tesirleri

$$N_{sd}=0$$

$$V_{sd}=616,847\text{ kN}$$

$$M_{sd}=1016.935 \cdot (28,6 - (17 - 1.075)) \\ + 1016.935 \cdot ((34 - 1.075) - 28.6)$$

$$M_{sd}=12889.65 + 4398.24$$

$$M_{sd}=17288\text{ kNcm}$$

En dıştaki bulon sırasında;

$$N_{sd}=\frac{17288\text{ kNcm}}{44}=392.90\text{ kN}$$

$$N_{sd}=\frac{392.90}{2}=196.45\text{ kN}$$

$$A_s=45,9\text{ cm}^2\text{ M }27$$

$$M_{27}(10.9)$$

$$F_{p,cd}=0,7 \cdot 100 \cdot 45.9=3213\text{ kN} > 196.45\text{ kN}$$

$$n=1 \quad k_s=1 \quad \mu=0.2$$

$$F_{s,Rd}=\frac{1 \cdot 1 \cdot 0.2 \cdot 3213}{1.25}=514.08\text{ kN} > 6$$

$$\text{Bir bulona gelen } V_{sd}=\frac{616.847}{2}=308.42\text{ kN} < F_{s,Rd}$$

Levha ilanında ezilme

$$\alpha[\min]=\left(\frac{70}{3 \cdot 30}\right); \frac{100}{3 \cdot 30}-\frac{1}{4}; \frac{100}{36}; 1$$

$$(0.78, 0.86, 2.77, 1)$$

$$0.78 \quad F_{b,Rd} = 2.5 \cdot 0.78 \cdot 36 \cdot 2.7 \cdot 2.5$$

$$= 473.85 \text{ kN} / 1.25 = 379.08 \text{ kN} > 308.42 \text{ kN}$$

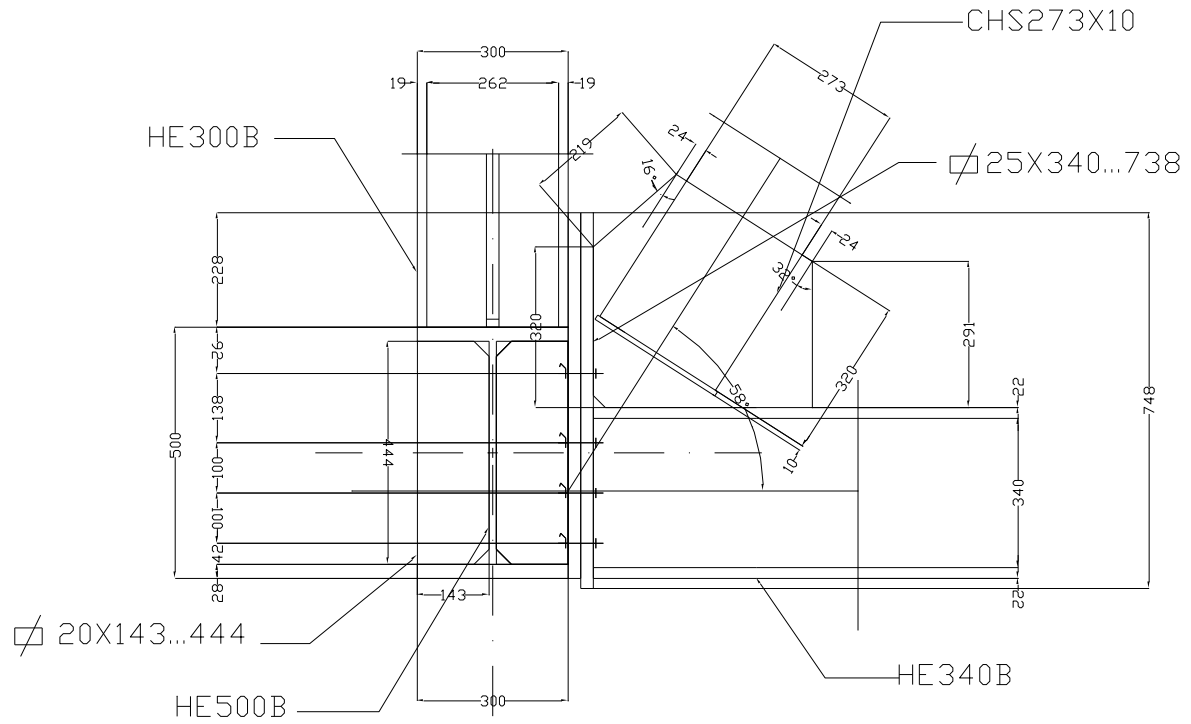
Berkitmelerdeki kaynaklar;

$$2 \cdot [(2 \cdot 39 - 2 \cdot 0.5) + 4 \cdot 0.5 \cdot (13.3 - 2 \cdot 0.5)]$$

$$= A_w = (77 + 24.6) \cdot 2 = 203.2 \text{ cm}^2$$

$$V_{sd} = 237.25 / 203.2 = 1 \text{ kN} / \text{cm}^2 < 20.8$$

5.5.5 Tali Makas Ana Makas Bağlantı Detayı



Şekil 5.12 : Tali Makas Ana Makas Bağlantı Detayı-1

$$D_x = 958 \cdot \sin \alpha = 804.99 \text{ kN} \quad \sin Q = 57.17^\circ$$

$$D_y = 958 \cdot \cos \alpha = 519.38 \text{ kN}$$

$$\lambda_x = 48 - 2 \cdot 0.8 = 46.4$$

$$2 \cdot 0.5 \cdot 46.4 = 46.4 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_w = \frac{519.38}{46.4} = 11.19 \text{ kN/cm}^2 < 20.8 \text{ kN/cm}^2$$

Alın levhasında kontrol;

$$Af_1 = Af_2 = 30 \cdot 2.15 = 64.5 \text{ cm}^2$$

$$Aw_1 = (24.3 - 2 \cdot 0.8) \cdot 0.8 \cdot 2 = 36.32 \text{ cm}^2$$

$$Aw_2 = (32 - 0.8) \cdot 28 \cdot 2 = 49.92 \text{ cm}^2$$

x - x eksenine göre kaynakların ağırlık merkezi;

$$y = \frac{64.5 \cdot (34 - 2.15) + [17 - 1.075] \cdot 36.32 + 49.92 \cdot (16 + 34 - 1.075)}{64.5 \cdot 2 + 36.32 + 49.92}$$

$$y = 23.58 \text{ cm}$$

Ağırlık Merkezine göre ;

$$I_w = 64.5 \cdot 23.58 + 64.5 \cdot (34 - 23.58 - 2.015)$$

$$+ 36.32 \cdot (23.58 - 17 - 1.075)$$

$$+ 49.32 \cdot (16 + 34 - 1.075 - 23.58)$$

$$+ \frac{2 \cdot 0.8 \cdot 22.7^3}{12} + \frac{2 \cdot 0.8 \cdot 31.2^3}{12}$$

$$I_w = 1520.91 + 533.415 + 199.94 + 1264.22 + 1560 + 4049.51 = 1129.9 \text{ cm}^4$$

Ağırlık merkezine göre kesit tesirleri ;

$$M_{sd} = 519.38 \cdot (34 - 1.075 - 23.58) + 519.38 \cdot (23.58 - 17 + 1.075)$$

$$N_{sd} = 0 \quad M_{sd} = 4853.61 + 3975.85$$

$$V_{sd} = 804.99 \text{ kN} \quad M_{sd} = 8829.46 \text{ kN}$$

$$\sigma_w = \frac{8829.46}{1129.9} = 7.83 < 20.8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_w = \frac{804.99}{(3642 + 49.92)} = 6.71 \text{ kN/cm}^2 < 20.8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_T = \sqrt{7.83^2 + 6.71^2} = 10.31 \text{ kN/cm}^2 < 20.8 \text{ kN/cm}^2$$

x – x eksenine göre bulonların ağırlık merkezi ;

$$y = \frac{70 + 170 + 270 + 407.85}{4} = 22.95$$

Ağırlık Merkezine göre kesit tesirleri ;

$$V_{sd} = 804.99$$

$$\begin{aligned} M_{sd} &= (34 - 22.95) \cdot 519.38 + (22.95 - 17) \cdot 519.38 \\ &= 8829.46 \text{ kNcm} \end{aligned}$$

En fazla zorlanan bulonda ;

$$N_{sd} = \frac{8829.46}{(17.835 + 15.95)} = 261.34 \text{ kN}$$

1 bulona gelen;

$$N_{sd} = \frac{261.39}{2} = 130.67 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = \frac{894.99}{2} = 402.495 \text{ kN}$$

$$M 27(10.9) \rightarrow A_s = 45.9 \text{ cm}^2$$

$$n=1, k_s = 1, m = 0.2$$

$$F_{s,Rd} = \frac{11 \cdot 0.2 \cdot 3213}{125} = 514.08 \text{ kN} > 402.495 \text{ kN}$$

Levha cidarında ezilme;

$$\alpha_{ma} = \left(\frac{67.85}{3 \cdot 33}; \frac{100}{3 \cdot 30} - 0.25; \frac{1000}{300}; 1.0 \right)$$

$$= (0.68; 0.861; 2.78; 1.0)$$

$$\alpha = 0.75$$

$$F_{b,Rd} = 2.5 \cdot 0.68 \cdot 51 \cdot 2.7 \cdot 2.5 = 585.225 / 1.25 = 468.18 > 402.495 \text{ kN}$$

Ana Makas Berkitme Levhaları Kaynakları;

$$0.5 \cdot (44.4 - 2 \cdot 0.6) \cdot 2 = A_w = 51.84 \text{ cm}^2$$

$$V_{sd} = 804.99$$

$$\frac{804.99}{51.84} = 15.53 < 20.8 \text{ kN / cm}^2$$

$$M_{sd} = 804.99 \cdot 15 = 12074.85 \text{ kNcm}$$

$$N_{sd} = \frac{12074.85}{50} = 241.5 \text{ kN}$$

$$\lambda_w = 150 - 27 - 2 \cdot 5 = 113 \text{ mm}$$

$$A_w = 2 \cdot 0.8 \cdot 11.3 = 18.08 \text{ cm}^2$$

$$\tau_w = \frac{241.5}{18.08} = 13.35 \text{ kN / cm}^2$$

5.6 Ana Makas Çubuklarının Boyutlandırılması

$$N_{\max} = -3281,273 \text{ kN} \quad Ml_z: Fe510 \quad M_{sd} = 3281,273 \text{ kNcm}$$

$$\frac{3281,273 \cdot 1,1}{35,5} = 101,67 \text{ cm}^2$$

Seçilen = HE500B

$$\lambda_y = \lambda_z = 5m$$

$$A = 238,6 \text{ cm}^2 \quad W_{p,y} = 4815 \text{ cm}^3$$

$$i_y = 21,19 \text{ cm}$$

$$i_z = 7,27 \text{ cm}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{238,6 \cdot 35,5}{1,1} = 7700,27 \text{ kN}$$

$$\lambda_z = \frac{500}{7,27} = 68,77 / 76,41 = 0,90 \rightarrow 0,72 \left(\frac{h}{b} > 1,2 \right)$$

$$N_{b,Rd} = 0,72 \cdot 238,6 \cdot 35,5 / 1,1 = 5390,19 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Sd} = \frac{4815 \cdot 35,5}{1,1} = 155393,18 \text{ kNcm}$$

$$M_{sd} = 15810,6 \text{ kNcm}$$

Eğilmeli burkulma;

$$\frac{3281,273}{5390,19} + \frac{15810,6 \cdot 1.5}{155393.18} = 0.61 + 0.153 = 0.76 < 1$$

Alt başlık çubuğu ;

$$N_{\max} = -1125.202 \text{ kN} \quad M_{sd} = 2189,8 \text{ kNcm}$$

$$\frac{1125.202 \cdot 1.1}{23,5} = 52.66 < A \quad Ml_z = Fe360$$

$$\lambda_y = \lambda_z = 500 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = \frac{500}{7.27} = 68.77 / 93.9 = 0.73 \rightarrow 0.715$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0.715 \cdot 238,6 \cdot 23,5}{1,1} = 3619,13 \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{23,5 \cdot 4815}{1,1} = 102865.91 \text{ kNcm}$$

Eğilmeli Burkulma;

$$\frac{1125,202}{3619,13} + \frac{2189,8 \cdot 1.5}{102865 \cdot 31} = 0,31 + 0,03 = 0,34 < 1$$

Kesme kuvveti değeri çok küçük olduğundan etkisi ihmal edilmiştir.

Diagonal çubukları;

$$N_{sd} = -1994,394 \text{ kN}$$

$$A > \frac{1994,394 \cdot 1,1}{23,5} = 93,35 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen} = \text{HE340B} \quad \text{Mlz} = \text{Fe360}$$

$$\lambda_z = \lambda_y = 640.312 \text{ cm} \quad A = 171 \text{ cm}^2$$

$$i_y = 14.642 \text{ cm} \quad \bar{\lambda}_z = \frac{640.312}{7.528} / 93.9 = 0.906 \rightarrow 0.58$$

$$i_z = 7.528 \text{ cm}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{171 \cdot 23.5}{1.1} = 3653.18 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 0.58 \cdot 3653.18 = 2118.844 > 1994.394$$

$$\text{etkileşim katsayısı} = \frac{\text{Talep}}{\text{Plastik Kapasite}}$$

$$\frac{1994.394}{2118.844} = 0,94 < 1$$

Tablo 5.4 : Etkileşim Katsayıları

Kesit Numarası	Seçilen Kesit	Türü	Combo	Etkileşim Katsayısı	NsdDsgn	Ncrd	Ntrd
Text	Text	Text	Text	Unitless	KN	KN	KN
AD1	HE340-B-A	Brace	COMB1	0.992715	1994.394	2178.423	3653.182
AD2	HE340-B-A	Brace	COMB1	0.590178	1983.711	2178.423	3653.182
AD3	HE340-B-A	Brace	COMB1	0.706112	1384.539	2178.423	3653.182
AD4	HE340-B-A	Brace	COMB1	0.423065	1384.797	2178.423	3653.182
AD5	HE340-B-A	Brace	COMB1	0.642967	1300.555	2178.423	3653.182
AD6	HE340-B-A	Brace	COMB1	0.394114	1298.364	2178.423	3653.182
AD7	HE340-B-A	Brace	COMB1	0.38954	-738.475	2178.423	3653.182
AD8	HE340-B-A	Brace	COMB1	0.244877	737.546	2178.423	3653.182
AD9	HE340-B-A	Brace	COMB1	0.345239	-655.958	2178.423	3653.182
AD10	HE340-B-A	Brace	COMB1	0.220123	650.47	2178.423	3653.182
AD11	HE340-B-A	Brace	COMB2	0.288144	-180.69	847.675	3653.182
AD12	HE340-B-A	Brace	COMB2	0.234888	-156.604	847.675	3653.182
AD13	HE340-B-A	Brace	COMB19	0.420789	1198.954	2178.423	3653.182
AD14	HE340-B-A	Brace	COMB19	0.668051	1242.985	2178.423	3653.182
AD15	HE340-B-A	Brace	COMB19	0.69533	-1432.13	2304.458	3653.182
AD16	HE340-B-A	Brace	COMB19	0.433427	1362.18	2304.458	3653.182
AD17	HE340-B-A	Brace	COMB19	0.739787	1472.597	2304.458	3653.182
AD18	HE340-B-A	Brace	COMB19	0.415878	1442.298	2304.458	3653.182
AD19	HE340-B-A	Brace	COMB19	0.684119	1449.551	2304.458	3653.182
AD20	HE340-B-A	Brace	COMB19	0.420666	1431.712	2304.458	3653.182

Tablo 5.5 : Etkileşim Katsayıları

Kesit Numarası	Seçilen Kesit	Türü	Combo	Etkileşim Katsayısı	NsdDsgn	Ncrd	Ntrd
Text	Text	Text	Text	Unitless	KN	KN	KN
AV1	HE300-B	Column	COMB1	0.603346	1524.213	1484.814	3183.182
AV2	HE300-B	Column	COMB1	0.738682	-935.391	1484.814	3183.182
AV3	HE300-B	Column	COMB1	0.480768	1074.683	1487	3183.182
AV4	HE300-B	Column	COMB1	0.449484	-516.49	1487	3183.182
AV5	HE300-B	Column	COMB1	0.308528	690.263	160.125	3183.182
AV6	HE300-B	Column	COMB15	1.157292	-173.205	160.125	3183.182
AV7	HE300-B	Beam	COMB19	0.898431	1933.207	2302.277	3183.182
AV8	HE300-B	Beam	COMB19	0.395506	1029.012	2302.277	3183.182
AV9	HE300-B	Column	COMB1	0.433847	863.782	1487	3183.182
AV10	HE300-B	Column	COMB1	0.635691	-830.724	1487	3183.182
AV11	HE300-B	Column	COMB1	0.249886	457.797	1487	3183.182
AV 12	HE300-B	Column	COMB1	0.366736	-432.685	1487	3183.182
AV13	HE300-B	Column	COMB4	0.108852	19.951	1487	3183.182
AV14	HE300-B	Column	COMB2	0.116194	-14.761	1487	3183.182
AV15	HE300-B	Beam	COMB19	0.096409	12.378	2302.277	3183.182
AV16	HE300-B	Beam	COMB19	0.091083	10.5	2302.277	3183.182

5.6.1 Ana Makas Kaynaklı Birleşim Detayı

$$D_1 = 1994,394 \text{ kN}$$

$$D_2 = 1983,771 \text{ kN}$$

HE340B

Mlz = Fe360

 $t_w = 12 \text{ mm}$ $d = 293 \text{ mm}$ $t_f = 215 \text{ mm}$

$$1994 \setminus 394 = A_w \left(\frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot 1.25 \cdot 0.8} \right)$$

$$A_w > \frac{1994,394}{20,8} = 95.88 \text{ cm}^2$$

Çapraz plaka bağlantısı küt kaynak;

$$d_{x,tw} = 1,2 \cdot 24.3 = 29.16 \text{ cm}^2$$

$$A_{w_{net}} = 95.88 - 29.16 = 66.72 \text{ cm}^2$$

$$a = 6 \text{ mm} \rightarrow < 0.7 \cdot 21.5 = 15.05 \\ > 3 \text{ mm}$$

$$80,6\lambda > 66.72 \text{ cm}^2 \rightarrow \lambda > 14 \text{ cm} \rightarrow \lambda = 300 \text{ mm}$$

Plaka – ana makas arası kaynaklar köşe kaynak dilimleri ile teşkil edilmiştir.

$$D_x = 1994,394 \cdot \cos 39$$

$$D_x = 1549,93 \text{ kN}$$

$$\lambda = 844 \text{ cm} \quad t_{plaka} = 25 \text{ mm}$$

$$a = 6 \text{ mm} \quad 2 \cdot 0,6 \cdot 84,4 = A_w = 101.28 \text{ cm}^2$$

$$\tau_w = \frac{1549,93}{101,28} = 15.30 \text{ kN / cm}^2 < 20.8 \text{ kN / cm}^2$$

$$D_y = 1994,314 \cdot \sin 39 = 1255,11 \text{ kN}$$

$$\lambda = 495 \text{ cm}$$

Dikmeyi ana makasa bağlayan kaynak dikişlerinde kontrol; Dikme başlıkları ana makasa küt kaynak dikişleriyle gövde ise köşe kaynak dikişleriyle teşkil edilecektir.

$$\begin{aligned} \text{Dikme Profili} &= \text{HE300B} & t_w &= 11 \text{ mm} \\ A &= 149,1 \text{ cm}^2 & t_f &= 19 \text{ mm} \\ & & d &= 208 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kesit tesirleri;

$$N_{Sd} = 1542 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 5.05 \text{ kN}$$

$$A_{w,web} = (20.8 - 2 \times 0.5) \times 2 \times 0.5 = 19.8 \text{ cm}^2$$

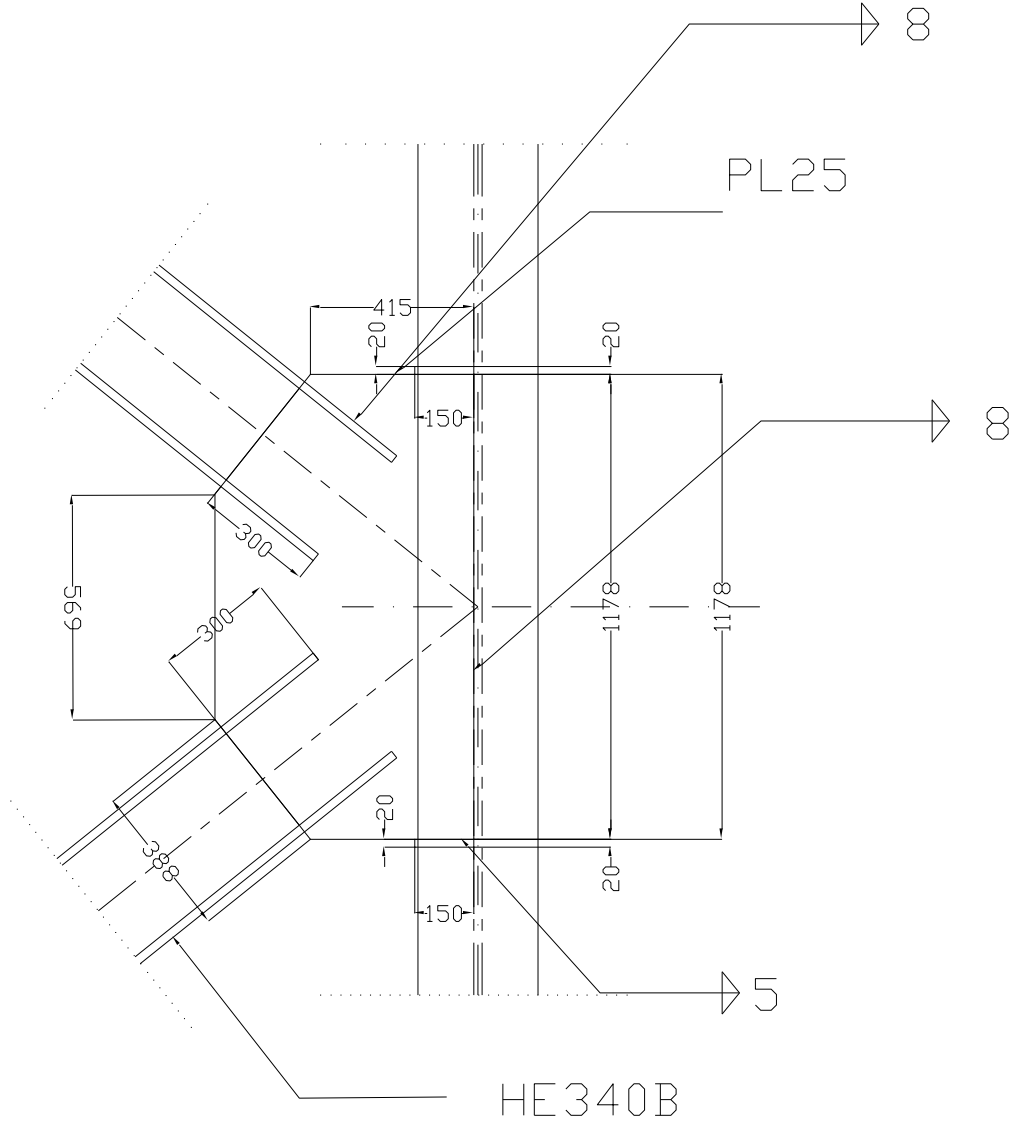
$$A_{w,flange} = 2 \times 1.9 \times 30 = 114 \text{ cm}^2$$

$$A_r = 114 + 19.8 = 133.8 \text{ cm}^2$$

$$\tau_w = \frac{1542}{133.8} = 11.52 \text{ kN / cm}^2 < 20.8 \text{ kN / cm}^2$$

Gövde kaynaklarında;

$$\tau_w = \frac{5.35}{19.8} = 0.27 \text{ kN / cm}^2 < 20.8 \text{ kN / cm}^2$$



Şekil 5.14 : Ana makas kaynaklı birleşim detayı

5.7 Ana Makas Kolonunun Boyutlandırılması

$$N_{sd} = 4168,74 \text{ kN}$$

$$M_{sd,y} = 10296,3 \text{ kNcm}$$

$$M_{sd,z} = 08360,67 \text{ kNcm}$$

Seçilen Kesit = HE600M

Mlz = Fe510

$$A = 363.7 \text{ cm}^2$$

$$W_{pl,y} = 8772 \text{ cm}^3$$

$$i_y = 25.55 \text{ cm}$$

$$W_{pl,z} = 1930 \text{ cm}^3$$

$$i_z = 7,22 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{20.00}{25,55} = 78.28 / 76.41 = 1,02 \rightarrow 0,65$$

$$N_{t,Rd} = \frac{363.7 \cdot 35.5}{1.1} = 11737,6 \text{ kN}$$

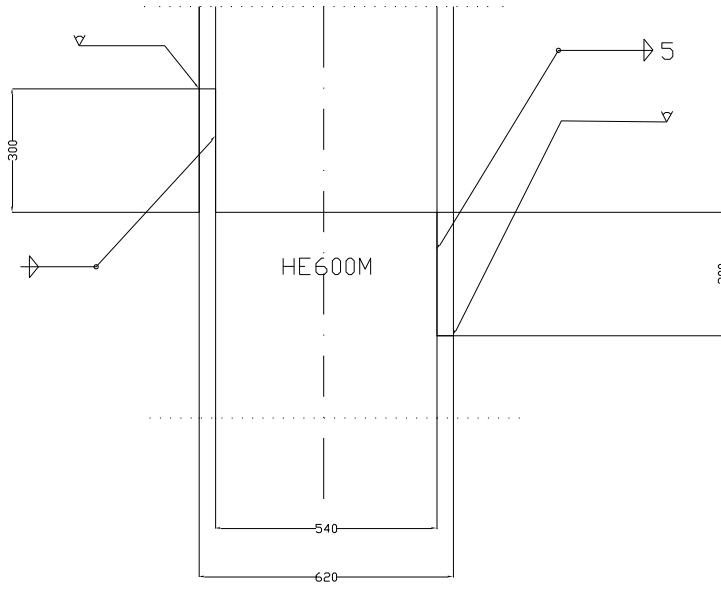
$$N_{b,Rd} = 0.65 \cdot 11737,6 = 7629.44 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{35,5 \cdot 8772}{1.1} = 283096,36 \text{ kNcm}$$

$$M_{pl,z,Rd} = \frac{35,5 \cdot 1930}{1,1} = 62286,36 \text{ kNcm}$$

Eğilmeli burulmalı burkulma dayanımı;

$$\frac{4168,74}{7629,44} + \frac{10296,3 \cdot 1.5}{283096,36} + \frac{1,5 \cdot 8360,67}{62286,36} = 0,55 + 0,054 + 0,20 = 0,805 < 1$$



Şekil 5.15 : Ana makas kaynaklı kolon eki detayı

5.7.1. Ana Makas kolon eki teşkili

HE600M

$$A=363.7\text{ cm}^2$$

$$h=620\text{ mm}$$

$$b=305\text{ mm}$$

$$t_w=21\text{ mm}$$

$$t_f=40\text{ mm}$$

$$d=486\text{ mm}$$

$$h_i=540\text{ mm}$$

Ek yerinde, kesit tesirleri;

$$N_{\max} = -309,2596 \text{ kN}$$

$$M_{sdy} = 105,60 \text{ kNm} = 10560 \text{ kNcm}$$

$$M_{sd} = 78,87 \text{ kNm} = 7887 \text{ kNcm}$$

$$V_{s d_{\max}} = 50 \text{ kN}$$

$$A_f = 30,5 \cdot 4 \cdot a = 122 \text{ cm}^2$$

$$A_w = 363,7 - 2 \cdot 122 = 119,7 \text{ cm}^2$$

$$N_f = 3052,596 \cdot \frac{122}{363,7} = 1037,38 \text{ kN}$$

$$N_w = 3092,516 - 2 \cdot 1037,38 = 1017,836 \text{ kN}$$

$$I_T = 237400 \text{ cm}^4$$

$$I_f = (30,5 \cdot 4) \cdot \left(\frac{62 - 4}{2} \right)^2 = 102602 \text{ cm}^4$$

$$M_f = 10560 \cdot \frac{102602 \cdot 2}{237400} = 9127,86 \text{ kNcm}$$

$$Z_f = \frac{9,27,86}{29} = 314,75 \text{ kN}$$

$$Z_{Tf} = 1352,13 \text{ kN}$$

Başlık dikişlerinde kontrol ;

$$A_w = A_f = 30.5 \cdot 4 = 122 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_w = \frac{1352.13}{122} = 11.08 \text{ kN / cm}^2 < 29.44 \text{ kN / cm}^2$$

$$\left(\frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot 0.8 \cdot 1.25} = 2944 \right)$$

Gövde'de ;

$$M_w = 1433 \text{ kNcm}$$

$$N_w = 1017.836$$

$$V_{sd} = 40 \text{ kN}$$

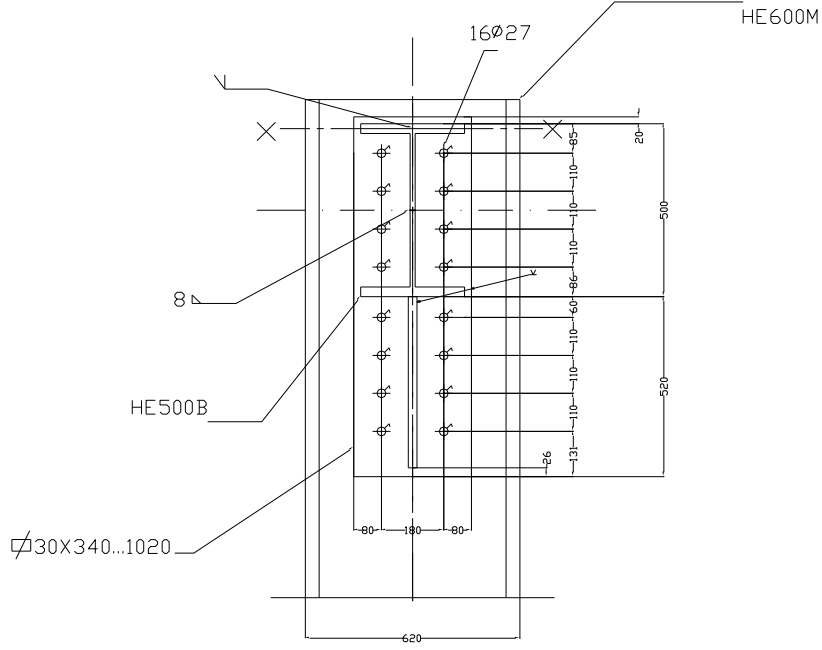
$$A_w = 2 \cdot 0.8 \cdot 30 = 48 \text{ cm}^2$$

$$54 \cdot 2.1 = 113.4 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_w = \frac{40}{113.4} = 0.35 \text{ kN / cm}^2 < 29.44 \text{ kN / cm}^2$$

$$N_w = \frac{1433}{54} + \frac{1017.836}{2} = 535.45 \text{ kN}$$

$$\sigma_w = \frac{535.45}{48} = 11.15 \text{ kN / cm}^2 < 29.44 \text{ kN / cm}^2$$



Şekil 5.17 : Ana makas – ana makas kolonu birleşim detayı -2

Kesit özellikleri; HE500B

$t_f = 28\text{mm}$

$t_w = 14.5\text{ mm}$

$d = 390\text{ mm}$

$h = 500\text{ mm}$

$b = 300\text{ mm}$

$$V_{sd} = 1255,11 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 1550 \text{ kN}$$

x – x eksenine göre kaynakların ağırlık merkezi

$$A_{f1} = A_{f2} = 30 \cdot 2.8 = 84$$

$$A_{w1} = (39 - 2 \cdot 0.8) \cdot 0.8 \cdot 2 = 59,84 \text{ cm}^2$$

$$A_{w2} = (49.4 - 2 \cdot 0.8) \cdot 0.8 \cdot 2 = 77,76 \text{ cm}^2$$

$$e = 59.84 \cdot \left(\frac{50 - 2.8}{2} \right) + 77.76 \cdot \left(50 + \frac{(49.4 - 0.8)}{2} \right)$$

$$+ \frac{84 \cdot (50 - 2.8)}{84 \cdot 2 + 59,84 + 77,76}$$

$$e = \frac{1412.224 + 5773.568 + 3964.8}{(305.6) \text{ cm}^2}$$

$$e = 36.49 \text{ cm} \approx 36.5 \text{ cm} \text{ alınmıştır.}$$

Kaynakların ağırlık merkezine göre kesit tesirleri;

$$V_{sd} = 1255,11 \text{ kN}$$

$$N_{sd} = 0$$

$$M_{sd} = 1550 \cdot (36.5 - 25) + 1550 \cdot (50 - 36.5)$$

$$= 17825 + 20925 = 38750 \text{ kNcm}$$

$$I_w = 84 \cdot 36.5^2 + 84 \cdot ((50 - 1,4) - 36.5)^2$$

$$+ \frac{2 \cdot 0.8 \cdot 37,43}{12} + 59,4 \cdot (23,6)$$

$$+ \frac{2 \cdot 98 \cdot 48,6^3}{12} + 77,76 \cdot 74.3$$

$$I_w = 111909 + 12298.44 + 6975.15 + 1412.224$$

$$+ 15305,50 + 5777.57$$

$$I_w = 153677,884 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_A = \frac{38750}{153677,884} \cdot (49.4 - 0.8 + 50 - 36.5)$$

$$= 15.66 \text{ kN / cm}^2$$

$$\tau = \frac{1255.11 \text{ kN}}{(59.84 + 77.76)} = 9,12 \text{ kN / cm}^2$$

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_a^2 + \tau^2} = 18,12 < 20.8 \text{ kN / cm}^2$$

Bulonların x – x eksenine göre ağırlık merkezi ;

$$e = 83,6 + 193.6 + 303.6 + 449.6 + 559.6 + 669.6 + 779.6 + 889.6 / 8 = 491,1$$

x – x eksenine göre kesit tesirleri ;

$$N_{sd} = 0$$

$$V_{sd} = 1255.11 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 1550 \cdot (49.11 - 25 - 1.4) + 1550 \cdot (50 - 49.11)$$

$$= 35200.5 + 1379.5 = 36580 \text{ kNcm}$$

En dıştaki bulona gelen;

$$N_{sd} = \frac{36580}{69.35} = 527.47 \text{ kN}$$

1 bulona gelen kuvvet ;

$$N_{sd} = \frac{527.47}{2} = 263.735 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = \frac{1255.11 \text{ kN}}{2} = 627.555 \text{ kN}$$

$$M30(10.9) \rightarrow A_s = 561 \text{ mm}^2$$

$$F_{p,cd} = 56.1 \cdot 100 \cdot 0.7 = 3927 \text{ kN}$$

$$n=1, \quad k_s=1, \quad \mu=0.2$$

$$F_{s,Rd} = \frac{1.1 \cdot 0.2 \cdot 3927 \text{ kN}}{1.25} = 629.8 > 627.555 \text{ kN}$$

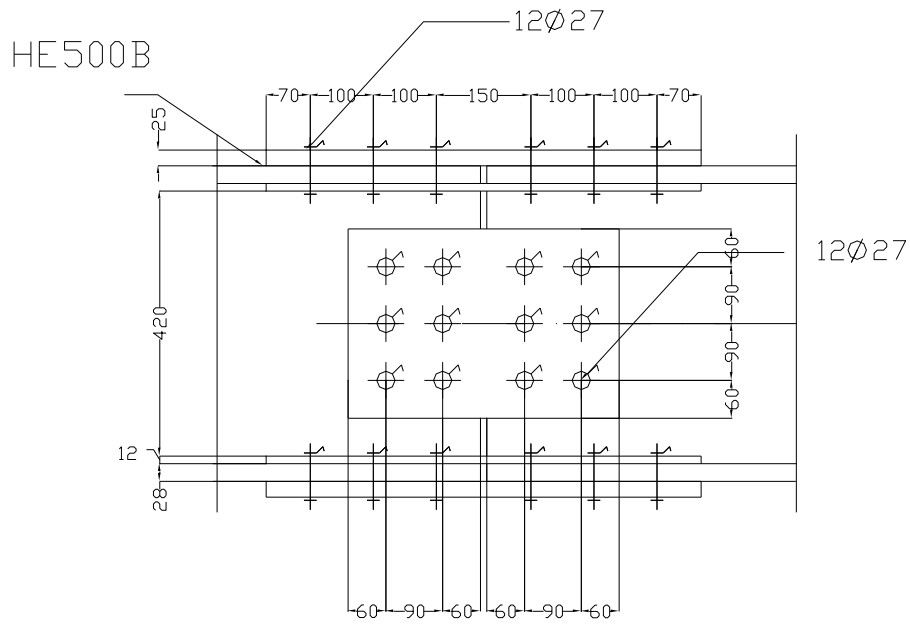
Levhada delik cidarında ezilme;

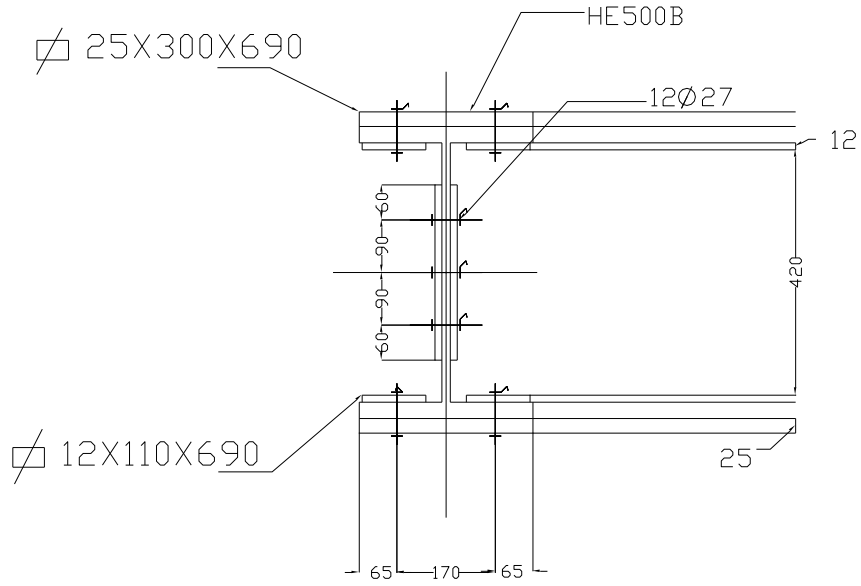
$$\alpha_{\min} = \left(\frac{83.32}{3 \cdot 32}; \frac{100}{3 \cdot 30} - 0.25; \frac{1000}{360}; 1.0 \right)$$

$$\alpha_{\min} = (0.84; 0.86; 2.78; 1.0)$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2.5 \cdot 0.84 \cdot 51 \cdot 3 \cdot 2.5}{1.25} = 642.6 \text{ kN}$$

5.7.3- Ana Makas Bindirme Levhaları Ek Teşkili





Şekil 5.18 : Ana makas eki birleşim detayı

$$N_{fd} = -3240,461 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 12100,6 \text{ kNcm}$$

$$V_{sd} = 14,643 \text{ kN}$$

Bindirme levhalı rijit ek;

Bulonlar : M27 (10,9)

M27; 10,9

$$F_{a, sd} = \frac{229,5 kN}{1,25} = 183,6 kN$$

$$\sum I = 2 \cdot \frac{30^3 \cdot 1,2}{12} + 2 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 11 \cdot (25 - 2,8 - 0,6)^2$$

$$+ 2 \cdot (30 \cdot 2,5) \cdot (25 + 1,25)^2$$

$$= 5400 + 24634,368 + 103359,375 = 133393,743$$

$$I_w = 5400$$

$$M_f = 12110,6 kNcm \cdot \frac{(133393,743 - 5400)}{133393,743} =$$

$$M_f = 11620,34 kNcm$$

$$Z = -D = \frac{11620,34}{(50 - 2,8)} = 246,19 kN$$

Plakalar ;

$$A_{\text{profil}} = 238.6 \text{ cm}^2$$

$$A_f = 2,5 \cdot 30 \cdot 2 + 4 \cdot 11 \cdot 1,2 = 202,8 \text{ cm}^2$$

$$A_w = 4,2 \cdot 30 \cdot 2 = 72 \text{ cm}^2 \quad A_w = 4,2 \cdot 30 \cdot 2 = 72 \text{ cm}^2$$

$$N_f = \frac{2,8 \cdot 30 + 2028}{(72 + 202,8 + 238,6)} \cdot 3240,461 = 1810,21 \text{ kN}$$

$$N_w = \frac{72 + 39 \cdot 1,45}{172 + 202,8 + 238,6} \cdot 3240,461 = (3240,461 - 1810,21 \cdot 2) = 379,96 \text{ kN}$$

$$N_{ft} = 1810,21 + 246,19 = 2056,4 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 183,6 \text{ kN}$$

$$\frac{2056,4 \text{ kN}}{2 \cdot 2 \cdot 1836} = 5,600 = 6 \text{ bulon}$$

Levha cidarında eğilme dayanımı;

$$\alpha = \min \left(\frac{70}{3 \cdot 30}; \frac{100}{3 \cdot 30} - 0,25; \frac{1000}{310}; 1,0 \right)$$

$$\alpha_{\min} = 0,77$$

$$F_{b,Rk} = 77 \cdot 2,5 \cdot 36 \cdot 2,7 \cdot 2,5 = 467,775 / 1,25 = 374,22 \text{ kN}$$

Gövde bulonlarında kontrol;

$$M_w = (12110,6 - 11620,34) = 490,26 \text{ kNcm}$$

$$N_w = 379,96 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 14,643 \text{ kN}$$

$$I_p = \sum y_i^2 + \sum z_i^2$$

$$= 6 \cdot 4,5^2 + 4 \cdot 9^2 = 445,5 \text{ cm}^2$$

$$M_w = 490,26 + 14,643 \cdot (4,5 + 6)$$

$$= 644,01 \text{ kNcm}$$

$$N_{H,m} = \frac{644,01 \cdot 9,0}{445,5} = 130,10 \text{ kN}$$

gövde bulonlarında ;

$$N_{V,H} = \frac{644,01 \cdot 4,5}{445,5} = 6,505 \text{ kN}$$

$$N_{V,V} = \frac{14,06}{6} = 2,34 \text{ kN}$$

$$N_R = \sqrt{(6,505 + 2,34)^2 + (130,10 + 63,32)^2} = 193,6 \text{ kN}$$

Gövde bulonları çift etkili bulonlardır.

$$M_{22} = 193,6 / 2 = 96,81 \text{ kN}$$

$$M_{22} = (10,9)$$

$$F_{V,Rd} = 151,5 / 5 / 1,25 = 121,2 > 96,81 \text{ kN}$$

$$\alpha = \left(\frac{60}{3 \cdot 24}; \frac{90}{3 \cdot 24} - 0,25; \frac{100}{51}; 1,0 \right)$$

$$= 0,83; 1$$

gövde ek levhasında;

$$0,83 \cdot 2,5 \cdot 51,0 \cdot 2,2 \cdot 1,2 = 279,378 \text{ kN} / 1,25$$

$$F_{b,Rd} = 223,50 \text{ kN}$$

Başlık ek levhasında kontrol;

$$Z = 2056,4 \text{ kN}$$

$$Z_1 = \frac{11 \cdot 1,2}{2 \cdot 11 \cdot 1,2 + 30 \cdot 2,5} \cdot 0,13 \cdot 205,4 = 267,69 \text{ kN}$$

$$Z_2 = (2056,4 - 2 \cdot 267,69) = 1521,02$$

$$A_{1 \text{ net}} = (11 - 3) \cdot 1,2 = 9,6 \text{ m}^2$$

$$N_{1 \text{ ,t,Rd}} = \begin{cases} 11 \cdot 1,2 \cdot \frac{35,5}{11} = 426 \text{ kN} \\ 0,9 \cdot 9,6 \cdot \frac{51}{1,25} = 352,512 \text{ kN} \end{cases}$$

$$A_{2 \text{ net}} = (30 - 2 \cdot 3) \cdot 2,5 = 60 \text{ cm}^2$$

$$N_{2 \text{ ,tmd}} \leq \begin{cases} 30 \cdot 2,9 \cdot \frac{5,5}{1,1} = 2420,45 \\ 0,9 \cdot 60 \cdot \frac{51}{1,25} = 2203,2 \end{cases} > 1521,024 \text{ kN}$$

Gövde ek levhalarında kontrol;

$$A_{net} = (30 - 3 \cdot 2,4) = 22,8 \text{ cm}^2$$

$$M_w = 644,01 \text{ kNcm}$$

$$V_{sd} = 14,01 \text{ kN} \quad A_{t \text{ net}} = \left(\frac{30}{2} - 1 \cdot 2,4 \right) \cdot 1,2$$

$$N_{sd} = 379,96 \text{ kN} \quad A_{t \text{ net}} = 15,12 \text{ cm}^2$$

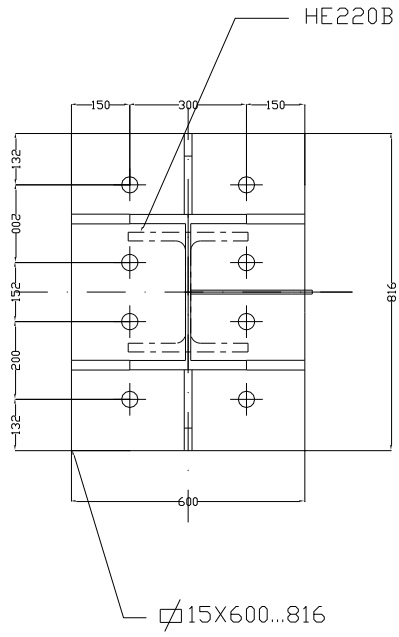
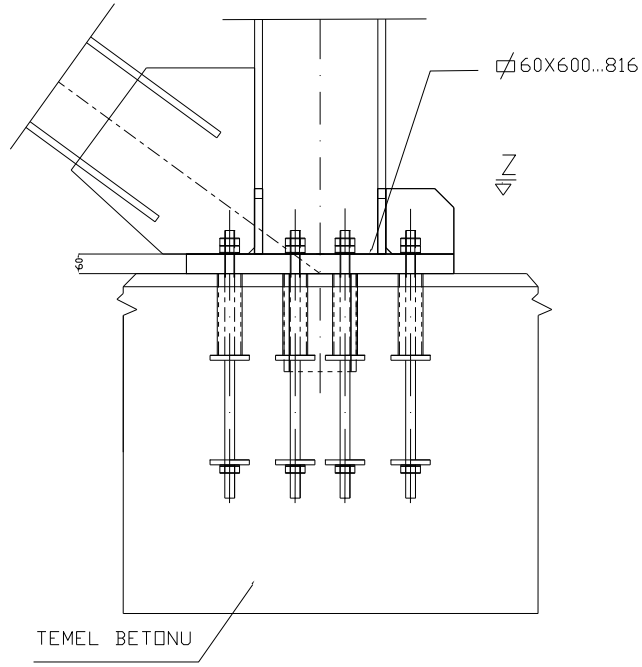
$$0,9 \cdot \frac{2 \cdot 15,12}{2 \cdot 30 \cdot 12} = 0,378 < \frac{35,5}{51,0} = 0,69$$

En kesit zayıflaması göz önüne alınacaktır.

$$M_{pl,Rd} = 2 \cdot \left[2 \cdot 1,2 \cdot \frac{30}{2} \cdot \frac{15}{2} = 2,4 \cdot 1,0 \cdot 9 \right] \cdot \frac{35,5}{1,1}$$

$$= 16033,09 >> 644,01$$

5.7.4 Ana Makas Kolon Ayağı Tasarımı



Şekil 5.19: Ana makas kolon ayağı

$$N_{sd} = 3031.369 \text{ kN} \quad N_t, R_d = 979,682 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 1249.2 \text{ kN}$$

$$HE400B \rightarrow \quad A = 197.8 \text{ cm}^2 \quad d = 298 \text{ mm}$$

$$t_f = 24 \text{ mm} \quad h = 400 \text{ mm}$$

$$t_w = 13.5 \text{ mm} \quad b = 300 \text{ mm}$$

$$a_f < \left(\frac{h}{2} - t_f \right) \Rightarrow \left(\frac{400}{2} - 24 \right) = 176$$

$$a_f = 150 \text{ mm} \text{ seçilmiştir,}$$

$$a_s \approx a_f \cdot t_w / t_f = 150 \cdot \frac{13.5}{24} = 84.375 \text{ mm}$$

$$a_s \leq \frac{b_p - t_w}{2} = \frac{500 - 13.5}{2} = 243.25 \text{ mm}$$

$$A_1 = b \cdot (a_f + t_f) = 300 \cdot (150 + 24) = 9720$$

$$A_2 = [h - 2(t_f + a_f)] \cdot (2a_s + t_w)$$

$$= [400 - 2 \cdot (24 + 150)] \cdot (2 \cdot 84.375 + 13.5) =$$

$$A_2 = 9477 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff} = 2A_1 + A_2 = 2 \cdot 972 + 94,77 = 2038,77 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{N_{sd}}{A_{eff}} = \frac{3031,369}{2938,77} = 1,53 < 1,67 \text{ (BS 25)}$$

$$a_f = 170 \text{ mm} \quad a_s \cong 84,375 \text{ mm}$$

$$A_1 = 30 \cdot (2 \cdot 17 + 2,4) = 1092 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = [40 - 2 \cdot (2,4 + 17)] \cdot (2 \cdot 8,4375 + 1,35) = 21,87 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff} = 2 \cdot 1092 + 21,87 = 2205,87 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{N_{sd}}{A_{eff}} = \frac{3031,369}{2205,87} = 1,37 < 1,67 \text{ (BS 25)}$$

$$t_p \geq a_f \cdot \sqrt{\frac{2\sigma_c}{f_y / \gamma_{mo}}}$$

$$t_p \geq 17 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,37}{23,5 / 1,1}} = 6,08 \rightarrow \text{Taban}$$

levhası berkitilecektir.

d_b konsol boyu = 150 mm seçilmiştir

$$\varepsilon_1 = b_1 / 2a$$

$$\varepsilon_1 = 60 / 2 \cdot 40 = 0,75$$

$$\varepsilon_1, \varepsilon_2 = 0,52$$

$$a_a = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot a$$

$$a_a = 0,52 \times 40 = 20,8 \text{ mm}$$

$$a_1 = a + 2a_a = 40 + 2 \cdot 20,8 = 81,6 \text{ cm}$$

$$b_1 = b + 2a_b = 30 + 2 \cdot 15 = 60 \text{ cm}$$

$$A_{eff} = (81,6 \times 60) = 4896 \text{ cm}^2$$

$$\varepsilon_2 = \frac{0,52}{0,75} = 0,69 \cong 0,7$$

$$m_{e2} = 7,26$$

$$m_{er,2} = 4,15$$

$\varepsilon_2 < 1$ olduğu min. max. plak momentleri başlık berketmelerinin ucunda oluşur.

$$\sigma_c = N_{sd} / A_{eff} = \frac{3031,369}{4896} = 0,62$$

$$\max M = M_{er,1} = \sigma_c \cdot \varepsilon_1 \cdot a^2 / m_{er,1} = \frac{0,62 \cdot 0,75 \cdot 40^2}{8,3} = 89,64$$

$$M_{er,2} = \sigma_c \cdot \frac{\varepsilon_2 \cdot b_1^2}{4 \cdot m_{er,2}} = \frac{0,62 \cdot 0,7 \cdot 60^2}{4 \cdot 4,15} = 4,12$$

Plak kalınlığı ;

$$t_p \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{\max M}{f_y / \gamma_{mo}}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{94,12}{23,5 / 1,1}} = 4,19 \rightarrow 60 \text{ mm seçilmiştir}$$

Plakada ;

Plastik moment dayanımı

$$M_{Rd} = \frac{t_p^2}{4} \cdot \frac{f_y}{\gamma \cdot M_o} = \frac{6^2}{4} \cdot \frac{23,5}{1,1} = 192.272 \text{ kNcm}$$

$$V_{Rd} = t_p \cdot \frac{f_y / \gamma_{mo}}{\sqrt{3}} = \frac{6 \cdot 23,5 / 1,1}{\sqrt{3}} = 74 \text{ kN}$$

$$V_{sd} \approx \sigma_c \cdot a_d = 0,62 \cdot 20,8 = 12.89 \text{ kN}$$

$0.5V_{Rd} >> V_{sd} \rightarrow$ plastik moment dayanımında indirgeme yapmaya gerek yoktur.

Berkitmelerde kontrol;

Gövde berkitmeleri;

$$F_1 = \sigma_c \cdot b \cdot a_d / 2$$

$$= 0,62 \cdot 30 \cdot \frac{20,8}{2} = 193.69 \text{ kN}$$

$$c_1 = a h_s / 3 \quad ; c_2 = 2h / 3$$

$$F_2 = F_1 \cdot a_d \cdot h_s$$

$$F_2 = 193,64 \cdot 20,8 / 15$$

$$= 268,514 \text{ kN}$$

$$h_s = 15 \text{ cm}$$

$$c_1 = 10 \text{ cm}$$

$$c_2 = 10 \text{ cm}$$

$$t_s \geq \frac{\sqrt{4F_1^2 + 3F_2^2}}{a_a \cdot f_y / \gamma_{mo}}$$

$$t_s \geq \frac{\sqrt{3F_1^2 + F_2^2}}{h_s \cdot f_y / \gamma_{mo}}$$

bağıntılarından büyük olanı seçilecektir. (Bknz. Guliz Bayramoğlu, Alpay Özgen Ders Notları)

$$t_s \geq \frac{\sqrt{4 \cdot 193,64^2 + 3 \cdot 268,514^2}}{20,8 \cdot 23,5 / 1,1} = 1,36$$

$$t_s \geq \frac{\sqrt{3 \cdot 193,64^2 + 4 \cdot 268,514^2}}{15 \cdot 23,5 / 1,1} = 1,975$$

$t_s = 20 \text{ mm}$ olarak seçilmiştir

Taban levhası dikişlerinde;

$$\sigma_{w1} = 2 \cdot F_1 / A \cdot w_1 = \frac{2 \cdot 193,64}{2 \cdot 0,8 \cdot 20,8} = 11,63 < 20,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w1} = \frac{268 \cdot 514}{2 \cdot 0,8 \cdot 20,8} = 8,07$$

$$\sigma_T = \sqrt{11,63^2 + 8,07^2} = 14,15 \text{ kN/cm}^2 < 20,8 \text{ kN/cm}^2$$

Başlık berkitmeleri;

$$F_1 = \sigma_c \cdot a_b \cdot \left(a_a + \frac{h}{2} \right)$$
$$= 0,62 \cdot 15 \cdot (20,8 + 20) = 379,44 \text{ kN}$$

$$c_1 = a \cdot b / 2 = 7,5 \text{ cm} \quad F_2 = \frac{379,44 \cdot 7,5}{10} = 284,58 \text{ m}^2$$
$$c_2 = 2 \cdot h_s / 3 = \frac{2 \cdot 15}{3} = 10 \text{ cm}$$

Berkitme kalınlığı;

$$t_s \geq \frac{\sqrt{4F_1^2 + 3F_2^2}}{a_a \cdot f_y / \gamma_{mo}} = \frac{\sqrt{4 \cdot 379,44^2 + 3 \cdot 284,58^2}}{20,8 \cdot 23,5 / 1,1} = 2,037$$

$$t_s \geq \frac{\sqrt{3F_1^2 + 4F_2^2}}{h_s \cdot f_y / \gamma_{mo}} = \frac{\sqrt{3 \cdot 379,44^2 + 4 \cdot 284,58^2}}{15 \cdot 23,5 / 1,1} = 2,47$$

$t_s = 25 \text{ mm}$ seçilmiştir

$$\sigma w_1 = F_1 / A \cdot w_1 = \frac{379,44}{2 \cdot 1 \cdot (15 - 2 \cdot 0,8)} = 13,36$$

Kaynaklarda kontrol;

$$= \frac{284,58}{28,4} = 10,02$$

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_1^2 + \tau_{w2}^2} = 16,70 < 20,8 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Not : Berkitme hesaplarında F_1 kuvvetinin merkezsel, F_2 kuvvetinin kaynak dikişi enkesitinin çekirdek kenarından etkidiği kabul edilmiştir.

Kolonun taban levhasına kaynaklı birleşimi; Başlık dikişleri;

$$\max f = \sigma_c \cdot \left(a_a + \frac{h}{2} \right) = 0,62 \cdot (20,8 + 20) = 25,3 \text{ kN}$$

$$\sigma_w = \frac{p_f}{2a_{w,f}} = \frac{25,3}{2 \cdot (30 \cdot 0,5)} = 0,84 < 20,8 \text{ kN/cm}^2$$

gövdede;

$$P_w = \sigma_c \cdot b = 0,62 \cdot 30 = 18,6$$

$$\sigma_w = \frac{18,6}{2 \cdot 0,5 \cdot 29,8} = 0,62 < 20,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_z = \frac{1000 \text{ kN}}{50 \cdot 117,7} = 0,17 < 1,67 \text{ kN/cm}^2$$

$$e = 324 \quad 0,207 e = 0,207 \times 1202 = 248,182$$

$$e_1 > 0,207 \cdot e \rightarrow M_1 = 125 \cdot \frac{32,4^2}{120,2} = 1091,7 \text{ kNcm}$$

$$W_{pl,y} = \left(\frac{t_p^2}{y} \cdot e \right)$$

$$W_{pl,y} \cdot \frac{23,5}{1,1} < 1091,7$$

$$W_{pl,y} > 51,10$$

5.8 Yan Cephe Kuşaklarının Tasarımı

İki açıklıkta sürekli kiriş olarak tasarlanmaktadır. (1/2'lerden gergili)

$$W = (1,1 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 1,5) = 2,64 \text{ kN} / m = 2,64 \cdot 1,5 = 3,96 \text{ kN} / m$$

$$M_{y, sd} = \frac{3,96 \cdot 25}{1,1} \cdot 100 = 900 \text{ kNcm}$$

$$\frac{900 \cdot 1,1}{23,5} \leq W_{pl, y} = 42,13 \text{ cm}^3$$

$$\text{Seçilen} = \text{UPN 120} \rightarrow W_{pl, y} = 72,6 \text{ cm}^3 \quad W_{pl, z} = 21,2 \text{ cm}^3$$

1. sınıf enkesit

$$g = 13,4 \text{ kg} / m$$

$$q_{y, sd} = 0,134 \text{ kN} / m + 2 \cdot 0,15 (0,434 \text{ kN} / m) \cdot 1,35 \cong 0,6 \text{ kN} / m$$

$$M_{z, sd} = \frac{0,6 \cdot 25}{1,1} \cdot 100 = 136,36 \text{ kNcm}$$

$$V_{y, sd} = qL / 2 = 3,96 \cdot 5 / 2 = 9,9 \text{ kN}$$

$$V_{z, sd} = 0,6 \cdot \frac{5}{2} = 1,5 \text{ kN}$$

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$A_w = 2 \cdot 5,5 \cdot 0,9 + [0,7] \cdot [0,7 + 0,9]$$

$$b = 55 \text{ mm}$$

$$A_w = 11,02 \text{ cm}^2$$

$$t_w = 7 \text{ mm}$$

$$V_{pl, kd} = \frac{(11,02) \cdot 23,5}{1,1 \cdot \sqrt{3}} = 149,52 \text{ kN}$$

$$A = 17 \text{ cm}^2$$

$$0,5 \cdot V_{pl, Rd} \gg V_{y, sd}, V_{z, sd}$$

$$I_y = 364 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 364 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 43,2 \text{ cm}^4$$

* Moment dayanımında plastik indirgeme yapmaya gerek yok

$$M_{ply,Rd} = \frac{72,6 \cdot 23,5}{1,1} = 1551 \text{ kNcm}$$

$$M_{plz,Rd} = \frac{21,2 \cdot 23,5}{1,1} = 452,90 \text{ kNcm}$$

$$\left(\frac{900}{1551} \right)^2 + \left(\frac{136,36}{452,90} \right) = 0,34 + 0,30 = 0,61 < 1$$

Kullanma yükleri altında sehim kontrolü;

$$q_{z,sd} = 0,9 \cdot 3,96 = 3,564 \text{ kN/m}$$

$$\delta_{z,max} = \frac{1}{112} \cdot \frac{3,564 \cdot 500^4 \cdot 10^{-2}}{21000 \cdot 364} = 1,52 < \frac{500}{200} = 2,5$$

(1/2 lerden gergili)

Gergi çubuklarının tasarımı;

$$\sum q_y \cdot l_z = 0,6 \cdot 14 \cdot 2,5 = 21 \text{ kN}$$

$$= \tan^{-1} \left(\frac{2}{2,5} \right) = 38,66$$

$$Z = \frac{21}{\sin 38,66} = 33,62 \text{ kN}$$

$$Seçilen = \phi 20 \rightarrow F_{t,Rd} = 0,85 \cdot 73,8 / 1,25 = 50,184 > 33,62$$

5.9-Yan Cephe Dikmesinin Tasarımı

$$N_{sd} = 23,87 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = 37521,8 \text{ kNcm}$$

$$W_{pl,y} > \frac{37521,8 \cdot 1,1}{23,5} = 1756,34 \text{ cm}^3$$

Seçilen: HE400B

$h = 400 \text{ mm}$	$A = 197.8 \text{ cm}^2$	$I_y = 57680 \text{ cm}^4$
$b = 300 \text{ mm}$	$W_{pl,y} = 3232 \text{ cm}^3$	$I_z = 10820 \text{ cm}^4$
$tw = 13,5 \text{ mm}$	$W_{pl,z} = 1104 \text{ cm}^3$	
	$I_T = 355.7 \text{ cm}^4$	
	$I_w \times 10^{-3} = 3817 \text{ cm}^6$	

Yanal Burulma Tahkiki ;

$$M_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 10820}{(2200/3)^2} \cdot \sqrt{\frac{(1/0.75)^2 \cdot 3817 \cdot 10^3 + 0.039 \cdot \left(\frac{2200}{3}\right)^2 \cdot 355,7}{10820}}$$

$$M_{cr} = 151312,98 \text{ kNcm}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 3232 \cdot 21000}{151312,98}} = 66,54 / 93,9 = 0,71$$

Eğilmeli burulmalı burkulma ;

$$\lambda_y = \frac{2200}{16,84} = 130,64 / 93,9 = 1,39$$

$$\lambda_z = \frac{1100}{7,34} = 149,86 / 93,9 = 1,59 = 0,31$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,31 \cdot 23,5 \cdot 15,9}{1,1} = 1053,01 \text{ kN}$$

$$\frac{23,87}{1053,01} + \frac{37521,8}{0,71 \cdot \frac{3232 \cdot 23,5}{1,1}} = 0,023 + 0,765 = 0,79 < 1$$

Eğilmeli Burkulma Tahkiki ;

$$\frac{23,87}{1053,01} + \frac{3752,8 \cdot 1,5}{\frac{3232 \cdot 23,5}{1,1}} = 0,023 + 0,815 = 0,84 < 1$$

$$\sigma_T = \sqrt{13,35^2 + 15,53^2} = 20,47 < 20,5 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

5.10 Dikme Ayağı Tipik Detayı

HE400B

$$A = 197,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff} = b \cdot h = 30 \cdot 40 = 1200 \text{ cm}^2$$

$$t_f = 24 \text{ cm}$$

$$t_w = 13,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_c \Rightarrow N_{sd} / A_{eff} \Rightarrow \frac{150}{1200} = 0,125 \text{ kN/cm}^2 < 1,33 \text{ kN/cm}^2$$

$$\max M = \sigma_c \cdot \frac{h \cdot b}{m_e} \Rightarrow \frac{N_{sd}}{2m_e} \Rightarrow \frac{150}{2 \cdot 7,2} = 10,416 \text{ kNcm}$$

En büyük moment gövde ortasında meydana gelir.

HE400B →

$$B / a_h = \frac{30}{2 \cdot 40} = 0,38 \rightarrow m_e = 7,2 \rightarrow$$

$$w_{p,e} \geq \frac{\max 11}{f_y / \gamma_{mo}} = w_{pel} = \frac{4p^2}{6} \cdot 1$$

$$t_p \geq \sqrt{\frac{3N_{sd}}{m_e \cdot f_y / \gamma_{mo}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 150}{7,2 \cdot \frac{23,5}{1,1}}} = 1,71 \rightarrow t_p = 20 \text{ mm}$$

Kolonun plakaya birleşimi çepçevre köşe dikişleriyle yapılır. Kaynaklarda kontrol;

$$\sigma_{w,f} = \frac{N}{A} \cdot t_f / 2a_f \Rightarrow \frac{150}{197,8} \cdot 2,4 / 2 \cdot 0,5 = 1,82 < 20,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{w,meb} = \frac{N}{A} \cdot tw / 2a_w \Rightarrow 1 \cdot \frac{150}{197,8} \cdot 1,35 / 2 \cdot 0,5 = 1,02 < 20,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{w,w} \Rightarrow \frac{52,39}{2 \cdot 0,5 \cdot 29,8} \Rightarrow 1,76 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,\tau} = \sqrt{\tau_{w,w}^2 + \sigma_w^2} = \sqrt{1,76^2 + 1,02^2} = 2,034 \text{ kN/cm}^2 < 20,8$$

$$\sigma_w = \frac{N_{sd}}{A_w} \Rightarrow \frac{150}{1071} = 1,40 < 20,8 \text{ cm}^2$$

Kesme Kuvveti kama ile aktarılacaktır.

Kama elemanı olarak aşık profili seçilmiştir. (HE180A)

$$\sigma_z = \frac{52.39}{A} \leq 1.33 \rightarrow$$

$$A \geq 39.39 \text{ cm}^2$$

$$18 \cdot h \Rightarrow 39.39 \rightarrow h \Rightarrow 2.2 \text{ cm} \rightarrow 50 \text{ mm}$$

Kamayı taban levhasına bağlayan dikişlerde gerilme tahkiki;

$$A_w \Rightarrow 12.2 \cdot 1.04 \cdot 0.6 \cdot 2 = 15.22 \text{ cm}^2$$

$$I_w \Rightarrow 2 \cdot 0.5 \cdot (12.2 - 2 \cdot 0.5)^3 + 2 \cdot 0.5 \cdot 18 \cdot 8.5^2$$

$$= 117.08 + 1300.5 = 1417.6 \text{ cm}^4$$

$$M = 52.39 \cdot 2.5 \Rightarrow 130.975 \text{ kNcm}$$

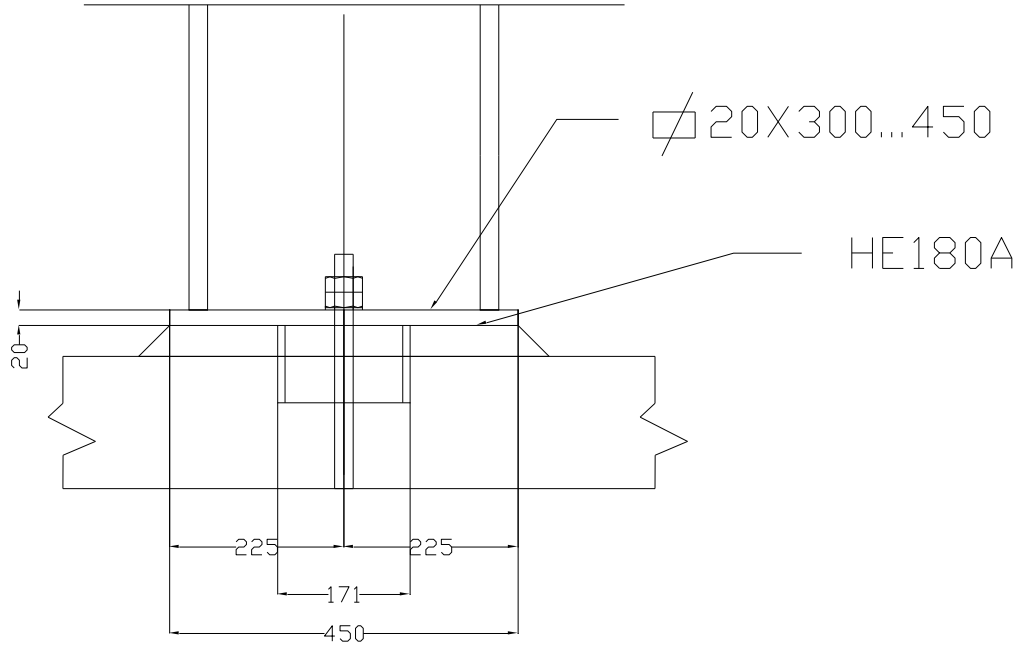
$$\sigma_w, f \Rightarrow \frac{130.975}{417.6} \cdot \left(\frac{17}{2} + 0.5 \right) = 0.83 < 20.8 \text{ kN/cm}^2 \quad \tau_{w,w} < 20.8 \text{ kN/m}$$

$$\max M \Rightarrow \sigma \cdot \frac{18 \cdot 5^2}{2} \Rightarrow \frac{0.58 \cdot 18 \cdot 5^2}{2} = 130.5 \text{ kNcm} < M_{y,Rd}$$

$$\sigma_z = \frac{52.39}{48 \cdot 58} = 0.58 \text{ kN/cm}^2 < 1.33$$

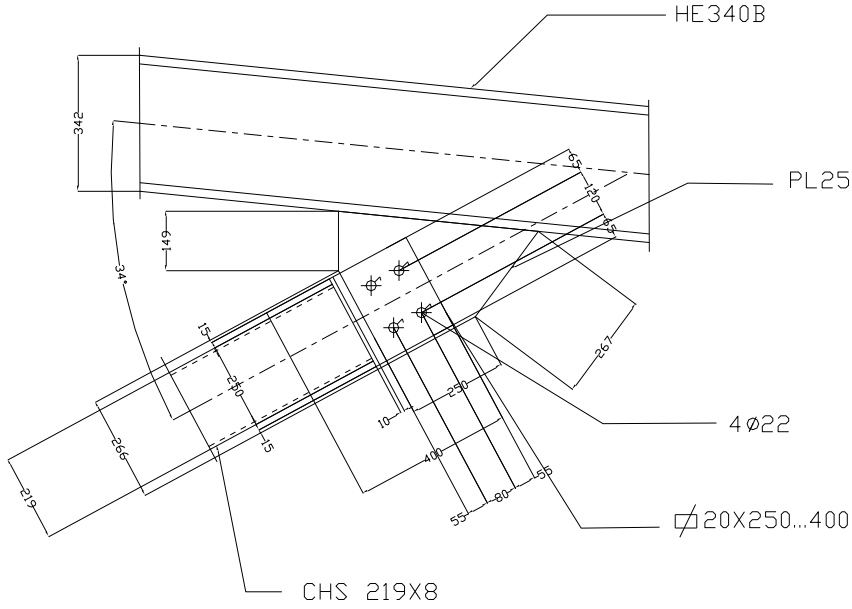
$$W_p l, y = 324.9 \text{ cm}^3$$

$$M_{y, plRd} = \frac{324.9 \cdot 23.5}{1.1} = 6941.04 \text{ kNcm}$$



Şekil 5.20 : Dikme ayağı tipik detayı

5.11 Stabilite Bağlantılarının Boyutlandırılması



Şekil 5.21: Stabilite bağlantısı tipik detayı

Yapıda süneklik düzeyi normal çelik çaprazlı perdeler kullanılmıştır.

Seçilen = HS 219x8

$$N_{sd} = 477,681 \text{ kN}$$

$$\lambda = 707,1 \text{ cm} \quad A = 52,70 \text{ cm}^2$$

$$i_y = i_z = 7,469 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{707,1}{7,469} / 93,9 = 1,008 \rightarrow 0,65$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,65 \cdot 52,70 \cdot 23,5}{1,1} = 731,811 \text{ kN} > 477,681 \text{ kN}$$

$$\lambda=180 \quad a=0,5 \text{ mm}$$

$$4 \cdot 0,5 \cdot (18 - 0,5) = A_w = 35 \text{ cm}^2$$

$$\frac{477,681}{35} = 13,64 \text{ kN/cm}^2 < 20,8 \text{ kN/cm}^2$$

Bulonlarda;

$$1 \text{ bulona gelen } N_{sd} = \frac{477,681}{4} = 119,42 \text{ kN}$$

M 22(10.9) → SL birleşimi

$$A_s = 303 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rk} = \frac{151,5}{1,25} = 121,2 \text{ kN} / 119,42 \text{ kN}$$

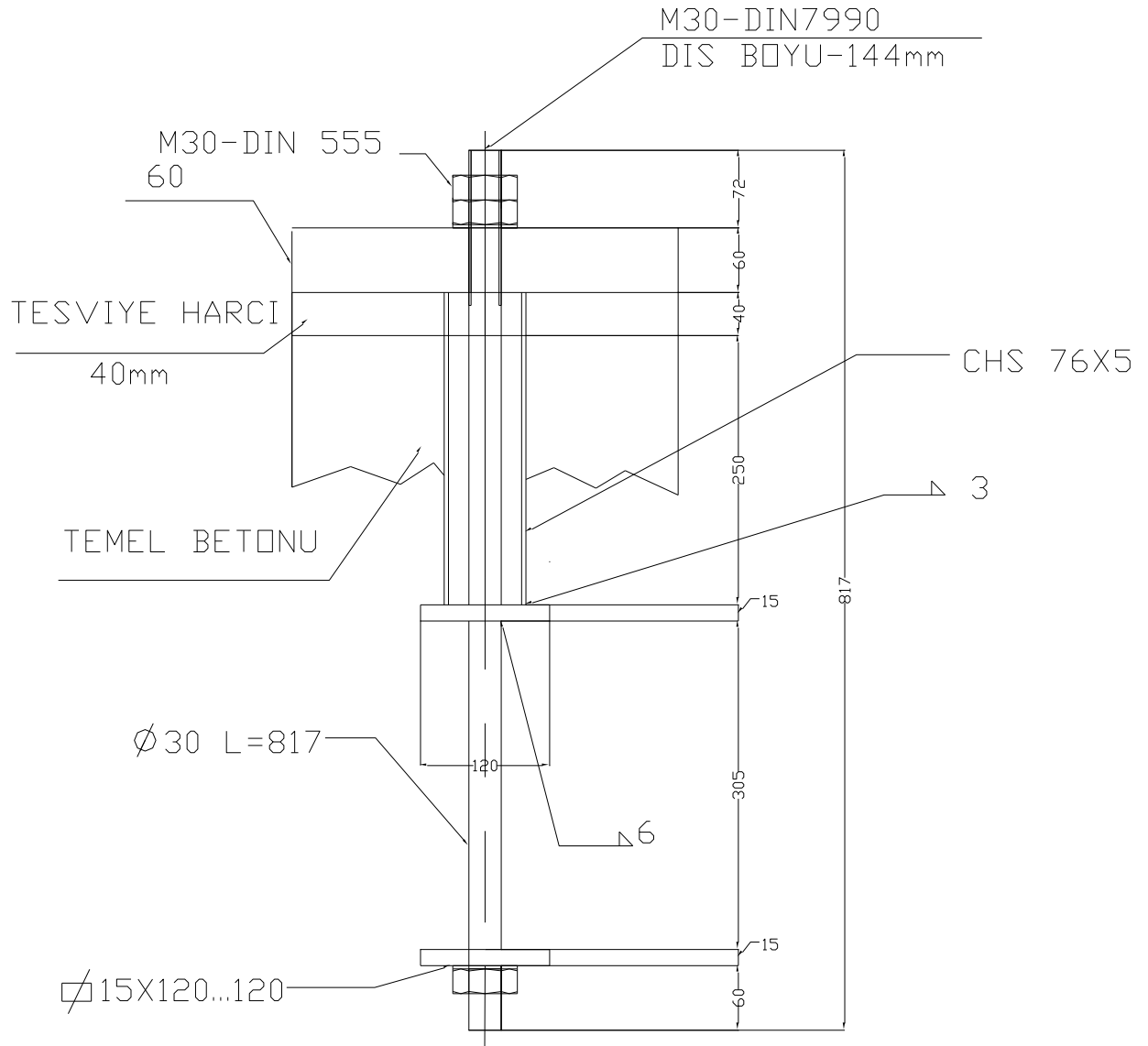
$$F_{t,Rd} = \frac{272,7}{1,25} = 218,16 \text{ kN}$$

Levha cidarında ezilme;

$$\alpha = \frac{55}{3 \cdot 24} = 0,76 \rightarrow F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,76 \cdot 36 \cdot 2,2 \cdot 2}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 240,768 \text{ kN}$$

Ankraj bulonun aktarabileceği çekme kuvveti aşağıda hesaplanmıştır.



Şekil 5.22 : Ankraj bulonu detayı

Basınç yoluyla aktarılan kuvvet;

$$Z_1' = \left[2G^2 - \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right] g_{em} = \left[2G^2 - \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 + d^2) \right] \cdot g_{cm}$$

Aderans yoluyla aktarılan kuvvet ;

$$Z_2' = [\pi \cdot D \cdot N + \pi d + (C - N - F)] \tau_{aem} = \pi \cdot \tau_{aem} [DN + d(C - N - F)]$$

Toplam aktarılacak çekme kuvveti ;

$$Z^1 = Z_1^1 + Z_2^1$$

$$T_{a,em} = 4 \text{ kg/cm}^2 \text{ Ankraj bulonu: (5,6) kalite}$$

$$g_{em} = 1,67 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow (B525)$$

$$Z_1^1 = \left[2 \cdot 1,5^2 - \frac{\pi}{4} \cdot (7,6^2 + 3,0^2) \right] \cdot 1,67 = 663,94 \text{ kN}$$

$$Z_2^1 = 4 \cdot 10^{-2} \text{ kN/cm}^2 \cdot \pi \cdot [7,6 \cdot 2,5 + 3,0 \cdot (57 - 1,5 - 25)]$$

$$Z_1^1 = 35,37 \text{ kN}$$

$$Z^1 = 35,37 + 603,94 = 699,31 \text{ kN}$$

1 ankraj bulonunun zemine aktarabileceği kuvvet

$$M30 \rightarrow D=30mm \quad Fu = 0.60 kN/cm^2$$

$$A_s = 0.86 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) = 0.86 \cdot \left(\frac{3^2 \cdot \pi}{4} \right) = 6.07 cm^2$$

$$F_t = 6.07 \cdot 60 kN/cm^2 = \frac{364.2 kN}{1.25} = 291.36 kN$$

6 . Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu bölümde eşdeğer statik deprem yükü hesabı ve zaman tanım alanlı deprem analizi hesaplarından edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenecek, sonuçların ABYYHY’de belirtilen şatlara uygunluğu tartışılacaktır.

Görüldüğü gibi 1. Modda X yönünde katılım %80 iken, 2. moda Y yönünde katılım %25 dir. X yönünde katılım %90’ı 34. modu aşarken, Y yönünde, %90’ı ise 30. modu aşılabilmektedir.

6.1 Periyotlar ve Kütle Katılım Oranları

Yapı periyodu ABYYHY’de yaklaşık olarak önerilen periyod formülü ile hesaplanacak

Olursa $T_1 = 0.08 \times 20^{3/4} = 0.7565$ değeri elde edilir. Aşağıdaki tablo incelendiğinde bu değer

Birinci moda karşılık gelen periyod değerine oldukça yakındır.

Tablo 6.1 : Frekans ve Periyotlar

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.73338	1.3635	8.5674	73.401
MODAL	Mode	2	0.726304	1.3768	8.6509	74.838
MODAL	Mode	3	0.706323	1.4158	8.8956	79.132
MODAL	Mode	4	0.649727	1.5391	9.6705	93.519
MODAL	Mode	5	0.632245	1.5817	9.9379	98.762
MODAL	Mode	6	0.578405	1.7289	10.863	118
MODAL	Mode	7	0.568035	1.7605	11.061	122.35
MODAL	Mode	8	0.522089	1.9154	12.035	144.83
MODAL	Mode	9	0.517679	1.9317	12.137	147.31
MODAL	Mode	10	0.508563	1.9663	12.355	152.64

Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi ilk modda X yönünde katılım %80 iken,2.modda Y yönünde katılım %25 olmuştur.Yapı ABYYHY’de belirtilen %90 koşulunu X yönünde 35 inci modda aşarken,Y yönünde ise 30.modda aşılabılmıştır.

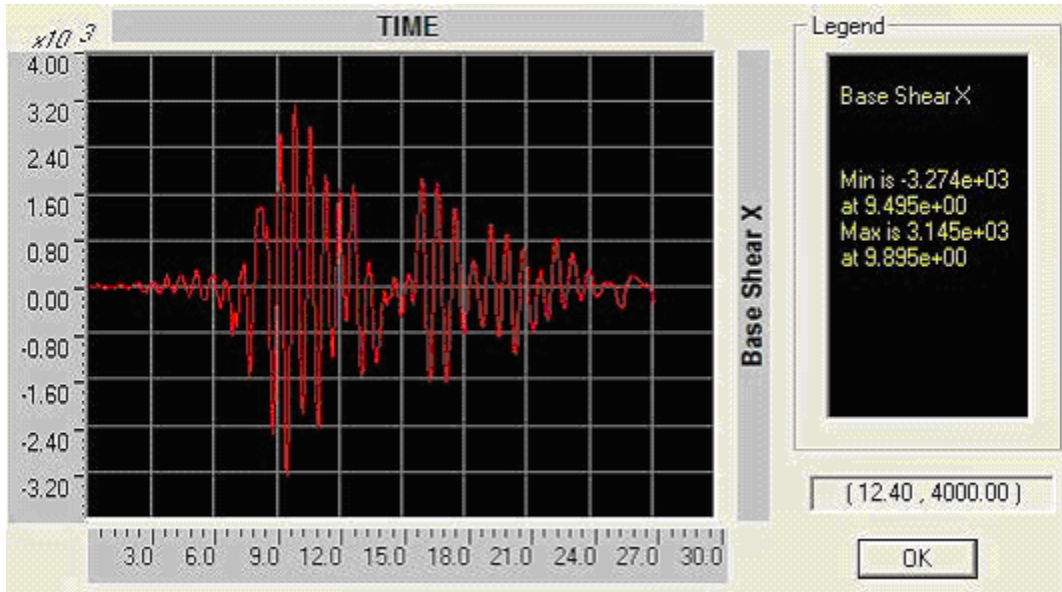
TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
					8.962E-
MODAL	Mode	1	0.73338	0.80236	08
MODAL	Mode	2	0.726304	0.80236	0.25353
MODAL	Mode	30	0.282662	0.87151	0.9156
MODAL	Mode	31	0.280499	0.87152	0.91662
MODAL	Mode	32	0.278836	0.8724	0.91662
MODAL	Mode	33	0.269936	0.87289	0.91664
MODAL	Mode	34	0.269144	0.89073	0.91664
MODAL	Mode	35	0.259122	0.94169	0.91664

Tablo 6.2 : Kütle katılım oranları

6.2 Taban Kesme Kuvvetleri

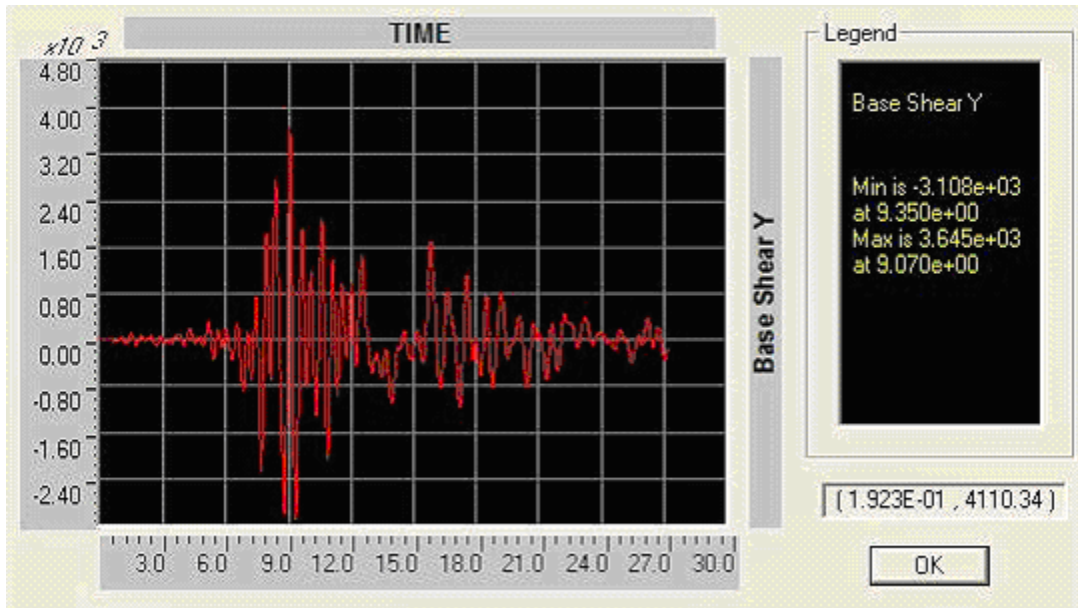
Tablo 6.3 : Lineer İntegrasyon Yöntemi ile Hesaplanmış Taban Kesme Kuvvetleri

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
depren kg-x	3144.722	6.122	491.729	12251.9302	7248.1413	81633.0111
depren kg-x	-3274.302	-6.422	-398.549	-9920.4777	-9475.2831	-78683.3515
deprenkg-y	6.119	3645.064	10.962	15317.2853	48.4155	21770.6762
deprenkg-y	-6.43	-3108.003	-10.757	13650.2066	-54.4707	-19842.0859
depren db-x	3787.627	5.687	411.625	10222.9799	10722.8159	112297.0446
depren db-x	-4489.085	-5.545	-576.168	14350.8809	11642.2435	-94323.812
depren db-y	5.702	3833.216	9.774	13986.2785	79.4209	33173.7212
depren db-y	-5.55	-4233.306	-9.063	-14187.033	-76.78	-25048.1466



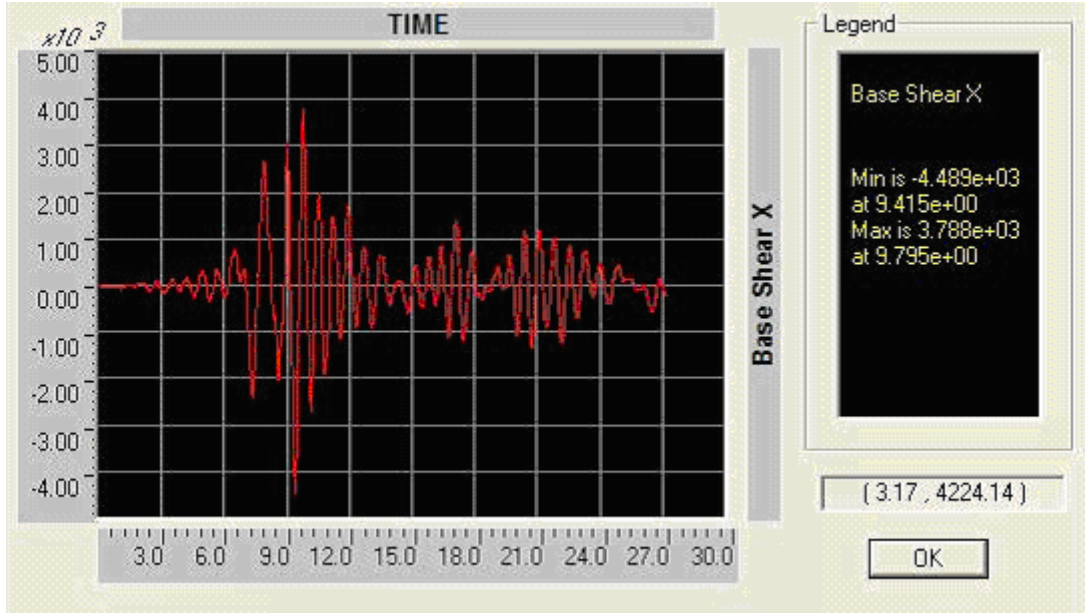
Şekil 6.1 : KG-X doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

Yukarıdaki şekilden görüldüğü gibi Bolu-Düzce Depreminin X doğrultusunda oluşturduğu taban kesme kuvvetinin en büyük değeri 9.495. saniyede oluşan 3274kN değeridir..



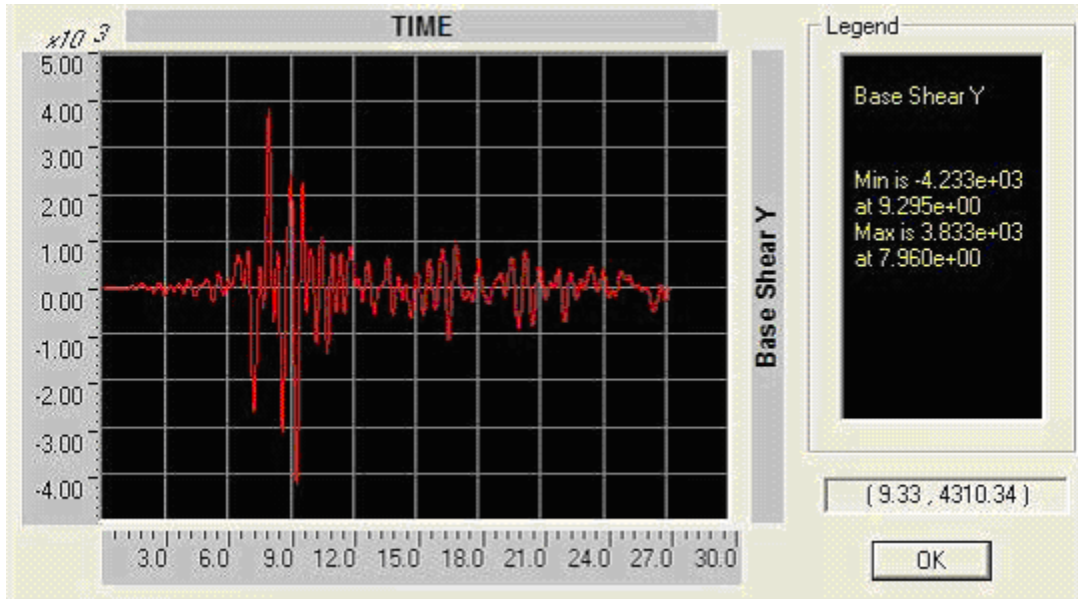
Şekil 6.2 : KG-Y doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi Bolu-Düzce Depreminin Kuzey-Güney yönü bileşeninin Y doğrultusunda oluşturduğu taban kesme kuvvetinin en büyük değeri 9.07 .saniyede oluşan 3645kN değeridir.



Şekil 6.3 : DB-X doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

Bolu Düzce Depreminin Doğu-Batı yönü bileşeninin X doğrultusunda oluşturduğu taban kesme kuvvetinin en büyük değeri 9.415. saniyede oluşan 4489 kN değeridir.



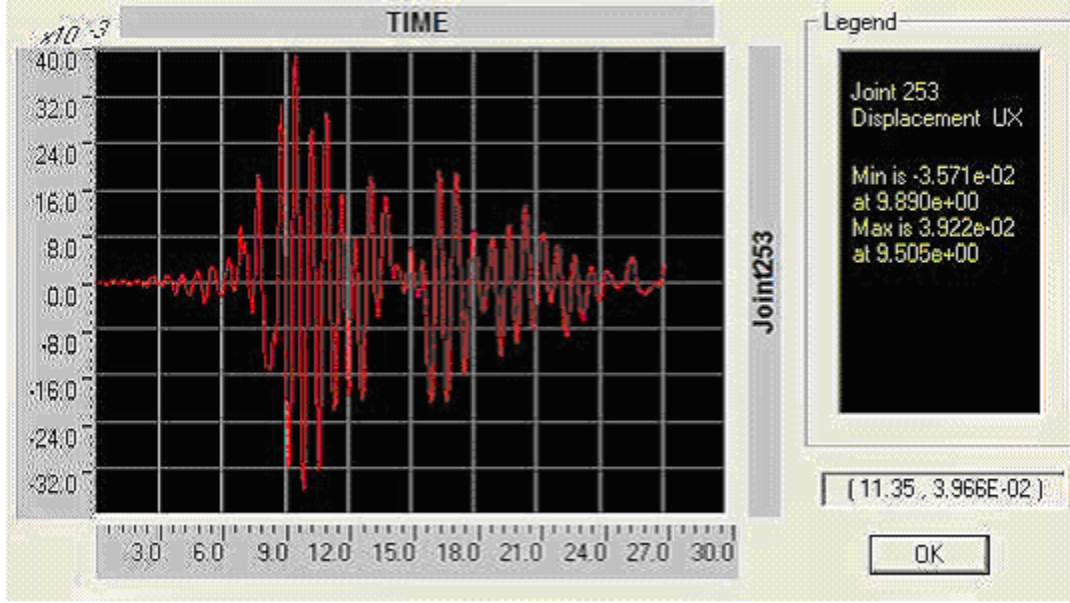
Şekil 6.4 : DB-Y doğrultusunda taban kesme kuvvetinin zamana bağlı değişimi

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi Bolu-Düzce Depreminin Doğu-Batı yönü bileşeninin Y doğrultusunda oluşturduğu taban kesme kuvvetinin en büyük değeri 9.295.saniyede oluşan 4233kN değeridir.

Eşdeğer Statik deprem yükü yöntemine göre bulunan taban kesme kuvveti

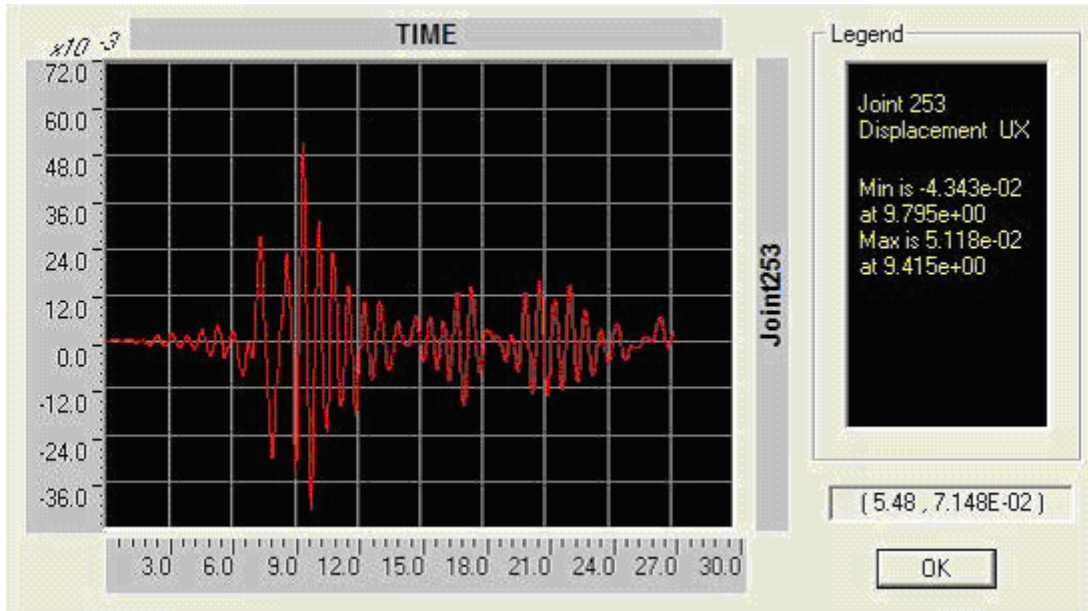
$V_t = 8531,4.1,5.0.4.2,5/3 = 4265,7 \text{ kN}$ dur. Görüldüğü gibi elde edilen taban kesme kuvvetleri birbirine çok yakındır.

6.3 Yerdeşiftirmeler



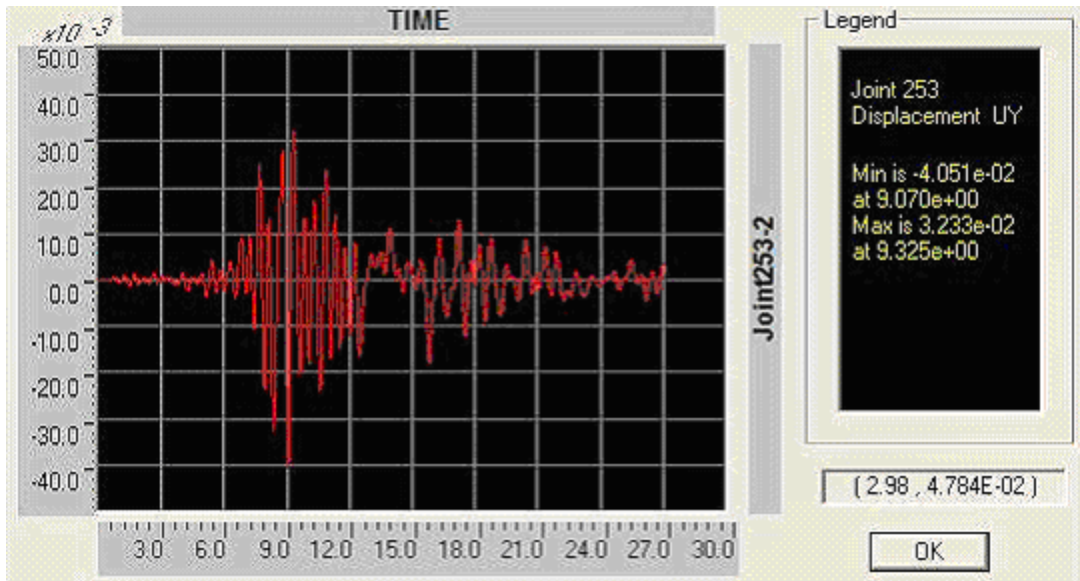
Şekil 6.5 : KG doğrultunda X yönünde Ana Makas tepe noktasının yerdeşiftirmesinin zamana bağlı değişimi

Şekilden görüldüğü gibi Ana Makas tepe noktasının yerdeğiftirmenin en büyük değeri 9.505. sn de meydana gelen 3,9 cm lik yerdeğiftirmedir.



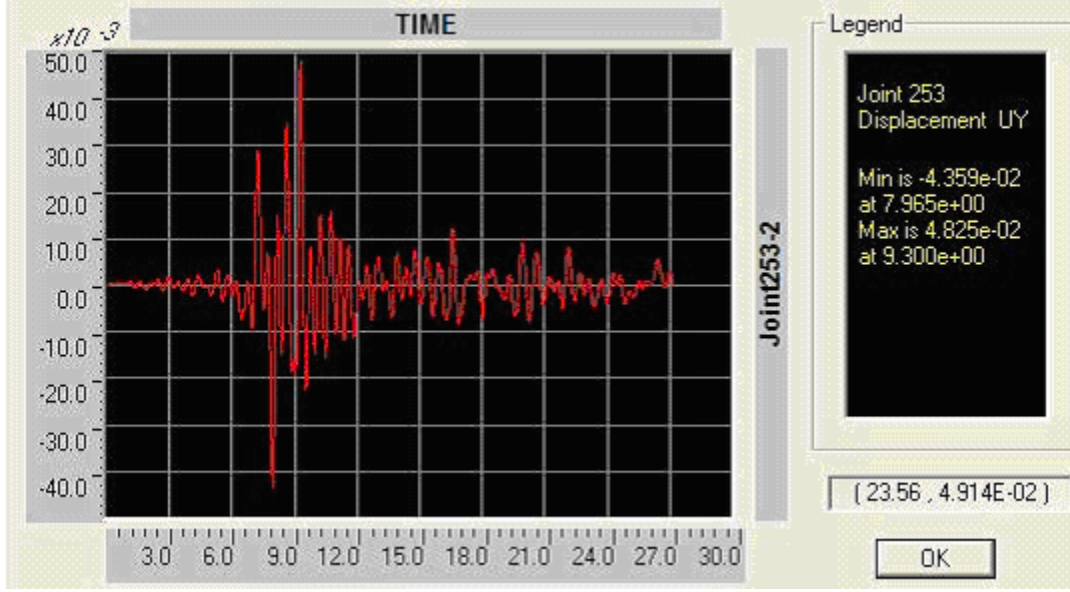
Şekil 6.6 : DB doğrultusunda X yönünde ana makas tepe noktasının yerdeğıştirmesinin zamana bağılı değışimi

Bolu Düzce depreminin Doğıu Batı bileşeninin X goğırultusunda oluşturduğı en büyük değıer yukarıdaki şekilden görüldüğü gibi 9.415.sn de meydana gelen 5,11 cm lik değıerdir.



Şekil 6.7 : KG doğrultusunda Y yönünde ana makas tepe noktasının yerdeğışiminin zaman bağılı değışimi

Yukarıdaki şekilden okunacağı gibi , Kuzey-Güney doğrultusunun Y yönündeki bileşeninin ana makas tepe noktasında oluşturduğu en büyük değer 9.070.sn de oluşan 3,2cm lik yerdeğişimidir.



Şekil 6.8 : DB Doğrultusunda Y yönünde ana makas tepe noktasının yerdeğişiminin zamana bağlı değişimi

Yukarıdaki şekilden görüldüğü gibi Doğu Batı bileşeninin Y doğrultusunda oluşturduğu en büyük yerdeğiştirme 9.30.sn de okunan 4,8 cm lik yerdeğiştirmedir.

ABYYHY’de belirtilen formülden $\delta x, \delta y < 2800.0.0035 = 9.8\text{cm}$ koşulunun sağlamaktadır.

6.4 Sonuç

Yapının ana taşıyıcı sistemini boyuna ve enine doğrultuda birbiri üzerine mesnetlenen elemanlar olduğundan yapı üç boyutta modellenip çözümlenmiştir.Üç boyutlu modelde; tali makas üst başlık seviyesinde düzenlenen stabilite bağlantıları ve rüzgar kuvvetleri etkisiyle basınca dönen tali makas alt başlığının düzlem dışına burkulmasını önlemek amacıyla düzenlenen alt başlık stabilite bağlantıları,yan cephe kolon ve düşey çaprazları birlikte incelenmiştir.

Statik hesaplamalar sonucunda yapı Eurocode 3 ün gerektirdiği kriterlere uygun olarak boyutlandırılmış ayrıca montaj ve imalat aşamasında oluşabilecek problemler ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır.Yapıda kullanılan kesitlerin hepsi 1.ve 2.sınıf enkesite sahip kesitlerdir.

Yapıda çatı ve yan cephe kaplaması olarak trapezoidal sandviç panel tercih edilmiştir.Aşıklar 2.5 m ara ile düzenlendiğinden mesnetlenme açıklığı bakımından kaplama malzemesine ülkemizde kolayca ulaşılabilir.

10 m ara ile düzenlenen aşık profili olarak açıklığın fazla olması sebebiyle ve kesit boyutunun artmaması için mukavemet momenti yüksek geniş başlıklı HE180 profili seçilmiştir.Aşık statik sistemi çok açıklıkta sürekli kiriş olarak düzenlenmiş olup,aşık ekleri yüksek mukavemetli bulonlarla yapılan alın levhalı rijit birleşimler olarak teşkil edilmişlerdir.Söz konusu eklerde 4' er adet M20, 10.9 kalitesinde bulon kullanılmıştır.

Aşıklardan gelen yükleri alan 10 m aralıklı 60 m açıklığa sahip tali makasların üst ve alt başlık profilleri HE340B olarak seçilmiş,Fe510 özelliğine sahip yapı çeliği kullanılmıştır. Tali makas çapraz ve dikmeleri boru CHS 273X8,10,13' lük boru profillerden seçilmiştir.Esnetik açıdan görünüşü bozmamak için kesit yarıçapları değiştirilmemiş,kalınlıklarıyla oynanarak ekonomik şekilde boyutlandırma yapılmaya çalışılmıştır.

Boru kesit profiller HE profili tali makas alt ve üst başlığına kaynaklı olarak birleştirilmiş,birleşim hesaplarında Eurocode 3.1.8 de verilen tablolardan yararlanılmıştır.

Tali makas montaj kolaylığı açısından kaynaklı iki parça olarak tasarlanmış,tali makas ekleri bindirme levhalı ekler olarak teşkil edilmiştir.Tali makas kolon ve ana makas birleşim detayları yüksek mukavemetli bulonlarla düzenlenen rijit alın levhalı birleşimlerdir.

Tali Makasın mesnetlendiği ana makas yapı n cephesinde düzenlenmiş yüksekliği 8 m olarak tasarlanmıştır.Ana makas st ve alt başlıklarında HE500B profilleri seçilmiş,Yapı eliği olarak Fe510 kalitede elik kullanılmıştır.Ana makas dikmeleri HE300B profillerinden oluşmakta ve n cephe kaplamasında da dikme görevi yapmaktadırlar.Ana makas aprazlarında ise HE340B profilleri tercih edilmiştir.Ana makas yüksekliği çapraz ve dikme çubuklarında burkulma boylarının yüksek olmasına sebep olmuştur.Ana makas bindirme levhalı eklerle 3 parçaya ayrılmıştır.Ana makas st ve alt başlık çubukları ile çapraz ve dikme birleşimlerinde rijit levhalı kaynaklı birleşimler kullanılmıştır.çapraz ve dikme çubuklarının başlıkları yarılarak rijit plakalar kt ve köşe kaynak dikişleriyle bağlanmıştır.

Tali makas ana makas birleşiminde 10.9 kalitesine sahip M24 bulonlar kullanılmış,ana makas ana makas kolonu ve tali makas tali makas kolonu birleşimlerinde yine 10.9 kalitede M27 lik bulonların kullanılması tercih edilmiştir.

n cephede düzenlenen ana makas kolonu kafes sistem olarak düzenlenmiştir.Kaynaklı detaylar yukarıda değinildiği gibi yapılmıştır.Ana makasın ilk oturduğu kolonda profil olarak HE600M profil kullanılmış,Fe 510 kalitede yapı çeliği tercih edilmiştir.

Yapıda atı düzlemi stabilite bağlantıları aşık sisteminden bağımsız olarak,tali makas st başlık seviyesinde düzenlenmiştir.çatı stabilite bağlantıları hem çekme hemde basınca çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

Kapının kapalı olması durumunda ön cepheye gelecek rüzgar yükleri, ana makas alt başlık seviyesinde oluşturulan makas sistemi ile düşey stabilite bağlantılarına aktarılmaktadır. Yapının boyuna ve enine yöndeki stabilitesi her iki yönde düzenlenen merkezi stabilite bağlantılarıyla yapılmış, ABYYHY’de belirtilen $\lambda < 100$ koşulunun sağlanması için atalet yarıçapı eşit boru profillerden yararlanılmıştır.

Yapı yüksekliğinin fazla olması yan cephede rüzgar kuvvetlerinin boyutlandırmada baskın unsur olmasını sağlamıştır. Tali makas kolonları arasında 5’er metre arayla düzenlenen dikmeler, tali makas kolonlarına gelen rüzgar etkisinin azaltılarak çatıya verilmesini sağlamıştır. Tali makas kolonlarında HE500B profilleri, dikmelerde ise HE 400B profili seçilmiştir.

Yapı yan cephe kuşakları $\frac{1}{2}$ ler den gergili olarak 2 açıklıkta sürekli kiriş olarak tasarlanmış ve UPN 120 profillerle düzenlenmiştir.

Yapı da kolon ayakları EC 3 kriterlerine uygun olarak seçilmiş, 5.6 kalitede ankraj bulonları kullanılmıştır. Ankraj bulonları montaj esnasında esneyebilecek şekilde düzenlenmiştir. Kolon taban plakası üst kotu zemin kotundan 40mm yukarıda tasarlanmış. Montaj esnasında şim plakalarıyla tesviyesi yapılacak olan kolonlarda çimento harcı olarak epoksi katkılı malzeme kullanılması tavsiye edilmektedir.

Yapı dinamik analizi eşdeğer statik deprem yükü yöntemine göre ve Bolu-Düzce depremi kayıtları baz alınarak zaman tanım alanında lineer integrasyon yöntemi kullanılarak boyutlandırılmıştır. Yukarıda bahsi geçen konular değerlendirildiğinde yapının rijit olarak tasarlandığı yani yapı üzerinde deprem etkilerinin rijitlik dolayısıyla daha fazla olacağı düşünülmelidir. Zaman Tanım alanında hesap yapmak yapı davranışlarının daha iyi gözlemlenebilmesi olanağı vermektedir. Deprem bölgelerinde eğer imkan varsa daha önce alınan deprem kaydına göre hesapların da gözden geçirilmesi bu örnekte karşımıza çıktığı gibi daha güvenli tarafta kalınıp kalınmayacağına bize yol göstermektedir. Bu örnekte alınan Bolu-

Düzce Deprem ivme kayıtları, ciddi deprem kayıtları olarak gösterilmektedir. Unutulmamalıdır ki alınacak ivme kaydına göre sonuçların farklılık göstermesi kaçınılmazdır. Bu sebeple dikkat edilmesi gereken en önemli konular taşıyıcı sistem davranış katsayısının iyi hesap edilmesi ve deprem bölgelerinde gerekli süneklik kriterlerinin sağlanmasıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Çelik Yapılar Ders Notları**, 2002 , İTÜ, İstanbul ,Prof .Dr.Alpay Özgen; Doç.Dr.Güliz Bayramoğlu
- [2] **Çelik Yapılar Uygulamaları** , 2002 ,İTÜ, İstanbul , Doç Dr.Güliz Bayramoğlu , Prof.Dr.Alpay Özgen
- [3] **Eurocode 3**: "Design of Steel Structures" ENV 1993-1-8 : Part 1.8: Design of Joints
- [4] **Eurocode 8**: "Structures in Seismic Regions-Design", (in preparation)
- [5] **Eurocode 1**: "Basis of Design and Actions on Structures" (in preparation)
- [6] **ISO 2394** ; General Principles for the Verification of the Safety of Structures, International Standards Organisation, 1973.
- [7] **Newmark,N.M.**, 'A Method of Computation for Structural Dynamics', ASCE Journal of the Engineering Mechanics Division
- [8] **Wilson,E.L.**, "Dynamic Response by Step-By-Step Matrix Analysis", Proceedings,Symposium On The Use of Computers in Civil Engineering, Labortorio Nacional de Engenharia Civil, Lisbon, Portugal, October 1-5,(1962).
- [9] **Ray W.Clough.,Penzien Joseph.**, 'Dynamics of Structures'-McGraw-Hill Book Company.

ÖZGEÇMİŞ

Bu tezin yazarı 1980 yılında Ankara’da doğmuştur. Lise öğrenimini Ankara Özel Arı Fen Lisesi’nde tamamladıktan sonra 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat fakültesine girmiş ve bu fakülteden 2002 yılında iyi derece ile mezun olmuştur. Aynı yıl İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Mühendisliği programına girmeye hak kazanmış olup halen Yüksek Lisans eğitimini sürdürmektedir.