

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİYEL HAL YAPISI
VE ÇOK KATLI ÇELİK BİNA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Zübeyir Mustafa ÇAKIR**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

EYLÜL 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ENDÜSTRİYEL HAL YAPISI
VE ÇOK KATLI ÇELİK BİNA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Zübeyir Mustafa ÇAKIR
(501071147)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Eylül 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Eylül 2011

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Barlas Özden ÇAĞLAYAN
(İ.T.Ü.)**

**Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Filiz PİROĞLU (İ.T.Ü.)
Yrd. Doç. Dr. Meltem ŞAHİN (M.S.Ü.)**

EYLÜL 2011

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Kanada Standartları'na göre kar ve rüzgar yükü hesapları , kompozit döşeme, kompozit kiriş , yapma profil ve çok katlı çelik yapı üzerine yapılmıştır.

Tez çalışma süreci boyunca desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Barlas Özden Çağlayan'a, anlayışını ve desteğini esirgemeyen eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2011

Zübeyir Mustafa ÇAKIR

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
2. İKİ KATLI OTOPARK TASARIM BİLGİLERİ	3
2.1 Mimari Detaylar	3
2.1.1 Genel özellikler	3
2.1.2 Rampa özellikleri	3
2.2 Statik Detaylar	3
2.2.1 Yükler.....	3
2.2.2 Kabuller.....	3
2.2.3 Kar yüklemesi hesaplaması.....	4
2.2.4 Rüzgar yükü hesaplaması.....	5
3. İDARİ BİNA TASARIM BİLGİLERİ.....	7
3.1 Mimari Detaylar	7
3.1.1 Genel özellikler	7
3.2 Statik Detaylar	7
3.2.1 Yükler.....	7
3.2.2 Kabuller.....	8
3.2.3 Kar yüklemesi hesaplaması.....	8
3.2.4 Rüzgar yükü hesaplaması.....	10
4. ÜRETİM BİNASI TASARIM BİLGİLERİ	15
4.1 Mimari Detaylar	15
4.1.1 Genel özellikler	15
4.2 Statik Detaylar	15
4.2.1 Yükler.....	15
4.2.2 Kabuller.....	15
4.2.3 Kar yüklemesi hesaplaması.....	16
4.2.4 Rüzgar yükü hesaplaması.....	19
5. KOMPOZİT DÖŞEME HESABI.....	23
6. KOMPOZİT KİRİŞ HESABI.....	35
7. KREN HESABI	41
8. EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ HESABI	45
9. YÜK KOMBİNASYONLARI.....	47
10. YAPMA PROFİL HESABI.....	49
10.1 Kiriş Hesabı.....	50
10.2 Kolon Hesabı.....	54

11. BİRLEŞİM HESAPLARI.....	59
11.1 İki Katlı Otopark Birleşim Hesapları	59
11.1.1 Kolon-kiriş birleşimi	59
11.1.2 Kiriş-kiriş birleşimi	60
11.2 İdari Bina Birleşim Hesapları	62
11.2.1 Kolon-kiriş birleşimi	62
11.2.2 Kiriş-kiriş birleşimi	64
11.3 Üretim Binası Birleşim Hesapları	65
11.3.1 Kolon-kiriş birleşimi	65
11.3.2 Kiriş-aşık birleşimi	69
11.3.3 Kolon ayak detayı.....	70
12. ÇİZİMLER	75
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ	85

KISALTMALAR

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
AISC	: American Institute of Steel Construction
TS	: Türk Standartları
CC	: İki ucu ankastre mesnet
SS	: İki ucu sabit mesnet
FF	: İki ucu serbest mesnet

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Tasarımı yapılacak tesise ait fotoğraf.....	1
Şekil 1.2 : Üretim holüne ait kesit görünüşü	2
Şekil 3.1 : Yükleme durumu.....	9
Şekil 3.2 : Çatı yükleme bölgeleri	12
Şekil 3.3 : Duvar yükleme bölgeleri.....	14
Şekil 4.1 : Kar yükü hesap diagramı.....	17
Şekil 4.2 : Kar yükü değerleri.....	18
Şekil 4.3 : Çatı yük bölgeleri	20
Şekil 4.4 : Duvar yük bölgeleri.....	22
Şekil 5.1 : Kompozit döşeme kesiti	23
Şekil 5.2 : Kompozit döşeme – etkin genişlik hesabı.....	24
Şekil 5.3 : Pozitif moment bölgesi – Kompozit döşeme.	27
Şekil 5.4 : Tarafsız eksenin yerinin belirlenmesi.....	28
Şekil 5.5 : Negatif moment bölgesi	29
Şekil 5.6 : Negatif moment taşıma kapasitesi hesabı	30
Şekil 6.1 : Kompozit kiriş – Pozitif moment bölgesi	37
Şekil 6.2 : Kompozit kiriş – Negatif moment bölgesi	38
Şekil 10.1 : Üretim binası çerçeve ölçüleri.....	49
Şekil 10.2 : Yükleme 1 durumu için yük diyagramları	49
Şekil 10.3 : Yükleme 10 durumu için yük diyagramları	50
Şekil 10.4 : Üretim binası kolon çizimi	57
Şekil 10.5 : Kolon kesit çizimi	58
Şekil 11.1 : İki katlı otopark kolon-kiriş birleşimi	59
Şekil 11.2 : İki katlı otopark kiriş-kiriş birleşimi	61
Şekil 11.3 : İdari bina kolon-kiriş birleşimi.....	63
Şekil 11.4 : İdari bina kiriş-kiriş birleşimi.....	64
Şekil 11.5 : Üretim binası kolon-kiriş birleşimi -1	66
Şekil 11.6 : Üretim binası kolon-kiriş birleşimi -2	71
Şekil 11.7 : Üretim binası kiriş-aşık birleşimi.....	69
Şekil 11.8 : Üretim binası kolon ayak detayı -1	70
Şekil 11.9 : Üretim binası kolon ayak detayı -2	74
Şekil 12.1 : Tesis model perspektif.....	77
Şekil 12.2 : Otopark modelinin perspektifi.....	78
Şekil 12.3 : Otopark modelinin kat planı.....	79
Şekil 12.4.: İdari bina modelinin perspektifi.....	80
Şekil 12.5 : İdari bina modelinin kat planı.....	81
Şekil 12.6 : Üretim binası modelinin perspektifi.....	82
Şekil 12.7 : Üretim binası modeline ait kesit görünümü.....	83
Şekil 12.8 : Üretim binası modelinin çatı planı.....	84

ENDÜSTRİYEL HAL YAPISI VE ÇOK KATLI ÇELİK BİNA

ÖZET

Bu çalışma 3 farklı yapıdan oluşmaktadır. Bu yapılar sırasıyla, 3 katlı çelik idare binası, 32 tonluk kreni olan endüstriyel hal yapısı ve iki katlı otoparktır. Bu yapılardan 3 katlı çelik idare binasında kompozit döşeme ve kompozit kiriş, endüstriyel hal yapısında yapma profil, iki katlı otoparkta ise kompozit döşeme ve kompozit kiriş irdelenmiştir. Bu çalışmada aynı zamanda 2005 Kanada standartlarına göre rüzgar ve kar yükleri alınmış ve TS standartları ile kıyaslaması yapılmıştır.

Yapılan analizler neticesinde kar birikmesi etkisi gözlemlenmiş ve sistem çözümleri kar birikme etkisine göre yapılmıştır. Aynı zamanda rüzgarın sürekli aynı hızda ve şiddette etki etmemesi dolayısıyla Kanada Standartları'nın Gust etkisi olarak adlandırdığı bu kuvvet değerlendirilmiş ve sistemler çözülmüştür. Burada da TS standartları ile Kanada Standartları arasındaki farklılıklar ortaya koyulmuştur. Mevcut TS standartlarında hesaplama dahil edilmeyen kar birikme faktörü, şekil faktörü, maruz kalma faktörü ve gust etkisinin hesap yüklerini ne oranda değiştirdiği bu çalışmada ortaya konulmuştur.

Endüstriyel hal yapısında DIN120 normu esas alınmış ve hesaplamalar ve standarda göre yapılmıştır.

Bütün sistemlerde eşdeğer deprem yükü metodu ile sistem analizi yapılmıştır.

Ayrıca yapılan hesaplamalar neticesinde profil kesitleri belirlenmiş ve uygulama projesi örnekleri verilmiştir.

Yapılan bu çalışma neticesinde farklı teknikleri bir araya getirerek konu ile ilgili bilgi almak isteyen öğrencilerin ve mühendislerin faydalanabilmeleri amaçlanmıştır.

INDUSTRIAL FACTORY BUILDING AND MULTI-STOREY STEEL BUILDING

SUMMARY

This study consists of 3 different structures. These structures are, respectively, 3-storey steel construction administration building, industrial building equipped with 32-ton crane and two-storey carpark. 3-storey administrative building of these buildings, composite flooring, and composite steel beams, making the structure of industrial-state profile, two-storey car park are discussed in the composite slab and composite beam. In this study, wind and snow loads as well as from 2005 according to Canadian standards, and comparison is made with TS standards.

The effect of snow accumulation was observed. As a result of analysis and system solutions made for the effect of snow accumulation. Wind speed and intensity is not constant. The effect caused by variation in wind speed is called gust effect and Canadian Standards includes this effect. In this thesis differences between the TS standards and Canadian standards has been revealed. Current TS standards do not includes in the calculation snow accumulation factor, shape factor, the effect of exposure factor and gust loads to account how much has changed in this study have been determined.

Industrial-state structure and the calculations were based on norms and standards were made according to DIN120.

All systems, the equivalent seismic load method of analysis was performed with the system.

In addition, the calculations made as a result of project implementation profile cross-sections were determined and shown as an example.

As a result of this work by bringing together the different techniques for students and engineers who want to learn about the subject was to get help.

1. GİRİŞ

Bu tez, 2 katlı otoparkı ,3 katlı idari binası ve içinde 32 tonluk kren bulunan üretim holü olan bir tesisin tasarımını ve boyutlandırmasını kapsamaktadır.



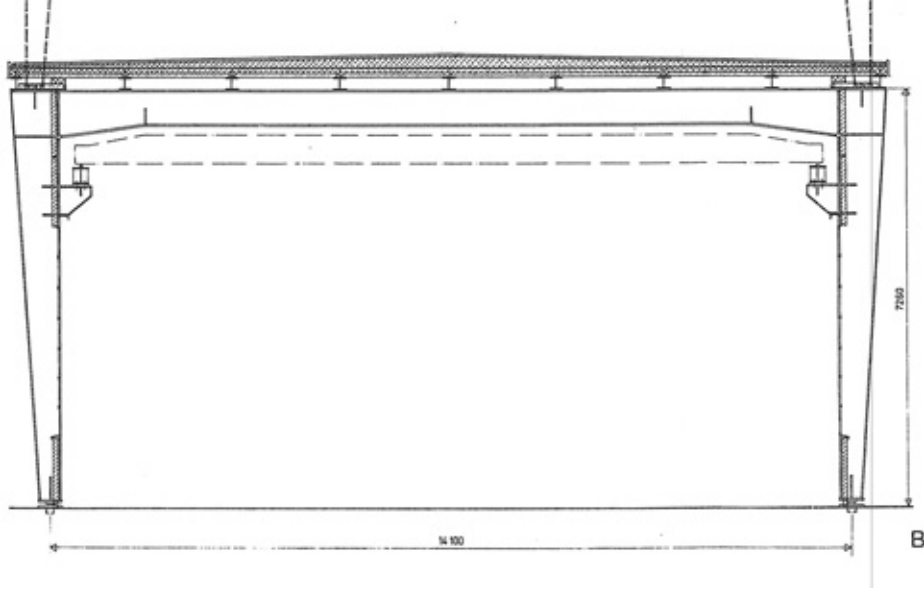
Şekil 1.1 : Tasarımı yapılacak tesise ait fotoğraf

Tesiste bulunan yapıların genel özellikleri:

Bu çalışmadaki otopark 2 kattan oluşmaktadır ve üst katında kompozit döşeme ve kompozit kiriş sistemi kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalarda ve alınan yüklerde 2005 Kanada Standartları kullanılmıştır.

3 katlı idare binasında, betonarme çekirdek deprem yatay yükleri alacak şekilde tasarlanmış ve diğer kolon kiriş sistemlerinde çelik elemanlar kullanılmıştır. Yüne bu modelde kompozit kiriş, kompozit döşeme seçilmiştir.

Üretim binasında, 32 ton kapasitesindeki krene göre system tasarlanmış ve yine 2005 Kanada Standartlarına göre yükler alınmış ve hesaplamalar yapılmıştır. Kolon ve kiriş elemanlarında yapma profil seçilerek en uygun çözümün bulunmasına çalışılmıştır.



Şekil 1.2 : Üretim holüne ait kesit görünüşü

Tezin ilerleyen bölümlerinde kompozit döşeme, kompozit kiriş , yapma profil ayrıca irdelenmiş ve şartnamelere uygunluğu kontrol edilmiştir..

2. İKİ KATLI OTOPARK TASARIM BİLGİLERİ

2.1 Mimari Detaylar

2.1.1 Genel özellikler

Otopark boyutları: 15m x 18m

Kat adedi: 2 (Zemin + 1. Kat)

Kat yüksekliği: 3m

Araç kapasitesi: 22 araç

2.1.2 Rampa özellikleri

Rampa genişliği: 3.5m

Rampa uzunluğu: 10.4m

Eğim: %28

2.2 Statik Detaylar

2.2.1 Yükler

Hareketli yük: 500 kg/m^2 (TS 498 (1997) Çizelge 7 uyarınca)

Kar yükü: 75 kg/m^2

Rüzgar yükü: Köşelerde $153,0 \text{ kg/m}^2$

Kenarlarda $70,8 \text{ kg/m}^2$

Döşemede $51,0 \text{ kg/m}^2$

2.2.2 Kabuller

Yapılacak olan yapının Samsun şehir merkezinde , etrafında en az kendi yüksekliğinde binaların olduğu kabul edilmiştir. Hakim rüzgar hızının 25 m/s , yönünün ise rampa doğrultusuna dik olduğu kabul edilmiştir.

2.2.3 Kar yüklemesi hesaplaması

Kullanılan Standart: National Building Code of Canada (2005)

$$S = I_s [S_s (C_b \cdot C_w \cdot C_s \cdot C_a) + S_r] \quad (2.1)$$

S= Birim alana düşen kar yükü

I_s=Kar yükü için yapı önem katsayısı

S_s=kg/m² cinsinden yerdeki kar yükü

C_b=Çatı kar yükü faktörü

C_w=Rüzgar faktörü

C_s= Çatı eğim faktörü

C_a=Birikme faktörü

S_r=kg/m² cinsinden yağmur yükü

$$I_s = 0.8^1$$

Kar yükü yapı önem kategorisi düşük olarak seçilmiş ve Ultimate Limit State (ULS) durumunda kar yükü yapı önem katsayısı 0.8 olarak seçilmiştir.

$$S_s = 75 \text{ kg/m}^2$$

Yapının yapılacağı yer Samsun şehridir. Burada kar yükü değeri TS 498 (1997)' den yararlanılarak seçilmiştir.

$$C_b = 0.8^2$$

Standart çatı kar yükünü , yer kar yükünün %80'i olarak belirlemiştir.

$$C_w = 1.0^3$$

Otopark çevresinde rüzgarı engelleyecek en az bina yüksekliğinde ağaç ve binaların olduğu varsayımı yapılmıştır.

$$C_s = 1.0^4$$

Otopark zemininde eğim olmaması dolayısıyla bu değer seçilmiştir.

¹ National Building Code of Canada (2005), p.2, B15-07, Table A1, Importance Factor for Snow Load

² National Building Code of Canada (2005), p.3, B15-07, Basic Roof Snow Load Factor

³ National Building Code of Canada (2005), p.3, B15-07, Wind Exposure Factor

⁴ National Building Code of Canada (2005), p.3, B15-07, Slope Factor

$$C_a=1.0^5$$

Eğimin olmaması dolayısıyla bu değer seçilmiştir.

$$S_r=20 \text{ kg/m}^2$$

Karlı yüzeylere yağmurun yağması dolayısıyla ilave 20kg/m^2 yağmur yükü olduğu varsayılmıştır.

$$S = 0,8[75\text{kg} / \text{m}^2 (0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0) + 20] = 64\text{kg} / \text{m}^2$$

$$\max[TS 498, NBC 2005] = 75\text{kg} / \text{m}^2$$

National Building Code of Canada (2005) standardına göre belirlenen kar yükünün TS 498'den küçük olması dolayısıyla tasarımda TS 498 (1997)'de belirtilen kar yükü esas alınacaktır.

2.2.4 Rüzgar yükü hesaplaması

Kullanılan Standart: National Building Code of Canada (2005)

Hakim rüzgar yönü rampa doğrultusuna dik olarak kabul edilmiştir. Hakim rüzgar hızının 28m/s olduğu kabul edilmiştir.

$$\text{Statik Tasarım Basıncı (kPa)} = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_g \quad (2.2)$$

$$q(\text{kPa}) = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \quad (2.3)$$

$$\rho = 1,2929 \text{ kg/m}^3^6$$

V =Rüzgar hızı (m/s)

I_w =Rüzgar yükü için yapı önem katsayısı

C_e =Maruz kalma faktörü (Exposure)

C_p =Basınç katsayısı

C_g =Gust etkisi faktörü

$$q(\text{kPa}) = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,2929 \cdot (28\text{m} / \text{s}^2) = 506,8\text{Pa} = 0,506\text{kPa} = 50,6\text{kg} / \text{m}^2^7$$

⁵ National Building Code of Canada (2005) , p.3, B15-07, Shape factor

⁶ National Building Code of Canada (2005) , p.2, B15-07, Mass density of air

$$I_s = 0.8^8$$

Rüzgar yükü yapı önem kategorisi düşük olarak seçilmiş ve Ultimate Limit State (ULS) durumunda rüzgar yükü yapı önem katsayısı 0.8 olarak seçilmiştir.

$$C_e = 0,7 \left(\frac{h}{12} \right)^{0,3} \quad C_e \geq 0,7^9 \quad (2.4)$$

$$C_e = 0,7 \left(\frac{3}{12} \right)^{0,3} = 0,461 \Rightarrow C_e = 0,7$$

Yapılacak olan otoparkın kent merkezinde olduğu düşünülerek C_e değeri kategori (b)'ye göre seçilmiştir.

Otoparkın dört tarafının da açık olması dolayısıyla iç basınç oluşmamaktadır.

Dolayısıyla $C_p \cdot C_g$ değeri;

Köşelerde = -5.4,

Kenarlarda=-2.5,

Döşemede= -1.8 olarak alınmıştır.¹⁰

Yukarıda belirtilen kabuller neticesinde;

Statik Tasarım Basıncı:

$$\text{Köşelerde} \Rightarrow 0,8 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (-5,4) = -153,0 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\text{Kenarlarda} \Rightarrow 0,8 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (-2,5) = -70,8 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\text{Döşemede} \Rightarrow 0,8 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (-1,8) = -51,0 \text{ kg} / \text{m}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

⁷ Rüzgar hızı değeri TS 498 (1997)'ye göre alınmıştır.

⁸ National Building Code of Canada (2005), p.21, B15-07, Table B1, Importance Factor for Wind Load

⁹ National Building Code of Canada (2005), p.22, B15-07, Exposure Factor, Condition B

¹⁰ National Building Code of Canada (2005), p.31, B15-07, Table B2A

3. İDARİ BİNA TASARIM BİLGİLERİ

3.1 Mimari Detaylar

3.1.1 Genel özellikler

Bina boyutları: 15m x 18m

Bina yüksekliği: 10,5 m

Kat adedi: 3 (Zemin + 1. Kat + 2. Kat)

Kat yüksekliği: 3m + 3m + 4,5m

Çatı eğimi: %20 11,3°

3.2 Statik Detaylar

3.2.1 Yükler

Hareketli yük: 350 kg/m² (TS 498 (1997) Çizelge 7 uyarınca)

Kar yükü: 80 kg/m² Yükleme durumu 1

: 50 kg/m² Yükleme durumu 2 $0 < x < \frac{L}{2}$

: 80 kg/m² Yükleme durumu 2 $\frac{L}{2} < x < L$

Çatıdaki rüzgar yükü:

Köşelerde (c bölgesi): - 177,1 kg/m² , +28,3 kg/m²

Kenarlarda (s bölgesi) :- 145,2 kg/m² , +28,3 kg/m²

Kaplamada (r bölgesi): - 85,0 kg/m² , +28,3 kg/m²

Duvar rüzgar yükü:

Köşelerde (e bölgesi): - 63,8 kg/m² , +63,8 kg/m²

İç bölgelerinde (w bölgesi) :- 74,4 kg/m² , +63,8 kg/m²

3.2.2 Kabuller

Yapılacak olan yapının Samsun şehir merkezinde , etrafında en az kendi yüksekliğinde binaların olduğu kabul edilmiştir. Hakim rüzgar hızının 25m/s , yönünün ise rampa doğrultusuna dik olduğu kabul edilmiştir.

3.2.3 Kar yüklemesi hesaplaması

Kullanılan Standart: National Building Code of Canada (2005)

$$S = I_s [S_s (C_b \cdot C_w \cdot C_s \cdot C_a) + S_r] \quad (3.1)$$

S= Birim alana düşen kar yükü

I_s=Kar yükü için yapı önem katsayısı

S_s=kg/m² cinsinden yerdeki kar yükü

C_b=Çatı kar yükü faktörü

C_w=Rüzgar faktörü

C_s= Çatı eğim faktörü

C_a=Birikme faktörü

S_r=kg/m² cinsinden yağmur yükü

I_s= 1.0¹¹

Kar yükü yapı önem kategorisi normal olarak seçilmiş ve Ultimate Limit State (ULS) durumunda kar yükü yapı önem katsayısı 1.0 olarak seçilmiştir.

S_s=75kg/m²

Yapının yapılacağı yer Samsun şehridir. Burada kar yükü değeri TS 498 (1997)' den yararlanılarak seçilmiştir.

C_b=0.8¹²

w=8.95m=15.6m

$$l_c = 2w - w^2/l \quad (3.2)$$

¹¹ National Building Code of Canada (2005), p.2, B15-07, Table A1, Importance Factor for Snow Load

¹² National Building Code of Canada (2005), p.3, B15-07, Basic Roof Snow Load Factor

$$l_c = 12.76\text{m} < 70$$

l_c değerinin 70'den küçük olması dolayısıyla bu değer seçilmiştir.

$$C_w = 1.0^{13}$$

Bina çevresinde rüzgarı engelleyecek en az bina yüksekliğinde ağaç ve binaların olduğu varsayımı yapılmıştır.

$$C_s = 1.0^{14}$$

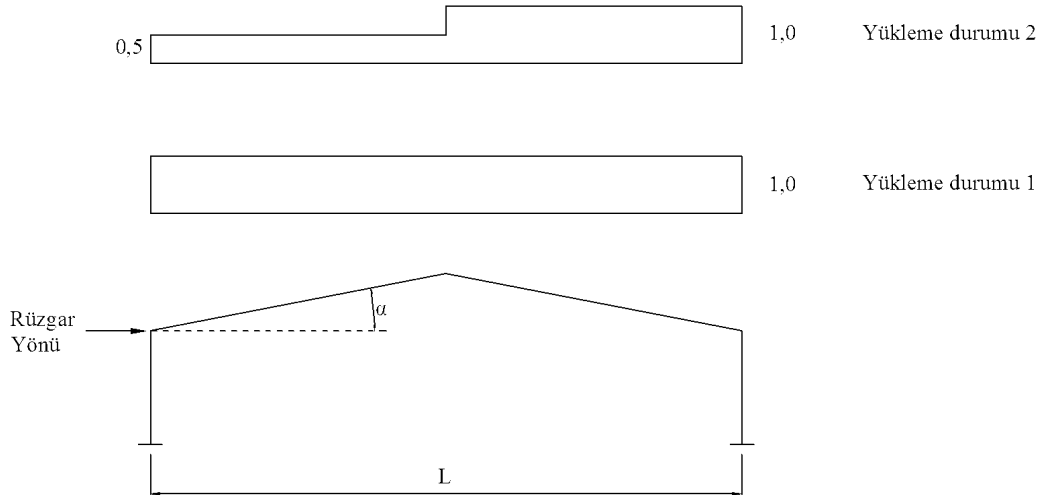
Çatı eğiminin 30° den az olması dolayısıyla bu değer seçilmiştir.

$$C_a = 1.0^{15} \quad (\text{Yükleme durumu 1})$$

Eğimin 15° den az olması dolayısıyla bu değer seçilmiştir.

$$C_a = 0,5 \text{ ve } 1,0^{16} \quad (\text{Yükleme durumu 2})$$

Eğimin 15° den az olması dolayısıyla bu değer seçilmiştir.



Şekil 3.1 : Yükleme durumu

$$S_r = 20 \text{ kg/m}^2$$

¹³ National Building Code of Canada (2005), p.3, B15-07, Wind Exposure Factor

¹⁴ National Building Code of Canada (2005), p.3, B15-07, Slope Factor

¹⁵ National Building Code of Canada (2005), p.11, B15-07, Figure A1(B)

¹⁶ National Building Code of Canada (2005), p.11, B15-07, Figure A1(B)

Karlı yüzeylere yağmurun yağması dolayısıyla ilave 20kg/m^2 yağmur yükü olduğu varsayılmıştır.

$$S = 1,0[75\text{kg} / \text{m}^2 (0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0) + 20] = 80\text{kg} / \text{m}^2 \quad \text{Yükleme durumu 1}$$

$$0 < x < \frac{L}{2}$$

$$S = 1,0[75\text{kg} / \text{m}^2 (0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5) + 20] = 50\text{kg} / \text{m}^2 \quad \text{Yükleme durumu 2}$$

$$\frac{L}{2} < x < L$$

$$S = 1,0[75\text{kg} / \text{m}^2 (0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0) + 20] = 80\text{kg} / \text{m}^2 \quad \text{Yükleme durumu 2}$$

3.2.4 Rüzgar yükü hesaplaması

Kullanılan Standart: National Building Code of Canada (2005)

Hakim rüzgar yönü rampa doğrultusuna dik olarak kabul edilmiştir. Hakim rüzgar hızının 25m/s olduğu kabul edilmiştir.

$$\text{Statik Tasarım Basıncı (kPa)} = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_g \quad (3.3)$$

$$q(\text{kPa}) = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \quad (3.4)$$

$$\rho = 1,2929 \text{ kg/m}^3 \quad ^{17}$$

V =Rüzgar hızı (m/s)

I_w =Rüzgar yükü için yapı önem katsayısı

C_e =Maruz kalma faktörü (Exposure)

C_p =Basınç katsayısı

C_g =Gust etkisi faktörü

$$q(\text{kPa}) = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,2929 \cdot (28\text{m} / \text{s})^2 = 506,8\text{Pa} = 0,506\text{kPa} = 50,6\text{kg} / \text{m}^2 \quad ^{18}$$

$$I_s = 1,0 \quad ^{19}$$

¹⁷ National Building Code of Canada (2005) , p.2, B15-07, Mass density of air

¹⁸ Rüzgar hızı değeri TS 498 (1997)'ye göre alınmıştır.

Rüzgar yükü yapı önem kategorisi normal olarak seçilmiş ve Ultimate Limit State (ULS) durumunda rüzgar yükü yapı önem katsayısı 1,0 olarak seçilmiştir.

$$C_e = 0,7\left(\frac{h}{12}\right)^{0,3} \quad C_e \geq 0,7 \quad ^{20} \quad (3.5)$$

$$C_e = 0,7\left(\frac{10,5}{12}\right)^{0,3} = 0,67 \Rightarrow C_e = 0,7$$

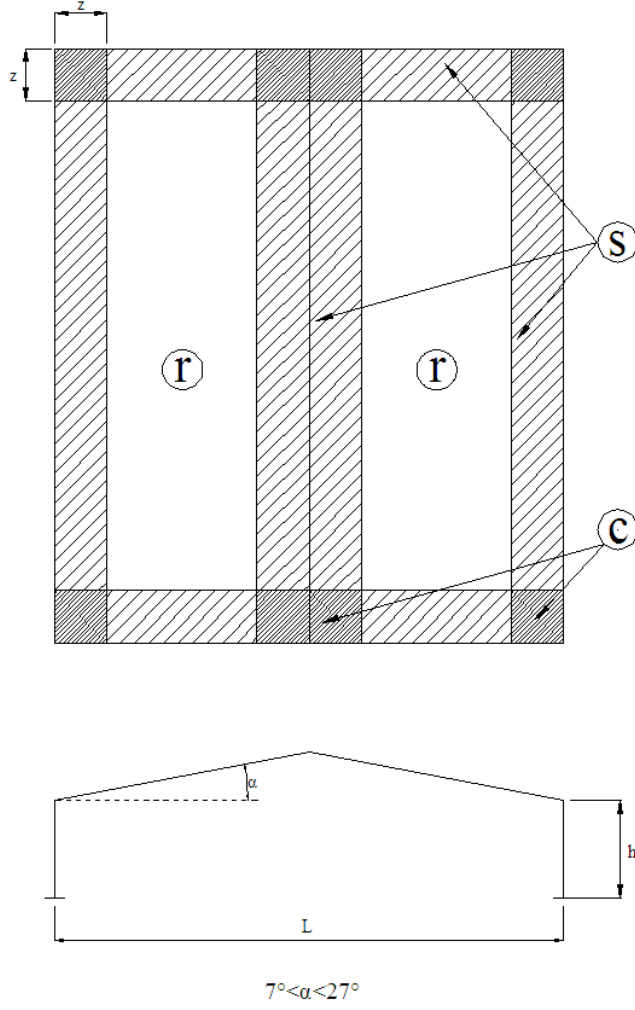
Yapılacak olan idari binanın kent merkezinde olduğu düşünülerek C_e değeri kategori (b)'ye göre seçilmiştir.

Rüzgar yönündeki cephedeki küçük pencere ve havalandırma gibi açıklıkların olması dolayısıyla içeride pozitif iç basınç oluşacağı göz önüne alınarak hesaplar yapılmıştır. Bu yüzden idari bina için kategori 1 seçilmiştir.²¹

¹⁹ National Building Code of Canada (2005), p.21, B15-07, Table B1, Importance Factor for Wind Load

²⁰ National Building Code of Canada (2005) , p.22, B15-07, Exposure Factor , Condition B

²¹ National Building Code of Canada (2005) , p.24, B15-07, Category 2



Şekil 3.2 : Çatı yükleme bölgeleri

r bölgesi çatı kaplamasını,

s bölgesi çatı kenar bölgelerini,

c bölgesi çatı köşe bölgelerini temsil etmektedir.

z değeri;

$z = \min(\text{Çatının kısa kenarının } \%10\text{'u, yüksekliğin } \%40\text{'ı})$

Ayrıca $z \geq 1,0$ ve çatı kısa kenarının $\%4\text{'ünden büyük olmalıdır.}^{22}$

$h=10,5m \quad \%40 \cdot 10,5 = 4,2m$

$w=8.95m \quad \%10 \cdot z = 0,895m$

$z=1$ değeri seçilmiştir.

²² National Building Code of Canada (2005) , p.24, B15-07, Explanation of Tables B2 through B7

Dolayısıyla $C_p \cdot C_g$ değeri;

Köşelerde (c bölgesi)= -4,0 veya +0,8

Kenarlarda (s bölgesi)=-2,6 veya +0,8

Kaplamada (r bölgesi)= -2,0 veya +0,8 olarak alınmıştır.²³

Yukarıda belirtilen kabuller neticesinde;

Statik Tasarım Basıncı:

Köşelerde (c bölgesi) $\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (-5,0) = -177,1 \text{ kg} / \text{m}^2$

$\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (+0,8) = +28,3 \text{ kg} / \text{m}^2$

Kenarlarda (s bölgesi) $\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (-4,1) = -145,2 \text{ kg} / \text{m}^2$

$\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (+0,8) = +28,3 \text{ kg} / \text{m}^2$

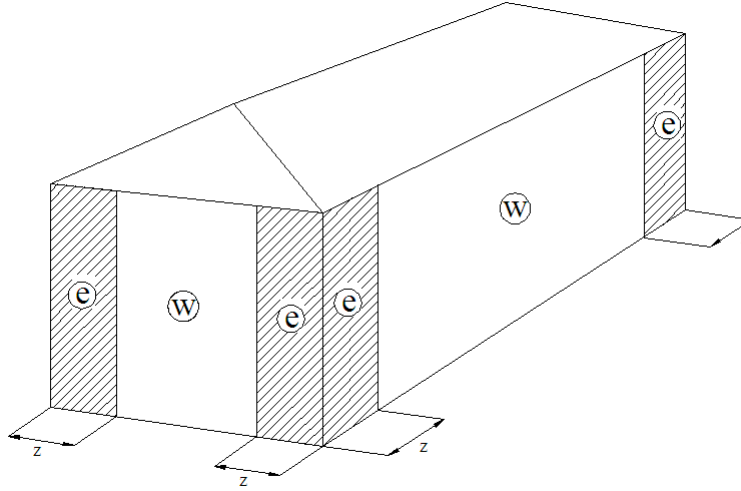
Kaplamada (r bölgesi) $\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (-2,4) = -85 \text{ kg} / \text{m}^2$

$\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (+0,8) = +28,3 \text{ kg} / \text{m}^2$

olarak hesaplanmıştır.

²³ National Building Code of Canada (2005) , p.31, B15-07, Table B3 Purlins

Duvara gelen yükler:



Şekil 3.3 : Duvar yükleme bölgeleri

$C_p \cdot C_g$ değeri

w bölgesi için +1,8 veya -1,8

e bölgesi için +1,8 veya -2,1 dir.²⁴

Statik Tasarım Basıncı:

$$\text{Duvar köşelerinde (e bölgesi)} \Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (+1,8) = +63,8 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (-1,8) = -63,8 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\text{Duvar iç bölgelerinde (w bölgesi)} \Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (+1,8) = +63,8 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (-2,1) = -74,4 \text{ kg} / \text{m}^2$$

²⁴ National Building Code of Canada (2005) , p.33, B15-07, Table B4 Wall Cladding

4. ÜRETİM BİNASI TASARIM BİLGİLERİ

4.1 Mimari Detaylar

4.1.1 Genel özellikler

Bina boyutları: 22,4m x 14,1m

Bina yüksekliği: 8,3 m

Kat adedi: 1

Kat yüksekliği: 8,3m

Çatı eğimi:%20 11,3°

4.2 Statik Detaylar

4.2.1 Yükler

Kar yükü: Şekil 1.5’de belirtilmiştir.

Çatıdaki rüzgar yükü:

Köşelerde (c bölgesi):- 226,7 kg/m² , +77,9 kg/m²

Kenarlarda (s bölgesi) :- 194,8 kg/m² , +77,9 kg/m²

Kaplamada (r bölgesi):- 134,6 kg/m² , +77,9 kg/m²

Duvar rüzgar yükü:

Köşelerde (e bölgesi):- 113,3 kg/m² , +113,3 kg/m²

İç bölgelerinde (w bölgesi) :- 123,9 kg/m² , +113,3 kg/m²

4.2.2 Kabuller

Yapılacak olan yapının Samsun şehir merkezinde , etrafında en az kendi yüksekliğinde binaların olduğu kabul edilmiştir. Hakim rüzgar hızının 25m/s , yönünün ise rampa doğrultusuna dik olduğu kabul edilmiştir.

4.2.3 Kar yüklemesi hesaplaması

Kullanılan Standart: National Building Code of Canada (2005)

$$S = I_s [S_s (C_b \cdot C_w \cdot C_s \cdot C_d) + S_r] \quad (4.1)$$

S= Birim alana düşen kar yükü

I_s=Kar yükü için yapı önem katsayısı

S_s=kg/m² cinsinden yerdeki kar yükü

C_b=Çatı kar yükü faktörü

C_w=Rüzgar faktörü

C_s= Çatı eğim faktörü

C_a=Birikme faktörü

S_r=kg/m² cinsinden yağmur yükü

$$I_s = 1.0^{25}$$

Kar yükü yapı önem kategorisi normal olarak seçilmiş ve Ultimate Limit State (ULS) durumunda kar yükü yapı önem katsayısı 1.0 olarak seçilmiştir.

$$S_s = 75 \text{ kg/m}^2$$

Yapının yapılacağı yer Samsun şehridir. Burada kar yükü değeri TS 498 (1997)' den yararlanılarak seçilmiştir.

$$C_b = 0.8^{26}$$

$$w = 14,1 \text{ m} = 22,4 \text{ m}$$

$$l_c = 2w - w^2 / l \quad (4.2)$$

$$l_c = 19,45 \text{ m} < 70$$

l_c değerinin 70'den küçük olması dolayısıyla bu değer seçilmiştir.

$$C_w = 1.0^{27}$$

²⁵ National Building Code of Canada (2005), p.2, B15-07, Table A1, Importance Factor for Snow Load

²⁶ National Building Code of Canada (2005), p.3, B15-07, Basic Roof Snow Load Factor

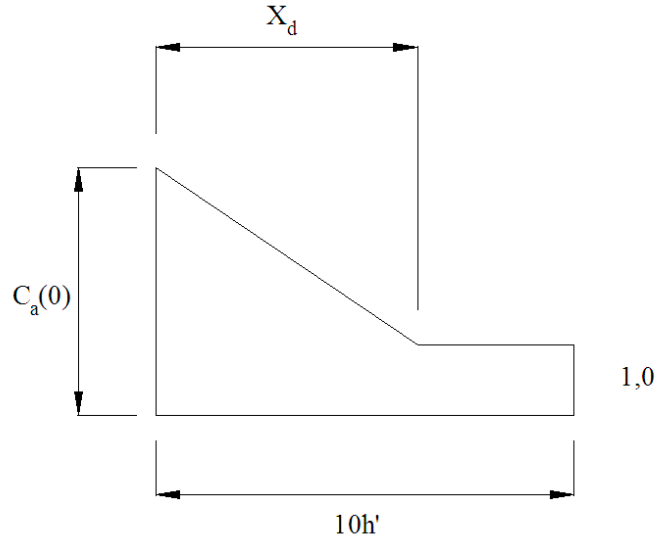
²⁷ National Building Code of Canada (2005), p.3, B15-07, Wind Exposure Factor

Bina çevresinde rüzgarı engelleyecek en az bina yüksekliğinde ağaç ve binaların olduğu varsayımı yapılmıştır.

$$F = 0,35 \left[\gamma_c / S_s - 6(\gamma_p / S_s)^2 \right]^{0,5} + C_b \quad h_p = 0 \quad (4.3)$$

$$F = 0,35 \left[(3,0)(12,76) / 0,75 \right]^{0,5} + 0,8 = 2,5 > 2,0$$

$$F = 2,5$$



Şekil 4.1 : Kar yükü hesap diagramı

$$C_a(0) = \min(F / C_b; \gamma h / C_b S_s) \quad (4.4)$$

$$C_a(0) = F / C_b = 2,5 / 0,8 = 3,125$$

$$C_a(0) = \gamma h / C_b S_s = (3,0)(10,5 - 8,3) / (0,8)(0,75) = 11,2 \quad (4.5)$$

$$C_a(0) = 3,125$$

$$X_d = \min(5(h - C_b S_s / \gamma); 5(S_s / \gamma)(F - C_b)) \quad (4.6)$$

$$X_d = 5(h - C_b S_s / \gamma) = 5((10,5 - 8,3) - (0,8)(0,75) / 3,0) = 10$$

$$X_d = 5(S_s / \gamma)(F - C_b) = 5(0,75 / 3,0)(2,5 - 0,8) = 2,125$$

$$X_d = 2,125 \text{ m}$$

Etkilenen kısmın uzunluğu;

$$h' = h - C_b C_w C_s / \gamma = 2,2 - 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 / 3,0 = 1,93 \quad (4.7)$$

$$10h' = 19,3m \quad (4.8)$$

$$S_r = 20 \text{ kg/m}^2$$

Karlı yüzeylere yağmurun yağması dolayısıyla ilave 20kg/m^2 yağmur yükü olduğu varsayılmıştır.

$$S_{\max} = 1,0 [75\text{kg/m}^2 (0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,125) + 20] = 207,5\text{kg/m}^2$$

$$S = 1,0 [75\text{kg/m}^2 (0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0) + 20] = 80\text{kg/m}^2$$

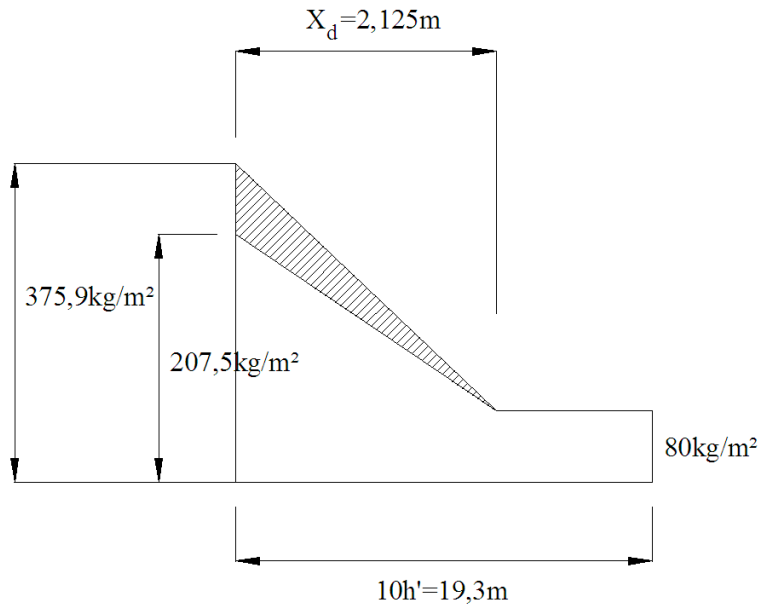
Üstteki çatıdan kayabilecek olan kar miktarının hesaplanması gerekmektedir.

Üstteki çatı kar yükü

$$S = 80\text{kg/m}^2$$

$$\text{Kayan kar yükü} = \frac{1}{2} \cdot 80\text{kg/m}^2 \cdot \frac{8,95}{2} = 179\text{kg/m}^2 \quad (4.9)$$

$$S_{\max} = 207,5\text{kg/m}^2 + 2 \cdot 179 / 2,125 = 375,9\text{kg/m}^2$$



Şekil 4.2 : Kar yükü değerleri

4.2.4 Rüzgar yükü hesaplaması

Kullanılan Standart: National Building Code of Canada (2005)

Hakim rüzgar yönü rampa doğrultusuna dik olarak kabul edilmiştir. Hakim rüzgar hızının 25m/s olduğu kabul edilmiştir.

$$\text{Statik Tasarım Basıncı (kPa)} = I_w \cdot q \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_g \quad (4.10)$$

$$q(\text{kPa}) = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \quad (4.11)$$

$$\rho = 1,2929 \text{ kg/m}^3 \quad 28$$

V=Rüzgar hızı (m/s)

I_w =Rüzgar yükü için yapı önem katsayısı

C_e =Maruz kalma faktörü (Exposure)

C_p =Basınç katsayısı

C_g =Gust etkisi faktörü

$$q(\text{kPa}) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot 1.2929 \cdot (28 \text{ m/s})^2 = 506,8 \text{ Pa} = 0.506 \text{ kPa} = 50.6 \text{ kg/m}^2 \quad 29$$

$$I_s = 1,0 \quad 30$$

Rüzgar yükü yapı önem kategorisi normal olarak seçilmiş ve Ultimate Limit State (ULS) durumunda rüzgar yükü yapı önem katsayısı 1,0 olarak seçilmiştir.

$$C_e = 0,7 \left(\frac{h}{12} \right)^{0,3} C_e \geq 0,7 \quad 31 \quad (4.12)$$

$$C_e = 0,7 \left(\frac{8,3}{12} \right)^{0,3} = 0,62 \Rightarrow C_e = 0,7$$

Yapılacak olan üretim binasının kent merkezinde olduğu düşünülerek C_e değeri kategori (b)'ye göre seçilmiştir.

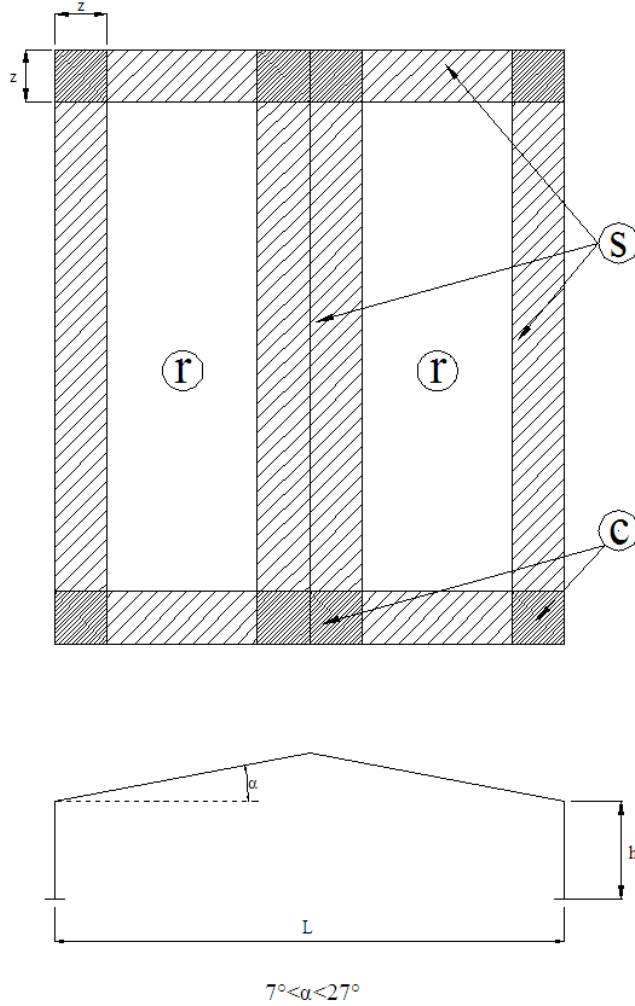
²⁸ National Building Code of Canada (2005) , p.2, B15-07, Mass density of air

²⁹ Rüzgar hızı değeri TS 498 (1997)'ye göre alınmıştır.

³⁰ National Building Code of Canada (2005), p.21, B15-07, Table B1, Importance Factor for Wind Load

³¹ National Building Code of Canada (2005) , p.22, B15-07, Exposure Factor , Condition B

Rüzgar yönündeki cephedeki büyük yükleme kapısının olması dolayısıyla içeride pozitif iç basınç oluşacağı göz önüne alınarak hesaplar yapılmıştır. Bu yüzden idari bina için kategori 3 seçilmiştir.³²



Şekil 4.3 : Çatı yük bölgeleri

r bölgesi çatı kaplamasını,

s bölgesi çatı kenar bölgelerini,

c bölgesi çatı köşe bölgelerini temsil etmektedir.

z değeri;

$z = \min(\text{Çatının kısa kenarının } \%10'u, \text{yüksekliğin } \%40'ı)$

Ayrıca $z \geq 1,0$ ve çatı kısa kenarının $\%4'$ ünden büyük olmalıdır.³³

³² National Building Code of Canada (2005) , p.24, B15-07, Category 2

$$h=8,3m \quad \%40 \cdot h = 3,32m$$

$$w=14,1m \quad \%10 \cdot w = 1,41m$$

$z=1,41$ değeri seçilmiştir.

Dolayısıyla $C_p \cdot C_g$ değeri;

Köşelerde (c bölgesi)= -6,4 veya +2,2

Kenarlarda (s bölgesi)=-5,5 veya +2,2

Kaplamada (r bölgesi)= -3,8 veya +2,2 olarak alınmıştır.³⁴

Yukarıda belirtilen kabuller neticesinde;

Statik Tasarım Basıncı:

$$\text{Köşelerde (c bölgesi)} \Rightarrow 1,0 \cdot 50,6kg / m^2 \cdot 0,7 \cdot (-6,4) = -226,7kg / m^2$$

$$\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6kg / m^2 \cdot 0,7 \cdot (+2,2) = +77,9kg / m^2$$

$$\text{Kenarlarda (s bölgesi)} \Rightarrow 1,0 \cdot 50,6kg / m^2 \cdot 0,7 \cdot (-5,5) = -194,8kg / m^2$$

$$\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6kg / m^2 \cdot 0,7 \cdot (+2,2) = +77,9kg / m^2$$

$$\text{Kaplamada (r bölgesi)} \Rightarrow 1,0 \cdot 50,6kg / m^2 \cdot 0,7 \cdot (-3,8) = -134,6kg / m^2$$

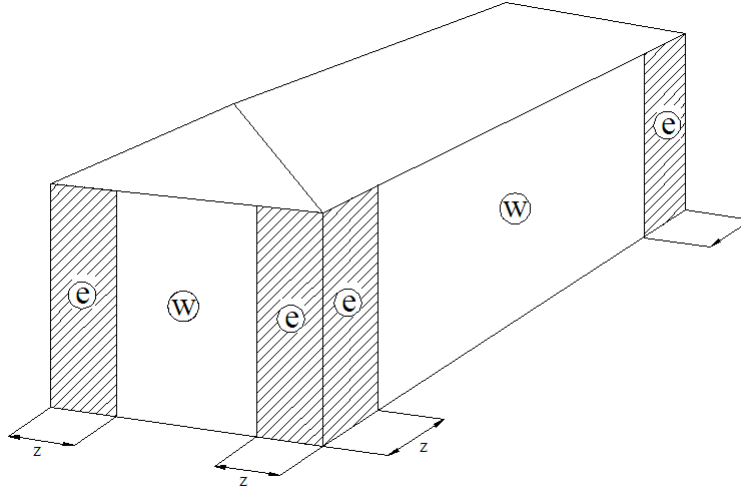
$$\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6kg / m^2 \cdot 0,7 \cdot (+2,2) = +77,9kg / m^2$$

olarak hesaplanmıştır.

³³ National Building Code of Canada (2005) , p.24, B15-07, Explanation of Tables B2 through B7

³⁴ National Building Code of Canada (2005) , p.31, B15-07, Table B3 Purlins

Duvara gelen yükler:



Şekil 4.4 : Duvar yük bölgeleri

$C_p \cdot C_g$ değeri

w bölgesi için +3,2 veya -3,2

e bölgesi için +3,2 veya -3,5 dir.³⁵

Statik Tasarım Basıncı:

$$\text{Duvar köşelerinde (e bölgesi)} \Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (+3,2) = +113,3 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (-3,2) = -113,3 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\text{Duvar iç bölgelerinde (w bölgesi)} \Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (+3,2) = +113,3 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$\Rightarrow 1,0 \cdot 50,6 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot 0,7 \cdot (-3,5) = +123,9 \text{ kg} / \text{m}^2$$

³⁵ National Building Code of Canada (2005) , p.33, B15-07, Table B4 Wall Cladding

5. KOMPOZİT DÖŞEME HESABI

Toplam döşeme kalınlığı: 12cm

Kompozit döşemede kullanılacak malzeme özellikleri:

Beton içinde $\Phi 6/160$ ($188\text{mm}^2/\text{m}$) çelik hasır donatı mevcuttur.

Çelik Sac:ADP92050 (Atapanel veya Alfaçelik) $t=1.0\text{mm}$

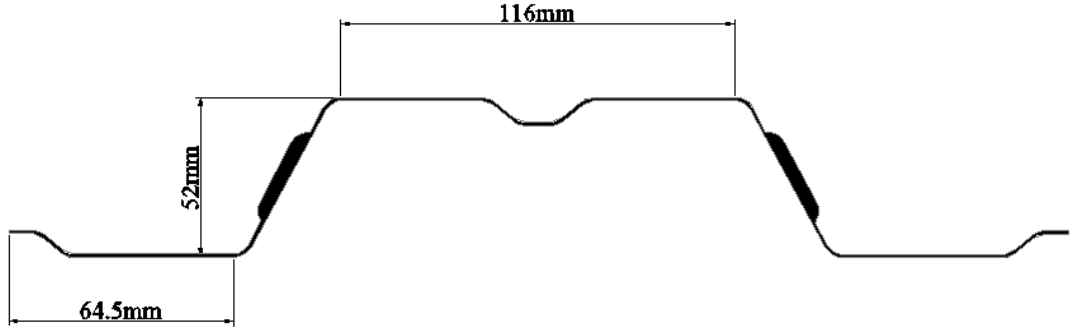
$f_y=240\text{N/mm}^2$ $I_{ap}=0.47 \times 10^6 \text{ mm}^4 / \text{m}$ (tam kesit)

Beton:C30/37 $A_{ap}=1304,34 \text{ mm}^2$

Donatı: $f_{sk}=500\text{N/mm}^2$

Paspayı:1,5cm

Beton döküm sırasında her 1.25mde bir geçici mesnet kullanılacaktır.



Şekil 5.1 : Kompozit döşeme kesiti

$$I_x=16.96 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

İnşaat sürecinde profillenmiş çelik sacın kontrolü:

Yükler:

Çelik sac ağırlığı $g_{ap}=0.12 \text{ kN/m}^2$

Islak beton ağırlığı $g_c=2.22 \text{ kN/m}^2$

Konstrüksiyon yükü $g_m=1.5 \text{ kN/m}^2$

Sınır gerilmelerin belirlenmesi:

$$\sigma_{em} = 0,6 \times \sigma_a \quad (5.1)$$

$$\sigma_{em} = 0,6 \times 240 = 144 \text{ N / mm}^2$$

$$\sigma_e = 0,8 \times \sigma_a$$

$$\sigma_e = 0,8 \times 240 = 192 \text{ N / mm}^2$$

İnce cidarlı hesap yapabilme koşulları:

$$b_0 = 116 \text{ mm}$$

$$\frac{b_0}{t} \leq 500 \quad (5.2)$$

$$\frac{116}{1} = 116 < 500 \quad \text{uygundur.}$$

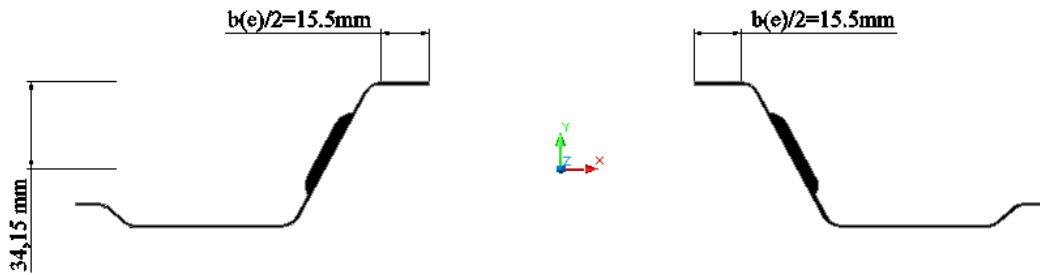
$$\frac{b}{t} > 45 \cdot \sqrt{\frac{235}{\sigma_e}} \quad (5.3)$$

$$116 > 45 \cdot \sqrt{\frac{235}{192}} = 49,8 \quad \text{uygundur}$$

Etkin Genişlik Hesabı

$$b_e = \left(0,95 \sqrt{\frac{E}{\sigma_{em}}} - \frac{b_0}{10t} + 6 \right) t \quad (5.4)$$

$$b_e = \left(0,95 \sqrt{\frac{210000}{144}} - \frac{116}{10} + 6 \right) \cdot 1 = 31 \text{ mm}$$



Şekil 5.2 : Kompozit döşeme – etkin genişlik hesabı

*Etkin Atalet momenti*³⁶

$$I_{ex}=10.30 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_e = \frac{b_{dos}}{b_{mod}} \cdot I_{ex} = \frac{1000}{307} \cdot 10,30 \cdot 10^4 = 33,55 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$y_0=34,15 \text{ mm}$$

Taşıma sınır durumu:

Maksimum pozitif moment:

$$M_{sd}^+ = \gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q \quad (5.5)$$

$$=1.35 \times (2.34 \times 1,25^2 \times 0.1057) + 1.5 \times (1.5 \times 1,25^2 \times 0.1057)$$

$$=0,52+0,37= 0,89 \text{ kNm/m}$$

Maksimum negatif moment:

$$M_{sd}^- = \gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q \quad (5.6)$$

$$=1.35 \times (2.34 \times 1,25^2 \times 0.077) + 1.5 \times (1.5 \times 1,25^2 \times 0.077)$$

$$=0,38+0,27= 0,65 \text{ kNm/m}$$

Mesnet tepkisi:

$$R_{sd} = \gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q \quad (5.7)$$

$$=1.35 \times (2.34 \times 1,25 \times 0.6057) + 1.5 \times (1.5 \times 1,25 \times 0.6057)$$

$$=2,39+1,70= 4,09 \text{ kN/m}$$

Açıklıkta gerilme tahkiki:

$$W_{e,min} = \frac{I_{ex}}{y_0} = \frac{33,55 \cdot 10^4}{34,15} = 9824,30 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{sd}}{W_{e,min}} \leq \sigma_{em} = f_{yk,ap} \quad (5.8)$$

³⁶ Autocad programı yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\sigma_{\max,ac} = \frac{0,65 \cdot 10^6}{9824,30} = 66,16 N / mm^2 \leq 144 N / mm^2 \text{ uygundur}$$

Mesnette gerilme tahkiki:

$$\sigma_{\max,mes} = \frac{0,89 \cdot 10^6}{9824,30} = 90,59 N / mm^2 \leq 144 N / mm^2$$

$$\tau_{\max} = \frac{V_{sd}}{2 \cdot d_g \cdot t \cdot \frac{b_{dos}}{b_{mod}}} \leq \tau_{em} = \frac{0,6 \cdot f_{yk,ap}}{\sqrt{3}} \quad (5.9)$$

$$\tau_{\max} = \frac{4,09 \cdot 10^3}{2 \cdot 48 \cdot 1 \cdot \frac{1000}{307}} = 13,08 N / mm^2 < 83,14 N / mm^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{\max}^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2} \leq 0,75 \cdot f_{yk,ap} \quad (5.10)$$

$$\sigma_v = \sqrt{81^2 + 3 \cdot 13,08^2} = 84,10 N / mm^2 < 180 N / mm^2$$

Çelik sacın inşaat sürecinde sehim:

$$f_M = k \frac{q \cdot l_i^4}{I_{ap}} = 0,305 \cdot \frac{(1,35 \cdot 2,34 + 1,5 \cdot 1,5) \cdot 1,25^4}{47} = 0,085 cm \quad (5.11)$$

$$f_{\max} = \frac{L}{150} = \frac{125}{150} = 0,833 cm$$

$$f_M < f_{\max} \text{ (uygundur)}$$

Kompozit çalışma sürecinde döşemenin kontrolü:

Yükler:

$$\text{Döşeme ağırlığı} \quad g_1 = 2.3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Tepsiye harcı ağırlığı} \quad g_2 = 1.1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Hareketli yük} \quad q = 5.0 \text{ kN/m}^2$$

Pozitif momentler bölgesinde eğilme hesabı

Taşıma sınır durumu:

$$P_{sd} = (\gamma_G \cdot (g_1 + g_2) + \gamma_Q \cdot q) \cdot b \quad (5.12)$$

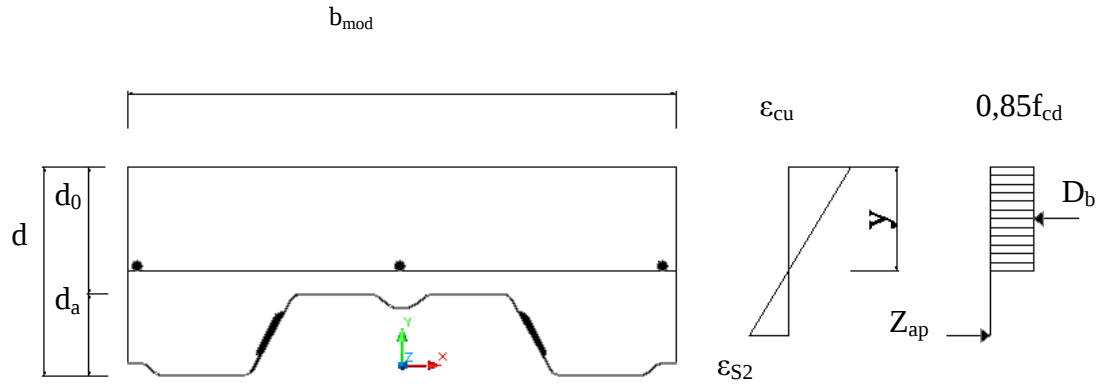
$$= [1.35 \times (2.3 + 1.1) + 1.5 \times (5.0)] \times 1.0 = 13.44 \text{ kN/m}$$

Eğilme dayanımı: Tasarım eğilme momenti,

$$M_{sd} = 0.1057 \cdot P_{sd} \cdot L^2 = 0.1057 \cdot 13.44 \cdot 2.5^2 = 8.88 \text{ kNm/m}$$

Tarafsız eksenin yeri ve tasarım eğilme dayanımı,

Tarafsız eksenin , çelik hasır hizasında olması ön kabülü ile başlangıç hesapları:



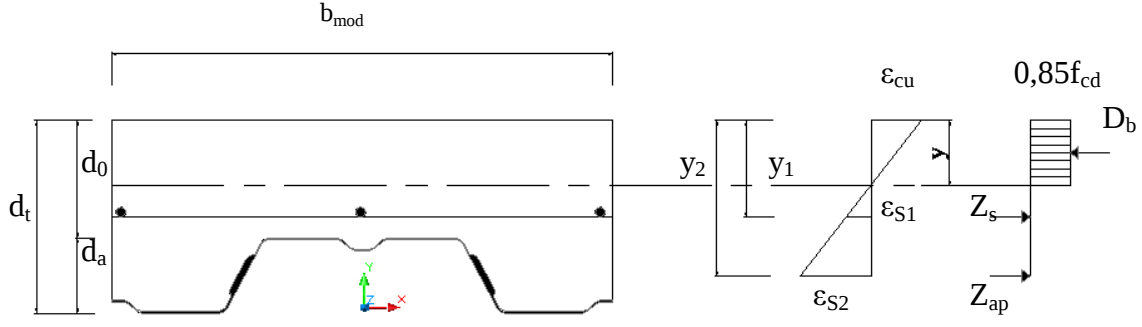
Şekil 5.3 : Pozitif moment bölgesi – Kompozit döşeme

$$y = d_t - d_a - z' - \phi' + \frac{\phi}{2} = 120 - 52 - 20 - 6 + \frac{6}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$D_b = 0.85 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot y = 0.85 \cdot \frac{30}{1.5} \cdot 1000 \cdot 45 = 765000 \text{ N} \quad (5.13)$$

$$Z_{ap} = A_{ap} \cdot f_{yd,ap} = 1304.34 \cdot \frac{240}{1.15} = 272210 \text{ N} \quad (5.14)$$

$D_b > Z_{ap}$ olduğundan, tarafsız eksen beton plak içinde ve çelik hasırın üst kısmındadır.



Şekil 5.4 : Tarafsız eksenin yerinin belirlenmesi

$$y_1 = d_t - d_a - z' - \phi' + \frac{\phi}{2} = 120 - 52 - 20 - 6 + \frac{6}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$y_2 = d_t - d_a + d_g = 120 - 52 + 23,8 = 91,8 \text{ mm}$$

$$Z_s = A_s \cdot \sigma_{sl} = 188 \cdot \frac{500}{1,15} = 81739,1 \text{ N}$$

$$D_b = Z_s + Z_{ap} \quad (5.15)$$

$$0,85 \cdot \frac{30}{1,5} \cdot 1000 \cdot y = 81739,1 + 272210$$

$$y = 20,82 \text{ mm}$$

ϵ_{si} değerlerinin hesaplanması:

$$\frac{\epsilon_{cu}}{(\epsilon_{si} + \epsilon_{cu})} = \frac{y}{y_i} \Rightarrow \epsilon_{si} = \frac{\epsilon_{cu} \cdot (y_i - y)}{y} \quad (5.16)$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{\epsilon_{cu} \cdot (y_1 - y)}{y} = \frac{0,003 \cdot (45 - 20,82)}{20,82} = 0,0034$$

$$\epsilon_{yd,s} = \frac{\frac{500}{1,15}}{210000} = 0,0021$$

$$\epsilon_{s1} = 0,0034 > \epsilon_{yd,s} = 0,0021 \quad (\text{çelik hasır akıyor})$$

$$\epsilon_{yd,ap} = \frac{\frac{240}{1,15}}{210000} = 0,00099 \quad (5.17)$$

$$\varepsilon_{s2} = 0,0102 > \varepsilon_{yd,ap} = 0,00099 \quad (\text{çelik sac akıyor})$$

Pozitif moment taşıma kapasitesinin hesaplanması:

$$z_1 = y_1 - \frac{y}{2} = 45 - \frac{20,82}{2} = 34,59 \text{ mm}$$

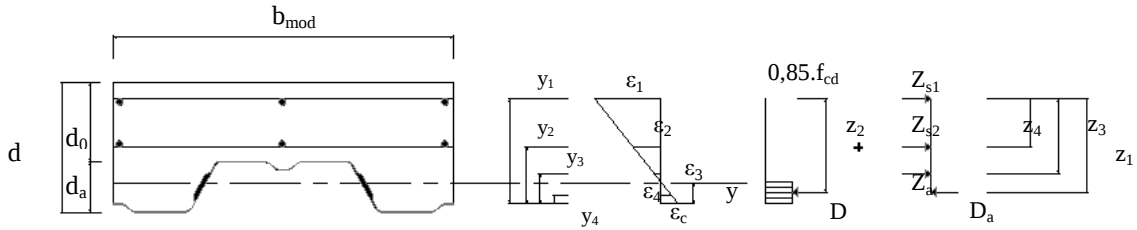
$$z_2 = y_2 - \frac{y}{2} = 91,8 - \frac{20,82}{2} = 81,39 \text{ mm}$$

$$M_{pl} = Z_s \cdot z_1 + Z_{ap} \cdot z_2 \quad (5.18)$$

$$M_{pl} = 81739,1 \cdot 34,59 + 272210 \cdot 81,39$$

$$M_{pl} = 24,98 \text{ kNm} > M_{sd} = 8,88 \text{ kNm} \text{ uygundur.}$$

Negatif momentler bölgesinde eğilme hesabı



Şekil 5.5 : Negatif moment bölgesi

$$D_b + D_{ap} = Z_{s1} + Z_{s2} + Z_{ap} \quad (5.19)$$

$$0,85 \cdot f_{cd} \cdot A_{D,b} \cdot \frac{b_{dos}}{b_{mod}} + A_{D,ap} \cdot \sigma_{em} \cdot \frac{b_{dos}}{b_{mod}} = A_{s1} \cdot \sigma_{sl} + A_{s2} \cdot \sigma_{sl} + A_{Z,ap} \cdot f_{yd,ap} \cdot \frac{b_{dos}}{b_{mod}} \quad (5.20)$$

$$0,85 \cdot \frac{30}{1,5} \cdot (808,4 + 0,55y^2 + 146,6y) \cdot \frac{1000}{307} + 2 \cdot (79,9 + 34,5 \cdot \frac{y}{30,2}) \cdot \frac{240}{1,67} \cdot \frac{1000}{307}$$

$$= 188 \cdot \frac{500}{1,15} + 188 \cdot \frac{500}{1,15} + (144,1 + 2 \cdot 34,50 \cdot \frac{(30,2 - y)}{30,2}) \cdot \frac{240}{1,15} \cdot \frac{1000}{307}$$

$$y^2 + 352,70y - 6199,37 = 0$$

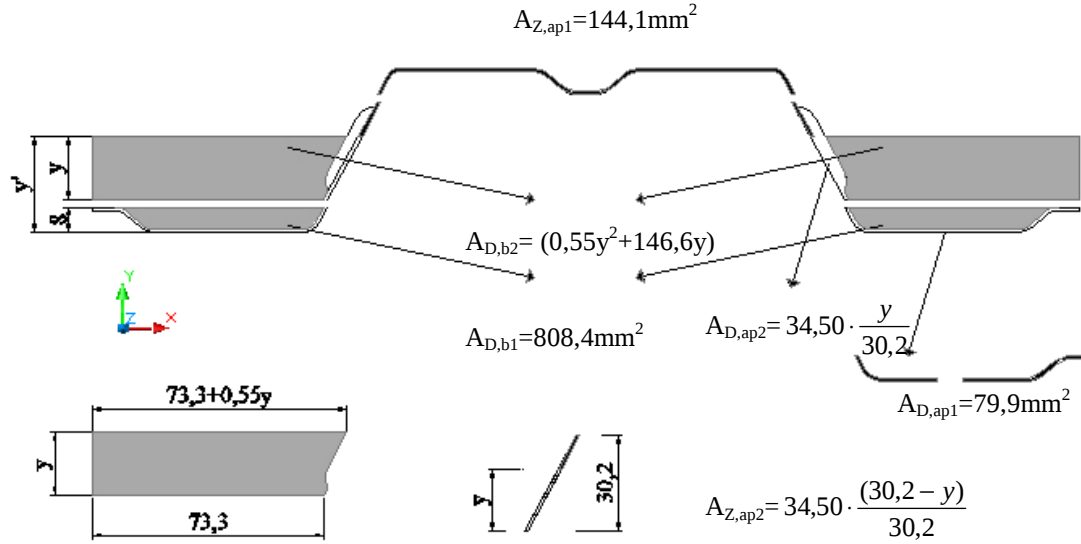
$$y = 16,77 \text{ mm} \Rightarrow y' = 16,77 + 8 = 24,77 \text{ mm}$$

Etkin Genişlik Hesabı

$$b_e = 0,95 \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{em}}} \cdot t \quad (5.21)$$

$$b_e = 0,95 \cdot \sqrt{\frac{210000}{144}} \cdot 1 = 36,2 \text{ mm}$$

$A_{D,ap1}$ hesapları yapılırken etkin genişlik hesabı ihmal edilmiştir.



Şekil 5.6 : Negatif moment taşıma kapasitesi hesabı

Negatif moment taşıma kapasitesinin hesaplanması:

$$z_1 = 120 - 15 - 6 + \frac{6}{2} - 8 = 94 \text{ mm}$$

$$z_2 = 120 - 15 - 6 + \frac{6}{2} - 8 - 5,8 = 88,2 \text{ mm}$$

$$z_3 = 120 - 15 - 6 + \frac{6}{2} - 40 = 62 \text{ mm}$$

$$z_4 = 120 - 15 - 6 + \frac{6}{2} - 52 - 20 - 6 + \frac{6}{2} = 27 \text{ mm}$$

$$M_{pl} = D_{ap} \cdot z_1 + D_b \cdot z_2 - Z_{ap} \cdot z_3 - Z_{s2} \cdot z_4 \quad (5.22)$$

$$M_{pl} = 83218,40 \cdot 94 + 197717,63 \cdot 88,2 - 117418,93 \cdot 62 - 81739,13 \cdot 27$$

$$M_{pl} = 15,77 \text{ kNm} > 8,88 \text{ kNm uygundur.}$$

Kesme dayanımı kontrolü:

d : negatif eğilme bölgesinde donatının ağırlık merkezinin döşeme altına olan uzaklığı

$$d = 120 - 15 - \frac{6}{2} = 102 \text{ mm} = 0,102 \text{ m}$$

$$k_1 = (1,6 - d) \geq 1 \quad (5.23)$$

$$k_1 = 1,6 - 0,102 = 1,498$$

B_c : birim genişlikte , içi beton dolu olukların ortalama genişliği olmak üzere

$$b_c = \left(\frac{2 \cdot 116 + 2 \cdot 32}{2} \right) \cdot \frac{1000}{307} = 482 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_c \cdot d} = \frac{188}{482 \cdot 102} = 0,0038 < 0,02 \quad (5.24)$$

$$k_2 = 1,2 + 40 \cdot \rho = 1,2 + 40 \cdot 0,0038 = 1,352 \quad (5.25)$$

$$\text{C30 betonu için } \tau_{Rd} = 0,34 \text{ N / mm}^2 = 3,4 \text{ kg / cm}^2$$

$$\tau_c = \tau_{Rd} \cdot k_1 \cdot k_2 = 0,34 \cdot 1,498 \cdot 1,352 = 0,68 \text{ N / mm}^2 \quad (5.26)$$

Tasarım kesme dayanımı:

$$R_{sd} = \gamma_G \cdot R_G + \gamma_Q \cdot R_Q \quad (5.27)$$

$$= 1,35 \times ((2,3 + 1,1) \times 2,5 \times 0,6057) + 1,5 \times (5,0 \times 2,5 \times 0,6057)$$

$$= 6,95 + 11,36 = 18,31 \text{ kN/m}$$

$$V_{V,Rd} = b_{s,ap} \cdot d_s \cdot \tau_c \quad (5.28)$$

$$V_{V,Rd} = \left(\frac{2 \cdot 116 + 2 \cdot 32}{2} \right) \cdot 100 \cdot 0,68 \cdot \frac{1000}{307} = 32781 \text{ N} = 32,7 \text{ kN} > 18,31 \text{ kN}$$

Sehim Kontrolü³⁷

Kompozit döşemenin sürekli mesnetlendiği kabulü ile çatlamış ve çatlamamış kesit atalet momentlerinin ortalaması ile sehim hesaplanacaktır.

Çatlamış Kesit:

Elastik tarafsız eksenin yeri ,

$$x = \frac{nA_p}{b} \left[\sqrt{1 + \frac{2bd_p}{nA_p}} - 1 \right] \quad (5.29)$$

$$n = \frac{E_p}{E_c} = \frac{210000}{32000} = 6,562 \quad (5.30)$$

$$x = \frac{6,562 \cdot 1304,34}{1000} \left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 1000 \cdot 91,8}{6,562 \cdot 1304,34}} - 1 \right] = 32mm$$

Çatlamış kesit atalet momenti,

$$I_{vc} = \frac{bx^3}{3n} + A_p(d_p - x)^2 + I_{ap} \quad (5.31)$$

$$I_{vc} = \frac{1000 \cdot 32^3}{3 \cdot 6,562} + 1304,34(91,8 - 32)^2 + 0,47 \cdot 10^6 = 6,8 \cdot 10^6 mm^4 / m$$

Çatlamamış Kesit:

Elastik tarafsız eksenin yeri ,

$$x_u = \frac{b \frac{h_c^2}{2} + b_c h_p d_p + nA_p d_p}{bh_c + b_c h_p + nA_p} \quad (5.32)$$

$$x_u = \frac{1000 \frac{(120 - 52)^2}{2} + 500 \cdot 52 \cdot 91,8 + 6,562 \cdot 1304,34 \cdot 91,8}{1000(120 - 52) + 500 \cdot 52 + 6,562 \cdot 1304,34} = 53,47mm$$

³⁷ Kompozit Döşemeler, Sayfa 44 (Yorgun, 2003)

Çatlamamış kesit atalet momenti,

$$I_{vu} = \frac{bh_c^3}{12n} + \frac{bh_c}{n} \left(x_u - \frac{h_c}{2}\right)^2 + \frac{b_c h_p^3}{12n} + \frac{b_c h_p}{n} \left(h_t - x_u - \frac{h_p}{2}\right)^2 + A_p (d_p - x_u)^2 + I_{ap} \quad (5.33)$$

$$I_{vu} = \frac{1000(120-52)^3}{12 \cdot 6,562} + \frac{1000 \cdot (120-52)}{6,562} \left(53,47 - \frac{(120-52)}{2}\right)^2 + \frac{500 \cdot 52^3}{12 \cdot 6,562} + \frac{500 \cdot 52}{6,562} \left(120 - 53,47 - \frac{52}{2}\right)^2 + 1304,34(91,8 - 53,47)^2 + 0,47 \cdot 10^6 = 17,7 \cdot 10^6 mm^4$$

$$I_{v,m} = (6,8 + 17,7) \cdot 10^6 / 2 = 12,25 \cdot 10^6 mm^4 / m$$

Sehim hesabı,

$$f = k \cdot \frac{q \cdot L^4}{I_{v,m}} \quad (5.34)$$

6 açıklık için k=0,305

$$f = 0,305 \cdot \frac{13,44 \cdot 2,5^4}{1225} = 0,13 cm$$

$$f_{\max} = \frac{L}{300} = \frac{250}{300} = 0,833 cm$$

$$f < f_{\max} \quad \text{uygundur}$$

Üretici firmalardan m ve k değerlerinin alınamaması dolayısıyla boyuna kayma dayanımı ve kontrolü hesapları m&k yöntemine göre hesaplanamamıştır.

6. KOMPOZİT KİRİŞ HESABI

Toplam döşeme kalınlığı: 12cm

Kompozit döşemede kullanılam malzeme özellikleri:

Beton içinde $\Phi 6/160$ ($188\text{mm}^2/\text{m}$) çelik hasır donatı mevcuttur.

Çelik Sac:ADP92050 (Atapanel veya Alfaçelik) $t=1.0\text{mm}$

$f_y=240\text{N/mm}^2$ $I_{ap}=0.47 \times 10^6 \text{ mm}^4 / \text{m}$ (tam kesit)

Beton:C30/37 $A_{ap}=1304,34 \text{ mm}^2$

Donatı: $f_{sk}=550\text{N/mm}^2$

Paspayı:1,5cm

Kullanılan kiriş:IPN 240

Kesit yüksekliği, $h_a=240 \text{ mm}$

Başlık genişliği, $b_f=106 \text{ mm}$

Başlık kalınlığı, $t_f=8,7 \text{ mm}$

Gövde kalınlığı, $t_g=13,1 \text{ mm}$

Kesit alanı, $A_a=4610\text{mm}^2$

Birim ağırlığı, $g_{kir}=362\text{N/m}$

Atalet momenti, $I_{x,a}=4250 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Mukavemet momenti, $W_{x,a}=354 \times 10^3 \text{ mm}^3$

IPN 240 flanş alanı, $A_{fl}=1466\text{mm}^2$

$\frac{1}{2}$ IPN 240 Statik momenti, $S_x=208.10^3 \text{ mm}^3$

$f_{y,k,a} = 240 \text{ N/mm}^2$

$f_{y,d,a} = \frac{240}{1,15} = 208,7 \text{ N/mm}^2$

Kayma elemanları:

M19/100 Başlıklı Bulon

Malzeme S235 J2G3 + C450

$$f_{yk,b} = 350 \text{ N/mm}^2$$

Çalışan tabla genişliği;

$$\begin{aligned} l_x &= 5000 \text{ mm} \\ b_{eff} &\leq l / 4 = 5000 / 4 = 1250 \text{ mm} \\ 16 \cdot d + b_f &= 16 \cdot 68 + 98 = 1186 \text{ mm} \end{aligned} \quad (6.1)$$

$b_{eff}=1200\text{mm}$ alınacaktır.

Sabit Yükler:

Döşeme ağırlığı $g_1=2.3 \text{ kN/m}^2$

Tesviye harcı ağırlığı $g_2=1.1 \text{ kN/m}^2$

Kiriş ağırlığı $g_{kir}=0,31\text{kN/m}$

Hareketli Yükler:

Hareketli yük $q=5,0 \text{ kN/m}^2$

Birim uzunluğa gelen yük:

$$q = (g_1 + g_2 + q) \cdot l_x + g_{kir} = 42,31 \text{ kN / m} \quad (6.2)$$

Taşıma sınır durumu:

Maksimum pozitif moment:

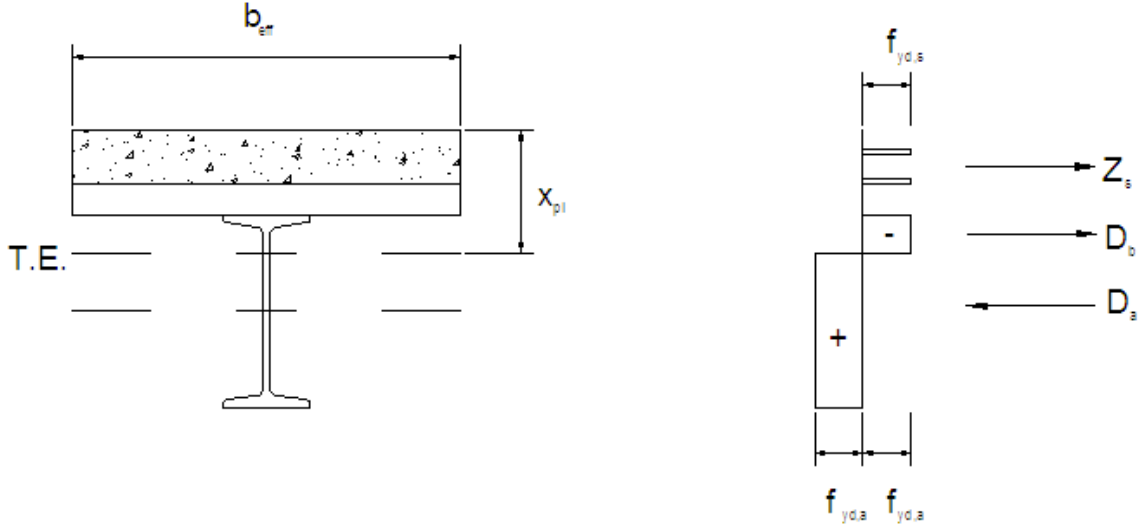
$$\begin{aligned} M_{sd}^+ &= \gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q \\ &= 1.35 \times ((2,3+1,1) \times 5,0 + 0,31) \times 5^2 \times 0.1057 + 1.5 \times ((5,0 \times 5,0) \times 5^2 \times 0.1057) \\ &= 61,75 + 99,09 = 160,84 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (6.3)$$

Maksimum negatif moment:

$$M_{sd}^- = \gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q \quad (6.4)$$

$$M_{pl} = 208,2kNm > 160,84kNm \text{ (uygundur)}$$

Negatif momentler bölgesinde eğilme hesabı



Şekil 6.2 : Kompozit kiriş – Negatif moment bölgesi

Tarafsız eksenin IPN 240'ın gövde kısmında olması ön kabülü ile başlangıç hesapları:

$$Z_s = 2 \cdot 188 \cdot 1,2 \cdot 434,78 = 196172N = 196,2kN$$

$$D_b = 1466 \cdot 208,7 + 12,2 \cdot (x_{pl} - 120 - 23,7) \cdot 208,7 = 305954 + 2546 \cdot (x_{pl} - 120 - 23,7)$$

$$D_a = 1466 \cdot 208,7 + 12,2 \cdot (192 - (x_{pl} - 120 - 23,7)) \cdot 208,7 = 305954 + 2546 \cdot (335,7 - x_{pl})$$

$$Z_s + D_b = D_a \quad (6.9)$$

$$196172 + 305954 + 2546 \cdot (x_{pl} - 120 - 23,7) = 305954 + 2546 \cdot (335,7 - x_{pl})$$

$$196172 = 2546 \cdot (479,4 - 2 \cdot x_{pl})$$

$$x_{pl} = 201mm \quad (uygundur)$$

Tarafsız eksen IPN 240 'ın gövde kısmındadır. Tarafsız eksenin alt kısmında kalan IPN240'a ait kesitin alanı ve ağırlık merkezi AutoCAD programı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A_+ = 2643mm^2, \quad \frac{z}{2} = 114mm$$

$$M_{pl} = 2643 \cdot 208,7 \cdot 2 \cdot 114 = 125763454 Nmm = 125,76 kNm > 117,16 kNm \text{ (uygundur)}$$

Sehim Kontrolü

Kompozit kiriş sisteminin ağırlık merkezi³⁸,

$$x_g = 61mm$$

Atalet momenti,

$$I_x = 449246468 mm^4$$

Sehim hesabı,

$$f = k \cdot \frac{q \cdot L^4}{I_{v,m}} \quad (6.10)$$

3 açıklık için k=0,322

$$f = 0,322 \cdot \frac{42,31 \cdot 5^4}{44924} = 0,59 cm$$

$$f_{max} = \frac{L}{300} = \frac{500}{300} = 1,66 cm$$

$$f < f_{max} \quad \text{uygundur}$$

Bulon Sayısı Hesabı

Bir bulonun taşıdığı kesme kuvveti değeri:

$$P_{Rd} = 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm} / \gamma_v} \quad (6.11)$$

$$\alpha = 0,2 \cdot [h/d + 1] \quad (6.12)$$

$$3 \leq h/d \leq 4 \quad (6.13)$$

$$\alpha = 1 \quad h/d > 4 \quad (6.14)$$

³⁸ AutoCAD programından yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$n_{bulon} = \frac{\min(F_c; F_s)}{P_{Rd}} \quad (6.15)$$

Döşeme kirişi IPN 240 olarak seçilmiştir.

$$F_s = \frac{A_s \cdot f_y}{\gamma_a} = \frac{4610 \cdot 240}{1,15} = 962086 N \quad (6.16)$$

$$F_c = \frac{0,85 \cdot A_c \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot (1200 \cdot 68) \cdot 30}{1,5} = 1387200 N \quad (6.17)$$

$$\min(F_c, F_s) = 962086 N \quad (6.18)$$

$$h / d = 100 / 19 = 5,26 > 4 \quad \alpha = 1 \quad (6.19)$$

$$P_{Rd} = 0,29 \cdot 1 \cdot 19^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 28500 / 1,5}$$

$$P_{Rd} = 86583 N$$

$$n_{bulon} = \frac{962086}{86583} = 12 \text{ adet}$$

7. KREN HESABI

Kren açıklığı = 13,75m

Kapasite = 32 ton

Tekerlek basınçları³⁹,

$$R_{1,max} = 230kN \quad R_{1,min} = 69kN$$

$$R_{2,max} = 210kN \quad R_{2,min} = 48kN \quad a = 3,74m$$

$$e = (15 - 13,75)/2 = 0,625m$$

$$a/l = 3,74/5,6 = 0,68$$

Kren düşey yükü için⁴⁰,

$$\max M_{Ix}^P = -0,178(\psi P)l = -0,178 \cdot (1,4 \cdot 230) \cdot 5,6 = -320,96kN \quad (7.1)$$

$$\max M_{Ixx}^P = -0,169(\psi P)l = -0,169 \cdot (1,4 \cdot 230) \cdot 5,6 = -304,74kN \quad (7.2)$$

$$\max M_{1x}^P = 0,194(\psi P)l = 0,194 \cdot (1,4 \cdot 230) \cdot 5,6 = 349,82kN \quad (7.3)$$

$$\max M_{2x}^P = 0,157(\psi P)l = 0,157 \cdot (1,4 \cdot 230) \cdot 5,6 = 283,10kN \quad (7.4)$$

$$\max T_{0x}^P = 1,231(\psi P) = 1,231 \cdot (1,4 \cdot 230) = 396,38kN \quad (7.5)$$

$$\max T_{1x}^P = 1,663(\psi P) = 1,663 \cdot (1,4 \cdot 230) = 535,48kN \quad (7.6)$$

$$\min T_{0x}^P = 1,231(\psi P) = 1,231 \cdot (1,4 \cdot 69) = 118,91kN \quad (7.7)$$

$$\min T_{1x}^P = 1,663(\psi P) = 1,663 \cdot (1,4 \cdot 69) = 160,64kN \quad (7.8)$$

³⁹ Çelik Yapılar, (Öztürk ,2007)

⁴⁰ Çelik Yapılar, Tablo ek.6 (Öztürk ,2007)

Kren yatay yükü (çerçeve düzlemindeki fren kuvveti) için,

$$\max P_y = \frac{1}{10} P = \frac{1}{10} \cdot 230 = 23kN \quad (7.9)$$

$$\min P_y = \frac{1}{10} R_{1\min} = \frac{1}{10} \cdot 69 = 6,9kN \quad (7.10)$$

$$\max M_{ly} = \frac{1}{10} (\max M_{lx}^P / \psi) = \frac{1}{10} (-320,96 / 1,4) = -22,92kN \quad (7.11)$$

$$\max M_{ly} = \frac{1}{10} (\max M_{lx}^P / \psi) = \frac{1}{10} (-304,74 / 1,4) = -21,76kN \quad (7.12)$$

$$\max M_{ly} = \frac{1}{10} (\max M_{lx}^P / \psi) = \frac{1}{10} (349,82 / 1,4) = 24,98kN \quad (7.13)$$

$$\max M_{2y} = \frac{1}{10} (\max M_{2x}^P / \psi) = \frac{1}{10} (283,10 / 1,4) = 20,22kN \quad (7.14)$$

$$\max T_{0y} = \frac{1}{10} (\max T_{0x}^P / \psi) = \frac{1}{10} (396,38 / 1,4) = 28,31kN \quad (7.15)$$

$$\max T_{ly} = \frac{1}{10} (\max T_{lx}^P / \psi) = \frac{1}{10} (535,48 / 1,4) = 38,24kN \quad (7.16)$$

$$\min T_{0y} = \frac{1}{10} (\min T_{0x}^P / \psi) = \frac{1}{10} (118,91 / 1,4) = 8,49kN \quad (7.17)$$

$$\min T_{ly} = \frac{1}{10} (\min T_{lx}^P / \psi) = \frac{1}{10} (160,64 / 1,4) = 11,47kN \quad (7.18)$$

Seçilen kesit=I600+A45

$$A = 280cm^2 \quad e_1 = 33,0cm \quad e_2 = 32,0cm \quad J_x = 163.200cm^4$$

$$W_{x,a} = 4.950cm^3 \quad W_{x,\bar{u}} = 5.100cm^3$$

Kren kirişi ve rayının ağırlığı = $0,0280 \cdot 78,5 = 2,198kN / m$

$$M_{lx}^g = -0,1071 \cdot (\varphi \cdot g) l^2 = -0,1071 \cdot (1,1 \cdot 2,198) \cdot 5,6^2 = -8,12kNm \quad (7.19)$$

$$M_{lx}^g = -0,0714 \cdot (\varphi \cdot g) l^2 = -0,0714 \cdot (1,1 \cdot 2,198) \cdot 5,6^2 = -5,41kNm \quad (7.20)$$

$$M_{lx}^g = 0,0772 \cdot (\varphi \cdot g) l^2 = 0,0772 \cdot (1,1 \cdot 2,198) \cdot 5,6^2 = 5,85kNm \quad (7.21)$$

$$M_{2x}^g = 0,0364 \cdot (\varphi \cdot g) l^2 = 0,0364 \cdot (1,1 \cdot 2,198) \cdot 5,6^2 = 2,76kNm \quad (7.22)$$

$$T_{0x}^g = 0,3929 \cdot (\varphi \cdot g) l = 0,3929 \cdot (1,1 \cdot 2,198) \cdot 5,6 = 5,32kN \quad (7.23)$$

$$T_{1x}^g = 1,1428 \cdot (\varphi \cdot g)l = 1,1428 \cdot (1,1 \cdot 2,198) \cdot 5,6 = 15,47kN \quad (7.24)$$

Kirişte hareketli ve sabit yüklerden gelen maksimum değerler,

$$\max M_{Ix} = \max M_{Ix}^P + M_{Ix}^g = -320,96 - 8,12 = -329,08kNm \quad (7.25)$$

$$\max M_{IIX} = \max M_{IIX}^P + M_{IIX}^g = -304,74 - 5,41 = -310,15kNm \quad (7.26)$$

$$\max M_{1x} = \max M_{1x}^P + M_{1x}^g = 349,82 + 5,85 = 355,67kNm \quad (7.27)$$

$$\max M_{2x} = \max M_{2x}^P + M_{2x}^g = 283,10 + 2,76 = 285,86kNm \quad (7.28)$$

$$\max T_{0x} = \max T_{0x}^P + T_{0x}^g = 396,38 + 5,32 = 401,70kN \quad (7.29)$$

$$\max T_{1x} = \max T_{1x}^P + T_{1x}^g = 535,48 + 15,47 = 550,95kN \quad (7.30)$$

$$\min T_{0x} = \min T_{0x}^P + T_{0x}^g = 118,91 + 5,32 = 124,23kN \quad (7.31)$$

$$\min T_{1x} = \min T_{1x}^P + T_{1x}^g = 160,64 + 15,47 = 176,11kN \quad (7.32)$$

Kesit tahkiki ve sehım kontrolü:

İlk ve son açıklık haricinde

$$\max M_{Ix} = -329,08kNm$$

Yükleme I Hali:

$$\sigma = 32908 / 4950 = 6,64kN / cm^2 < 14kN / cm^2$$

Yükleme II Hali:

$$\sigma = \frac{32908}{163200} \cdot (60 - 33) + \frac{2292}{2500} \cdot \frac{21,5}{2} = 15,30kN / cm^2 < 16kN / cm^2$$

*Sehim Kontrolü:*⁴¹

$$\delta = k \cdot \frac{P \cdot l^3}{J} = 1,158 \cdot \frac{(230 \cdot 1,4) \cdot 5,6^3}{163200} = 0,40cm \cong \frac{L}{1400} \quad (7.33)$$

⁴¹ Çelik Yapılar, Tablo ek.4 (Öztürk ,2007)

8. EŞDEĞER DEPREM YÜKÜ HESABI

Proje 1. Dereceden deprem bölgesinde ve Z2 sınıfı zemin üzerine inşa edilecektir.

Etkin yer ivme katsayısı:

$$A_0 = 0,40 \quad (8.1)$$

Spektrum karakteristik periyotları:

$$T_A = 0,15s \quad T_B = 0,40s \quad (8.2)$$

X yönü için, Etabs modelinde sistemin periyodu $T = 0,62s$ olarak bulunmuştur.

$$S(T) = 2,5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0,8} = 2,5 \left(\frac{0,40}{0,62} \right)^{0,8} = 1,76 \quad (8.3)$$

X doğrultusunda deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı düşünülerek $R=5$ olarak alınmıştır.

$$V_t = \frac{A_0 \cdot I \cdot S(T)}{R} \cdot W = \frac{0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,76}{5} \cdot W = 0,14 \cdot W \quad (8.4)$$

Y yönü için, Etabs modelinde sistemin periyodu $T = 0,29s$ olarak bulunmuştur.

Y doğrultusunda deprem yüklerinin tamamının merkezi çaprazlarla taşındığı düşünülerek $R=4$ olarak alınmıştır.

$$S(T) = 2,5 \quad T_A < T \leq T_B \quad (8.5)$$

$$V_t = \frac{A_0 \cdot I \cdot S(T)}{R} \cdot W = \frac{0,4 \cdot 1,0 \cdot 2,5}{4} \cdot W = 0,25 \cdot W \quad (8.6)$$

W hesaplanırken ölü yüklerin tamamı, hareketli yüklerin ise %30'u hesaplanmıştır.

9. YÜK KOMBİNASYONLARI

DL: Ölü yük

SDL: Kaplama ağırlıklarından gelen yük

LL: Hareketli yük

Ex: X yönündeki deprem yükü

Ey: Y yönündeki deprem yükü

Kar1: Kar yükü (1. Yükleme durumu)

Kar2: Kar yükü (2. Yükleme durumu)

R1: + basınçtan kaynaklanan rüzgar yükü

R2: - basınçtan kaynaklanan rüzgar yükü

Kren: Kren yükü

Tasarımda kullanılan yük kombinasyonları;

$$1. DL+SDL+LL \quad (9.1)$$

$$2. DL+SDL+LL+Ex \quad (9.2)$$

$$3. DL+SDL+LL+Ey \quad (9.3)$$

$$4. DL+SDL+LL+0,3Ex+Ey \quad (9.4)$$

$$5. DL+SDL+LL+Ex+0,3Ey \quad (9.5)$$

$$6. DL+SDL+LL+ Kar1 \quad (9.6)$$

$$7. DL+SDL+LL+ Kar2 \quad (9.7)$$

$$8. DL+SDL+LL+ Kar1+R1 \quad (9.8)$$

$$9. DL+SDL+LL+ Kar1+R2 \quad (9.9)$$

$$10. \text{DL} + \text{SDL} + \text{LL} + \text{Kar2} + \text{R1} \quad (9.10)$$

$$11. \text{DL} + \text{SDL} + \text{LL} + \text{Kar2} + \text{R2} \quad (9.11)$$

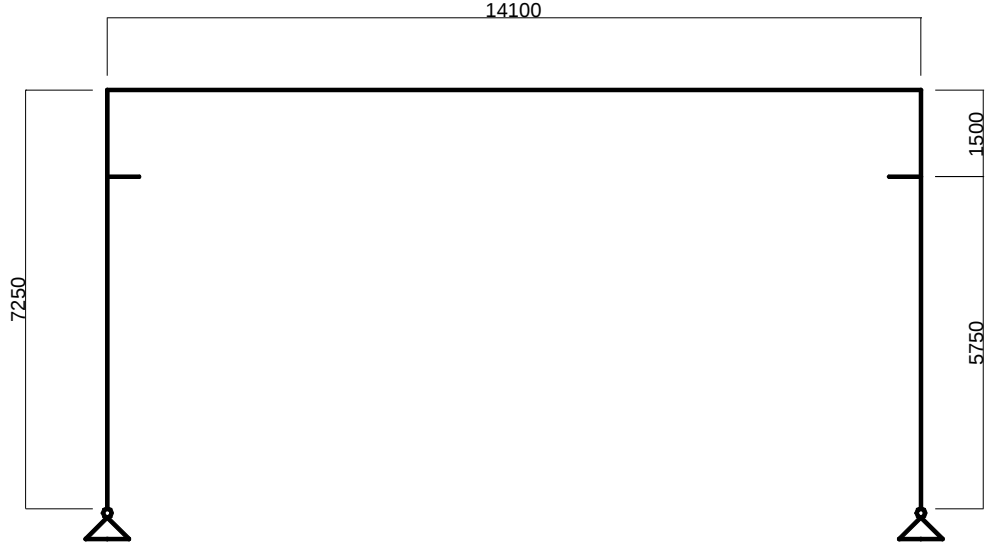
$$12. \text{DL} + \text{SDL} + \text{LL} + \text{Kren} \quad (9.12)$$

$$13. \text{DL} + \text{SDL} + \text{LL} + \text{Kren} + \text{Kar1} \quad (9.13)$$

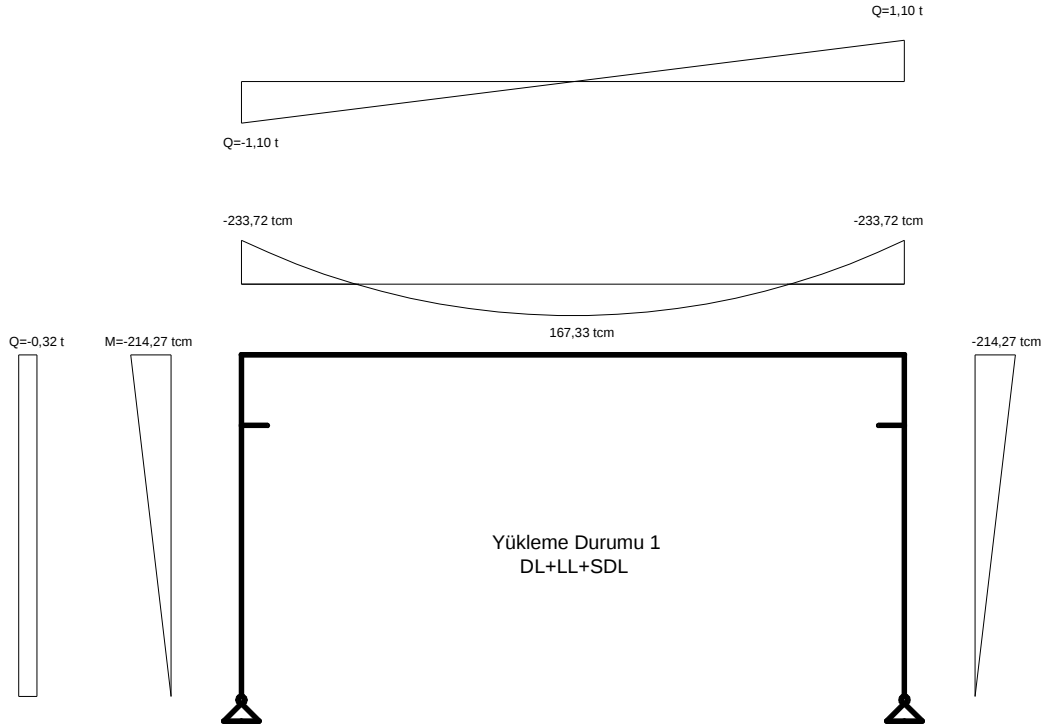
$$14. \text{DL} + \text{SDL} + \text{LL} + \text{Kren} + \text{Kar1} + \text{R1} \quad (9.14)$$

$$15. \text{DL} + \text{SDL} + \text{LL} + \text{Kren} + \text{Kar1} + \text{R2} \quad (9.15)$$

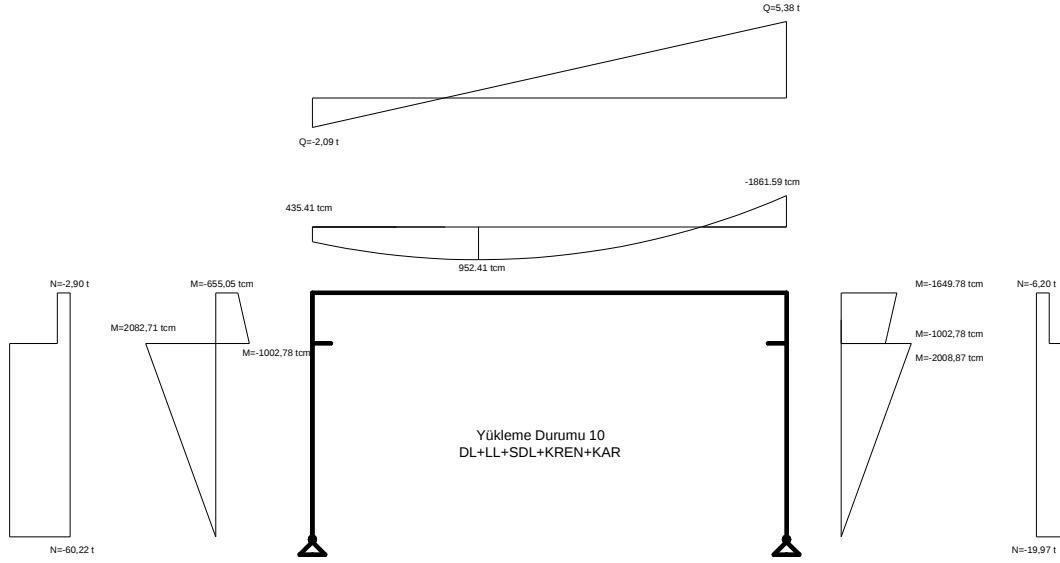
10. YAPMA PROFİL HESABI



Şekil 10.1 : Üretim binası çerçeve ölçüleri



Şekil 10.2 : Yükleme 1 durumu için yük diyagramları



Şekil 10.3 : Yükleme 10 durumu için yük diyagramları

Kesit tasarımı yapılırken Yükleme Durumu 10 yükleri esas alınmıştır.

10.1 Kiriş Hesabı

Kirişte mesnet bölgesi için talep olunan mukavemet momenti;

$$\sigma_{em} = \frac{M_{\max}}{W} \Rightarrow W = \frac{M_{\max}}{\sigma_{em}} = \frac{1861,59 \text{ tcm}}{1,44 \text{ t/cm}^2} = 1292,77 \text{ cm}^3 \quad (10.1)$$

Kiriş orta bölgesi için talep olunan mukavemet momenti;

$$\sigma_{em} = \frac{M_{\max}}{W} \Rightarrow W = \frac{M_{\max}}{\sigma_{em}} = \frac{952,41 \text{ tcm}}{1,44 \text{ t/cm}^2} = 661,39 \text{ cm}^3 \quad (10.2)$$

Hesaplanan mukavemet momentlerine göre

Kiriş orta kısım için;

$$h_{\min} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{W_x}{t_g}} \quad (10.3)$$

$$h_{\min} = 1,2 \cdot \sqrt{\frac{1292,77}{1,0}} = 43,14 \text{ cm}$$

$h=600 \text{ mm}$, $t_g=10 \text{ mm}$, $t_b=12 \text{ mm}$ olarak seçilmiştir.

Kiriş en kesitinin atalet momenti en kesit başlığı ve gövdesi alanlarının ayrı ayrı giriş tarafsız eksenine göre hesaplanmış atalet momentlerinin toplamıdır.

$$I_T = I_{\text{flanş}} + I_{\text{gövde}} \quad (10.4)$$

$$I_{\text{gövde}} = \frac{t_g \cdot h_g^3}{12} = \frac{1 \cdot 58^3}{12} = 16259,33 \text{ cm}^4 \quad (10.5)$$

$$I_T = W \cdot h / 2 = 661,39 \cdot 60 / 2 = 19841,7 \text{ cm}^4 \quad (10.6)$$

$$I_{\text{flanş}} = 19841,7 - 16259,33 = 3582,37 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{flanş}} = \frac{A_{\text{flanş}} \cdot (h - t_b)^2}{2} \Rightarrow A_{\text{flanş}} = \frac{2 \cdot I_{\text{flanş}}}{(h - t_b)^2} = \frac{2 \cdot 3582,37}{(60 - 1,2)^2} = 2,07 \text{ cm}^2 \quad (10.7)$$

$$A_{\text{flanş}} = b_{\text{flanş}} \cdot t_f \Rightarrow b_{\text{flanş}} = 1,72 \text{ cm} \quad (10.8)$$

Flanş eninin kabulünde aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır.

$$b_{\text{flanş}} = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{5}\right)h \quad (10.9)$$

$$b_{\text{flanş}} = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{5}\right)60 = 30 \sim 12 \text{ cm} \quad (10.10)$$

$$\frac{b_{\text{flanş}} - t_g}{2 \cdot t_b} \leq 0,5 \sqrt{\frac{E}{\sigma_a}} \quad (10.11)$$

$$\frac{16 - 1,0}{2 \cdot 1,2} = 6,25 \leq 0,5 \sqrt{\frac{2100}{24}} = 9,35 \quad \text{uygundur.}$$

$$\frac{h}{t_g} \leq \frac{950}{\sqrt{\sigma_a \cdot (\sigma_a \cdot 1,2)}} \Rightarrow \frac{60}{1,0} = 60 < \frac{950}{\sqrt{2,4 \cdot (2,4 + 1,2)}} = 323,19 \quad (10.12)$$

$$\frac{b_{\text{flanş}}}{t_b} \leq \frac{25}{\sqrt{\sigma_a}} \Rightarrow \frac{16}{1,2} = 13,33 < \frac{25}{\sqrt{2,4}} = 16,13 \quad (10.13)$$

$b_{\text{flanş}} = 16 \text{ cm}$ olarak seçilmiştir.

Seçilen kesit özellikleri;

$h=600\text{ mm}$, $t_g=10\text{mm}$, $t_b=12\text{mm}$, $b_{\text{flanş}}=160\text{mm}$

$W_x=1582,96\text{ cm}^3$ $I_x=47805\text{ cm}^4$

$W_y=90,64\text{ cm}^3$ $I_y=679,83\text{ cm}^4$

$A=113,4\text{ cm}^2$

Etabs'dan alınan veriler neticesinde;

$\delta = 9,37\text{mm}$

$\frac{L}{250} = \frac{1410}{250} = 5,64\text{cm}$ $9,37\text{mm} < 5,64\text{cm}$ uygundur.

Kiriş orta mesnet bölgesi için;

$h=800\text{ mm}$, $t_g=10\text{mm}$, $t_b=12\text{mm}$ olarak seçilmiştir.

Kiriş en kesitinin atalet momenti en kesit başlığı ve gövdesi alanlarının ayrı ayrı kiriş tarafsız eksenine göre hesaplanmış atalet momentlerinin toplamıdır.

$$I_T = I_{\text{flanş}} + I_{\text{gövde}} \quad (10.14)$$

$$I_{\text{gövde}} = \frac{t_g \cdot h_g^3}{12} = \frac{1 \cdot 78^3}{12} = 39546\text{ cm}^4 \quad (10.15)$$

$$I_T = W \cdot h / 2 = 1292,77 \cdot 80 / 2 = 51710,8\text{ cm}^4 \quad (10.16)$$

$$I_{\text{flanş}} = 51710,8 - 39546 = 12164,8\text{ cm}^4$$

$$I_{\text{flanş}} = \frac{A_{\text{flanş}} \cdot (h - t_b)^2}{2} \Rightarrow A_{\text{flanş}} = \frac{2 \cdot I_{\text{flanş}}}{(h - t_b)^2} = \frac{2 \cdot 12164,8}{(80 - 1,2)^2} = 3,91\text{ cm}^2 \quad (10.17)$$

$$A_{\text{flanş}} = b_{\text{flanş}} \cdot t_f \Rightarrow b_{\text{flanş}} = 3,25\text{ cm} \quad (10.18)$$

Flanş eninin kabulünde aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır.

$$b_{\text{flanş}} = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{5}\right)h \quad (10.19)$$

$$b_{\text{flanş}} = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{5}\right)80 = 40 \sim 16\text{ cm} \quad (10.20)$$

$$\frac{b_{\text{flanş}} - t_g}{2 \cdot t_b} \leq 0,5 \sqrt{\frac{E}{\sigma_a}} \quad (10.21)$$

$$\frac{16-1}{2 \cdot 1,2} = 6,25 \leq 0,5 \sqrt{\frac{2100}{24}} = 9,35 \quad \text{uygundur.}$$

$$\frac{h}{t_g} \leq \frac{950}{\sqrt{\sigma_a \cdot (\sigma_a \cdot 1,2)}} \Rightarrow \frac{80}{1,0} = 80 < \frac{950}{\sqrt{2,4 \cdot (2,4 + 1,2)}} = 323,19 \quad (10.22)$$

$$\frac{b_{\text{flanş}}}{t_b} \leq \frac{25}{\sqrt{\sigma_a}} \Rightarrow \frac{16}{1,2} = 13,33 < \frac{25}{\sqrt{2,4}} = 16,13 \quad (10.23)$$

$b_{\text{flanş}} = 16 \text{ cm}$ olarak seçilmiştir.

Seçilen kesit özellikleri;

$h=800 \text{ mm}$, $t_g=10 \text{ mm}$, $t_b=12 \text{ mm}$, $b_{\text{flanş}}=160 \text{ mm}$

$W_x=2388,16 \text{ cm}^3$ $I_x=96004 \text{ cm}^4$

$W_y=90,86 \text{ cm}^3$ $I_y=681,5 \text{ cm}^4$

$A=93,6 \text{ cm}^2$

Yanal Burkulma Tahkiki:

Basınç başlığının F_g enkesit alanı olarak, başlık enkesit alanı ile gövde enkesit alanının 1/5'inin toplamı alınır. F_g enkesit alanının (y-y) eksenine göre atalet momenti I_y , atalet yarıçapı da

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{F_g}} \quad (10.24)$$

dir.

$$F_g = 1,2 \cdot 16 + 1,0 \cdot \frac{57,6}{5} = 30,72 \text{ cm}^2$$

$$I_y = (h/2 - t_{\text{flanş}}/2)^2 \cdot t_{\text{flanş}} \cdot b_b + \frac{t_g \cdot h_{1/5}^3}{12} + (h/2 - t_{\text{flanş}} - h_{1/5}/2)^2 \cdot t_g \cdot h_{1/5} \quad (10.25)$$

$$I_y = 1659,57 + 127,40 + 6115,29 = 7902,26 \text{ cm}^4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{7902,26}{30,72}} = 16,03 \text{ cm}$$

Yapma kiriş L/3 noktalarında yatayda tutulmuştur.

Kirişin basınç başlığının ara uzaklıkları c olan noktalarda yanal harekete karşı tutulmuş olması dolayısıyla

$$L = 1410 \text{ cm} \Rightarrow c = \frac{L}{3} = \frac{1410}{3} = 470 \text{ cm}$$

$$i_y \geq \frac{c}{40} \quad i_y = 16,03 \geq \frac{470}{40} = 11,75$$

yanal burkulma emniyetinin tahkikinden vazgeçilmiştir.

$$\begin{aligned} C_b &= 1,75 + 1,05 \cdot (M_1 / M_2) + 0,3 \cdot (M_1 / M_2)^2 \\ &= 1,75 - 1,05 \cdot 0,23 + 0,3 \cdot 0,23^2 = 1,52 \\ &\Rightarrow \sqrt{\frac{30000000 \cdot C_b}{2400}} = 137,84 \end{aligned} \quad (10.26)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{1/12 \cdot t_f \cdot b_f^3}{t_f \cdot b_f + \frac{1}{6} \cdot t_w \cdot (d - 2t_f)}} = 14,2 \text{ cm} \quad (10.27)$$

Basınç başlığının dönmeye ve yanal harekete karşı tutulmuş olduğu enkesitler arasındaki uzaklığın s=500cm olması halinde;

$$\frac{s}{i_y} = \frac{500}{16,03} = 31,19$$

$$\frac{s}{i_y} = 31,19 \leq \sqrt{\frac{3 \cdot 10^7 \cdot C_b}{\sigma_a}} = 137,84 \quad \text{olduğundan}$$

$$\begin{aligned} \sigma_B &= \left[\frac{2}{3} - \frac{\sigma_a (s/i_y)^2}{9 \cdot 10^7 \cdot C_b} \right] \cdot \sigma_a \\ &= \left[0,67 - \frac{2400 \cdot 31,19^2}{9 \cdot 10^7 \cdot 1,52} \right] \cdot \sigma_a = 0,59 \cdot \sigma_a < 0,60 \cdot \sigma_a \text{ uygundur.} \end{aligned} \quad (10.28)$$

10.2 Kolon Hesabı

Kolon için aşağıdaki kesit değerleri seçilmiştir.

$$d_{\text{üst}}=800\text{mm} , d_{\text{alt}}=450\text{mm} , t_g=15\text{mm} , t_{\text{flanş}}=15\text{mm} , b_b=300\text{mm} , A_{\text{üst}}=205,50 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{alt}}=153 \text{ cm}^2 \quad I_{\text{alt}}=51854\text{cm}^4 , I_{\text{üst}}=195734\text{cm}^4 , W_{\text{üst}}=4893,35\text{cm}^3$$

Enkesit alanları sabit veya sabit kabul edilebilen basınç çubukları, TS 648 (1997)'ye göre,

$$I = c \cdot \max I \quad (10.29)$$

$$v = \sqrt{\frac{\min I}{\max I}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{51854}{195734}} = 0,514 \quad (10.30)$$

TS648 (1997) Çizelge 9'a göre;

$$S_1=1000\text{mm} , S=7250\text{mm} \quad S_1<0.5S \quad \text{ve}$$

$$0,1 \leq v \leq 1,0 \quad (10.31)$$

olduğundan

$$\frac{S_1}{S} = 0,138$$

$$C = \left[(0,08 + 0,92v) + \left(\frac{S_1}{S} \right)^2 \cdot (0,32 + 4 \cdot \sqrt{v} - 4,32 \cdot v) \right] = 0,5713 \quad (10.32)$$

$$I = c \cdot \max I = 0,5713 \cdot 195734 = 111822\text{cm}^4 \quad (10.33)$$

$$A = \frac{\max A + \min A}{2} = \frac{205,50 + 153}{2} = 179,25\text{cm}^2 \quad (10.34)$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{111822}{179,25}} = 24,97\text{cm} \quad (10.35)$$

$$\lambda = \frac{S}{i} = \frac{725}{24,97} = 29,03 \Rightarrow w = 1,13 \quad (10.36)$$

$$w \cdot \frac{F}{A} + 0,9 \cdot \frac{M}{W_d} \leq \sigma_{em} \quad (10.37)$$

Kolon giriş birleşim bölgesi için talep olunan mukavemet momenti;

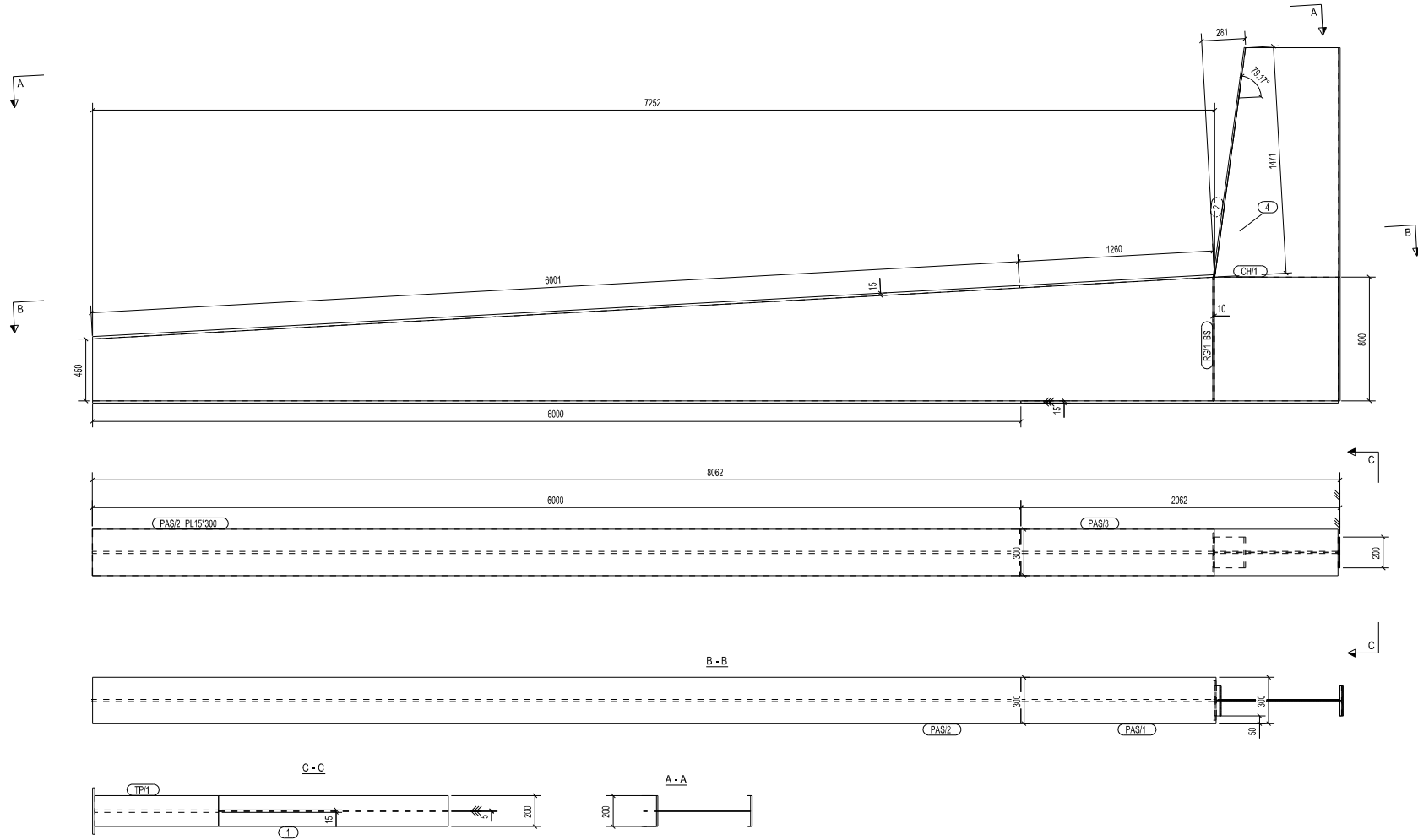
$$1,13 \cdot \frac{60,22}{205,50} + 0,9 \cdot \frac{2082,71}{W_d} \leq 1,44$$

$$W = 1690.41\text{cm}^3 < 4893,35\text{cm}^3 \quad \text{seçilen kesit uygundur.}$$

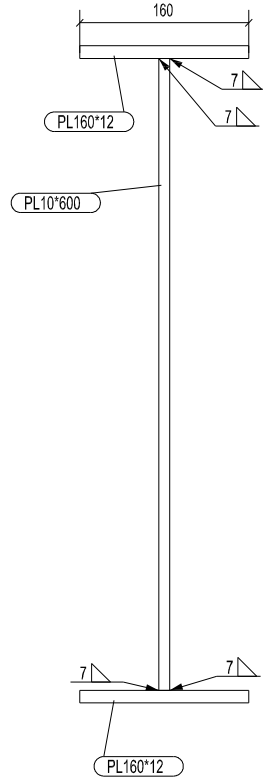
Kolon taban bölgesi için;

$$1,13 \cdot \frac{60,22}{153} = 0,44 \leq 1,44$$

seçilen kesit uygundur.



Şekil 10.4 : Üretim binası kolon çizimi



Şekil 10.5 : Kolon kesit çizimi

11. BİRLEŞİM HESAPLARI

11.1 İki Katlı Otopark Birleşim Hesapları

11.1.1 Kolon-kiriş birleşimi

Konstrüktif Bilgiler:

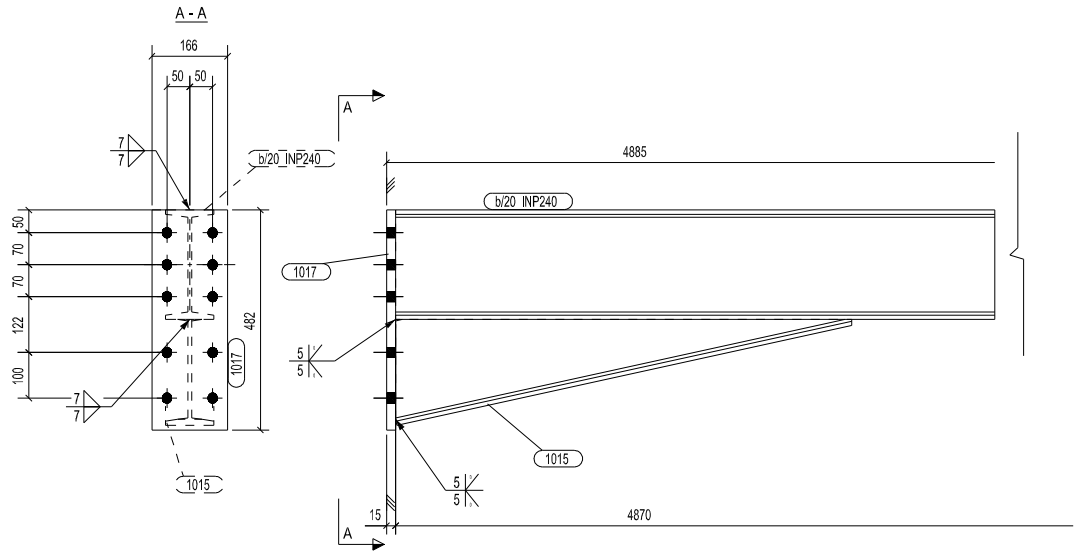
Kolon :HEA 240

Kiriş :IPN 240

Kirişten kolona aktarılan yükler;

$M = 602,94 tcm$

$Q = 5,94 ton$



Şekil 11.1 : İki katlı otopark kolon-kiriş birleşimi

Alın levhası üzerindeki civataların tahkiki:

Seçilen civatalar M20x65 dir.

Ortada bulunan civatalara momentten herhangi bir tesir gelmeyeceğinden,

$$H = \frac{M}{4 \cdot d} = \frac{602,94}{4 \cdot 27,7} = 5,44t \quad (11.1)$$

$$V = \frac{Q}{n} = \frac{5,94}{10} = 0,594t \quad (11.2)$$

$$R = \sqrt{H^2 + V^2} = \sqrt{5,44^2 + 0,594^2} = 5,47t \quad (11.3)$$

$$\sigma_l = \frac{R}{d_1 \cdot t_{\min}} = \frac{5,47}{2,1 \cdot 0,87} = 2,99 < 3,2t / cm^2 \quad (11.4)$$

$$\tau = \frac{R}{m \cdot \pi \cdot d_1^2 / 4} = \frac{5,47}{1 \cdot \pi \cdot 2,1^2 / 4} = 1,58 < 1,6t / cm^2$$

IPN 240'ın alın levhasının tahkiki;

$$\sigma = \frac{602,94}{354 + \left(\frac{0,87 \cdot 21^3}{12} + 10,6 \cdot 1,31 \cdot \left(12 + 21 + \frac{1,31}{2} \right)^2 \right) / (45/2)} = 0,56t / cm^2 < 1,44t / cm^2$$

Alın levhasına ait kaynak kontrolü;

$$L_{kaynak, gövde} = 2 \cdot L_{govde} \cdot t_{kaynak} = 2 \cdot 52,73 \cdot 0,7 = 73,82cm^2 \quad (11.5)$$

$$L_{kaynak, flanş} = L_{flanş} \cdot t_{kaynak} = 22,30 \cdot 0,7 = 15,61cm^2 \quad (11.6)$$

$$F = \frac{M}{d} = \frac{602,94}{43,94} = 13,72t \quad \frac{13,72}{15,61} = 0,88t / cm^2 < 1,1t / cm^2 \quad \text{uygundur.}$$

$$\tau_k = \frac{5,94}{73,82} = 0,08t / cm^2 < 0,75t / cm^2 \quad \text{uygundur.}$$

11.1.2 Kiriş-kiriş birleşimi

Konstrüktif Bilgiler:

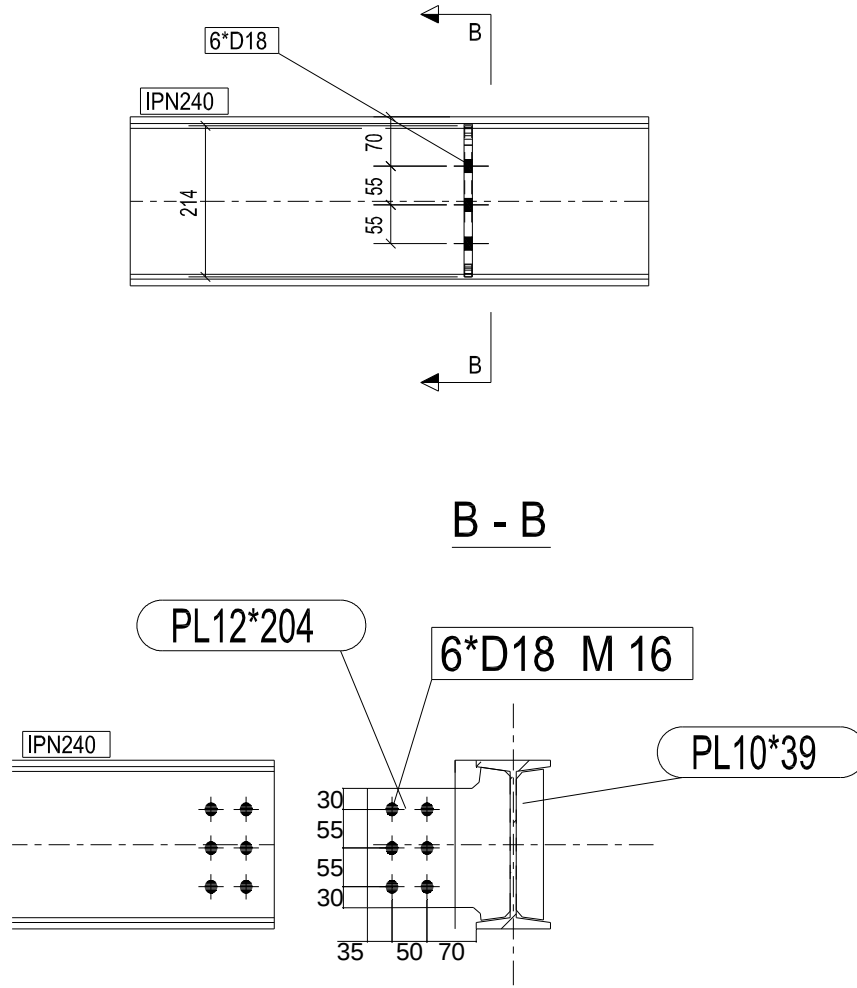
Kolon :IPN 240

Kiriş :IPN 240

Kirişten kirişe aktarılan yükler;

$$M = 0tcm$$

$$Q = 5,25ton$$



Şekil 11.2 : İki Katlı Otopark kiriş-kiriş birleşimi

Seçilen civatalar M16x60 dır.

IPN 240 gövdesindeki civataların tahkiki:

$$M = Q \cdot x = 5,25 \cdot (50/2 + 70 + 48,65)/10 = 75,41 tcm \quad (11.7)$$

Ortada bulunan civatalara momentten herhangi bir tesir gelmeyeceğinden,

$$H = \frac{M}{2 \cdot 2d} = \frac{75,41}{4 \cdot 5,5} = 3,425 t \quad (11.8)$$

$$V = \frac{Q}{n} = \frac{5,25}{6} = 0,875 t \quad (11.9)$$

$$R = \sqrt{H^2 + V^2} = \sqrt{3,425^2 + 0,875^2} = 3,53 t \quad (11.10)$$

$$\sigma_l = \frac{R}{d_1 \cdot t_{\min}} = \frac{3,53}{1,7 \cdot 0,87} = 2,38 < 3,2t / cm^2 \quad (11.11)$$

$$\tau = \frac{R}{m \cdot \pi \cdot d_1^2 / 4} = \frac{3,53}{1 \cdot \pi \cdot 1,7^2 / 4} = 1,55 < 1,6t / cm^2$$

IPN 240 içerisinde kaynatılacak olan birleşim levhasını kaynak kontrolü;

$$L_{kaynak, gövde} = 2 \cdot L_{govde} \cdot t_{kaynak} = 2 \cdot 9,62 \cdot 0,6 = 11,54cm^2 \quad (11.12)$$

$$L_{kaynak, flanş} = 2 \cdot L_{flanş} \cdot t_{kaynak} = 2 \cdot 3,7 \cdot 0,6 = 4,44cm^2 \quad (11.13)$$

$$F = \frac{M}{d} = \frac{75,41}{21,48} = 3,51t \quad \frac{3,51}{4,44} = 0,79t / cm^2 < 1,1t / cm^2 \quad \text{uygundur.}$$

$$\tau_k = \frac{5,25}{11,54} = 0,45t / cm^2 < 0,75t / cm^2 \quad \text{uygundur.}$$

11.2 İdari Bina Birleşim Hesapları

11.2.1 Kolon-kiriş birleşimi

1. Kat A-5 aks kesişimlerinde bulunan kolon- kiriş bağlantısına ait

Konstrüktif bilgiler:

Kolon :HEA 260

Kiriş :IPN 240

Kirişten kolona aktarılan yükler;

$$M = 453,12tcm$$

$$Q = 3,83ton$$

$$F = \frac{M}{d} = \frac{453,12}{24} = 18,88t \quad \frac{18,88}{20,07} = 0,94t/cm^2 < 1,1t/cm^2 \quad \text{uygundur.}$$

$$\tau_k = \frac{3,83}{29,05} = 0,13t/cm^2 < 0,75t/cm^2 \quad \text{uygundur.}$$

11.2.2 Kiriş-kiriş birleşimi

2. Kat A1-5 aks kesişimlerinde bulunan kolon- kiriş bağlantısına ait

Konstrüktif Bilgiler:

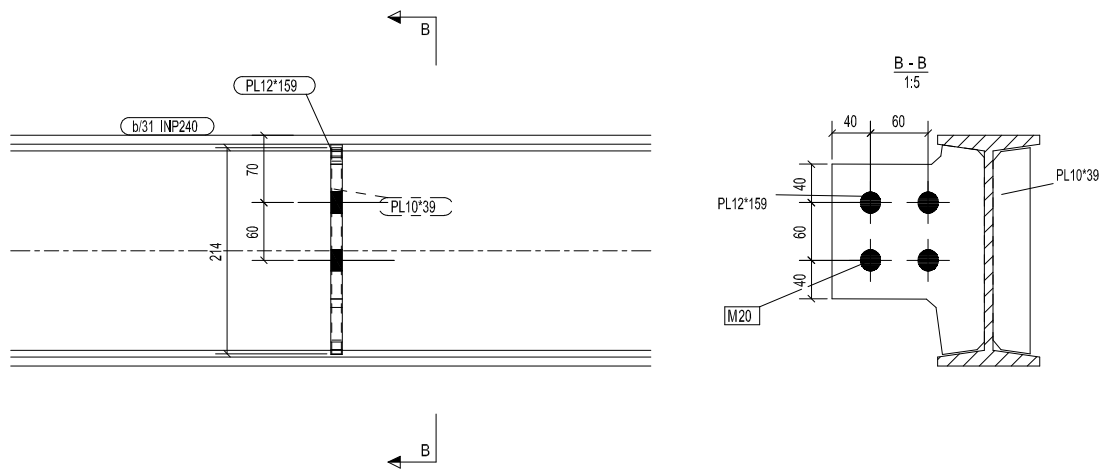
Kiriş :IPN 240

Kiriş :IPN 200

Kirişten kirişe aktarılan yükler;

$$M = 0 tcm$$

$$Q = 1,78 ton$$



Şekil 11.4 : İdari bina kiriş-kiriş birleşimi

Seçilen civatalar M16x60 dır.

IPN 240 gövdesindeki civataların tahkiki:

$$M = Q \cdot x = 1,78 \cdot (60/2 + 63)/10 = 16,55 tcm$$

Ortada bulunan civatalara momentten herhangi bir tesir gelmeyeceğinden,

$$H = \frac{M}{2 \cdot d} = \frac{16,55}{2 \cdot 6} = 1,38t \quad V = \frac{Q}{n} = \frac{1,78}{4} = 0,445t$$

$$R = \sqrt{H^2 + V^2} = \sqrt{1,38^2 + 0,445^2} = 1,45t$$

$$\sigma_l = \frac{R}{d_1 \cdot t_{\min}} = \frac{1,45}{1,7 \cdot 0,87} = 1,00 < 3,2t / cm^2$$

$$\tau = \frac{R}{m \cdot \pi \cdot d_1^2 / 4} = \frac{1,45}{1 \cdot \pi \cdot 1,7^2 / 4} = 0,64 < 1,6t / cm^2$$

IPN 240 içerisinde kaynatılacak olan birleşim levhasını kaynak kontrolü;

$$L_{kaynak, gövde} = 2 \cdot L_{govde} \cdot t_{kaynak} = 2 \cdot 9,62 \cdot 0,6 = 11,54cm^2$$

$$L_{kaynak, flanş} = 2 \cdot L_{flanş} \cdot t_{kaynak} = 2 \cdot 3,7 \cdot 0,6 = 4,44cm^2$$

$$F = \frac{M}{d} = \frac{16,55}{21,48} = 0,77t \quad \frac{0,77}{4,44} = 0,17t / cm^2 < 1,1t / cm^2 \quad \text{uygundur.}$$

$$\tau_k = \frac{1,78}{11,54} = 0,16t / cm^2 < 0,75t / cm^2 \quad \text{uygundur.}$$

11.3 Üretim Binası Birleşim Hesapları

11.3.1 Kolon-kiriş birleşimi

Konstrüktif bilgiler:

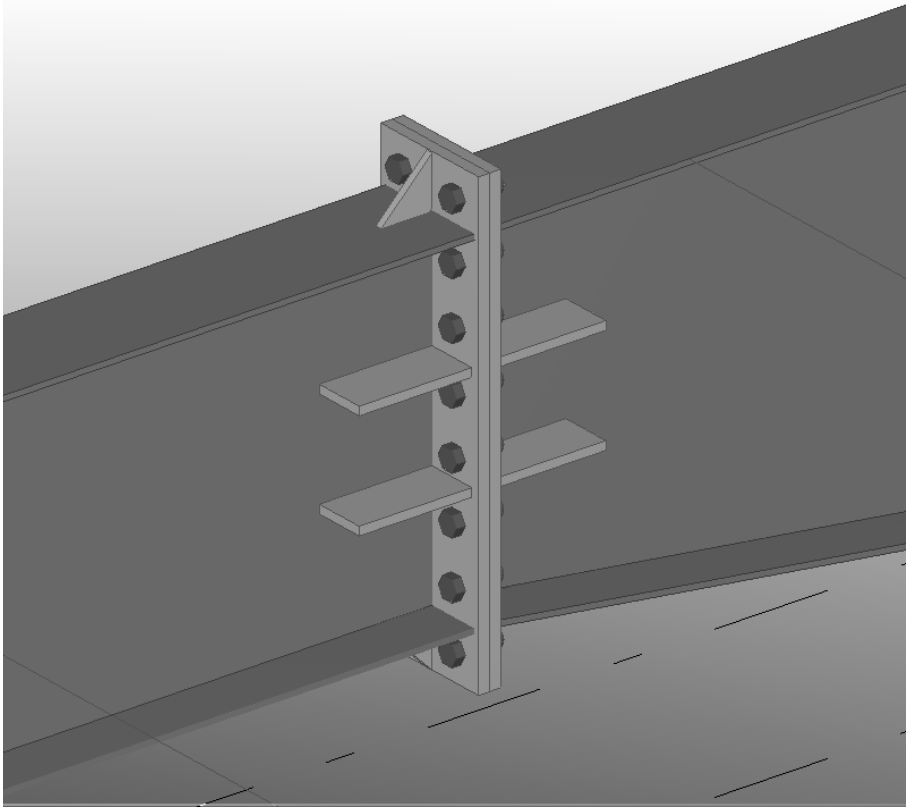
Kiriş :HI 600x10x160x12

Kiriş :HI 600-800x10x160x12

Kirişten kirişe aktarılan yükler;

$$M = 1010,93tcm$$

$$Q = 4,03ton$$



Şekil 11.5 : Üretim binası kolon-kiriş birleşimi -1

Kiriş alın levhası kontrolü:

$$\tau_k = \frac{Q}{A_{k,g}} = \frac{4,03}{2 \cdot 57,6 \cdot 0,8} = 0,04t/cm^2 < 0,75t/cm^2 \quad (11.14)$$

$$A_{k,flaş} = 0,8 \cdot 39,6 + 0,7 \cdot 21,2 = 46,52cm^2$$

$$F = \frac{M}{h} = \frac{1010,93}{60} = 16,84t \quad (11.15)$$

$$\sigma_k = \frac{F}{A} = \frac{16,84}{46,52} = 0,37t/cm^2 < 0,75t/cm^2 \quad (11.16)$$

Bağlantı civatalarının tahkiki:

Seçilen civatalar M22x70 dir.

Ortada bulunan civatalara momentten herhangi bir tesir gelmeyeceğinden üst ve alt kısımda bulunan 6lı civata gruplarının momenti taşıyacağı düşünülürse,

$$H = \frac{M}{6 \cdot d} = \frac{1010,93}{6 \cdot 50,1} = 3,36t \quad V = \frac{Q}{n} = \frac{4,03}{16} = 0,25t$$

$$R = \sqrt{H^2 + V^2} = \sqrt{3,36^2 + 0,25^2} = 3,37t$$

$$\sigma_l = \frac{R}{d_1 \cdot t_{\min}} = \frac{3,37}{2,3 \cdot 1,5} = 0,97 < 3,2t / cm^2$$

$$\tau = \frac{R}{m \cdot \pi \cdot d_1^2 / 4} = \frac{3,37}{1 \cdot \pi \cdot 2,3^2 / 4} = 0,81 < 1,6t / cm^2$$

11.3.2 Kiriş-aşık birleşimi

Konstrüktif Bilgiler:

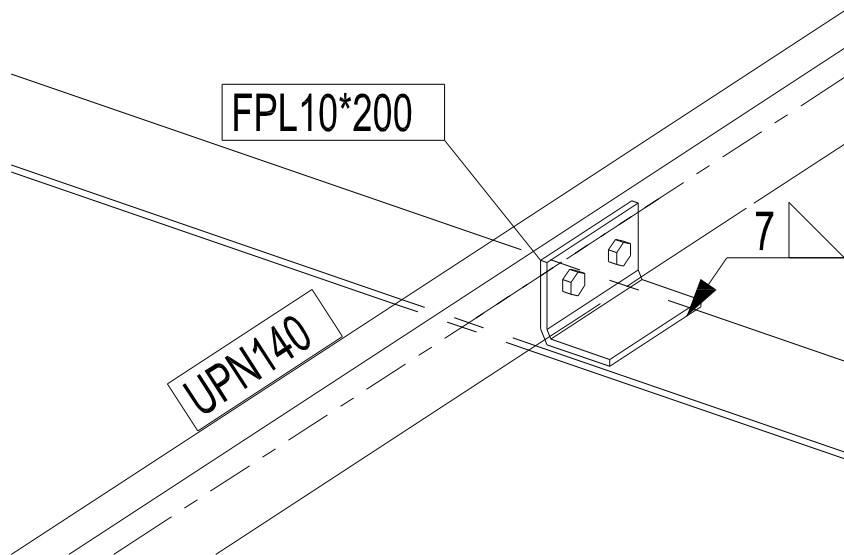
Kiriş :HI 600x10x160x12

Aşık :UPN 140

Aşıktan kirişe aktarılan yükler;

$M = 0 \text{ tcm}$

$Q = 0,45 \text{ ton}$



Şekil 11.7 : Üretim binası kiriş-aşık birleşimi

Çatı eğiminin olmaması dolayısıyla aşık bağlantılarını yapan civatalar sadece kesme kuvvetine maruzlardır.

Seçilen civatalar M16x60 dır.

$$\tau = \frac{Q}{m \cdot \pi \cdot d_1^2 / 4} = \frac{0,45}{1 \cdot \pi \cdot 1,7^2 / 4} = 0,20 < 1,6 \text{ t/cm}^2 \quad (11.17)$$

11.3.3 Kolon ayak detayı

Konstrüktif Bilgiler:

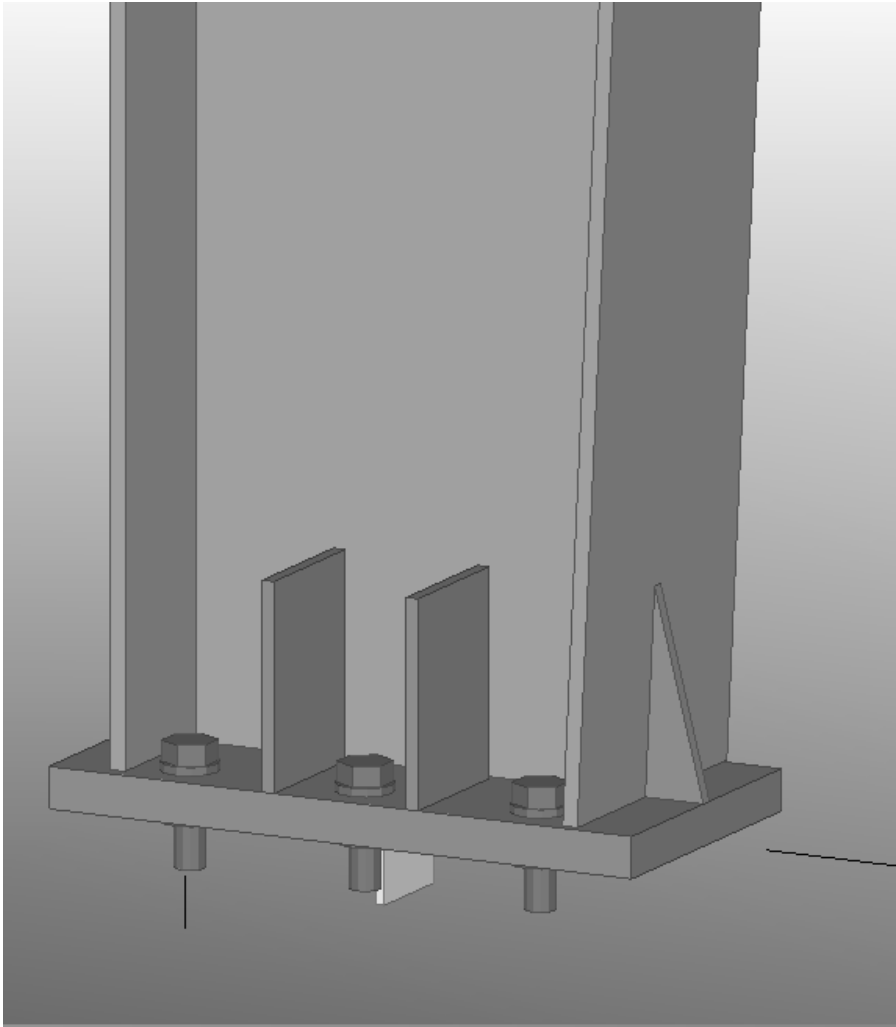
Profil :HI 450x10x160x12

Yükler;

$M = 0 \text{ tcm}$

$N = 59,49 \text{ t}$

$Q = 3,67 \text{ t}$



Şekil 11.8 : Üretim binası kolon ayak detayı -1

Ayak levhasındaki kaynak dikişleri;

$$P_g = N \frac{A_{göv}}{A} = N \frac{s(h-2t)}{A} = 59,49 \frac{1 \cdot 42,6}{81} = 31,28t \quad (11.18)$$

$$l_{kg} = 2 \cdot (42,6 - 2 \cdot 0,8) = 82cm \quad (11.19)$$

$$A_{kg} = 82 \cdot 0,8 = 65,6cm^2 \quad (11.20)$$

Kolonun alt ucu işlenmiş olduğu için, TS648 (1980) 3.8.3'e göre bu kaynak dikişleri, kendilerine gelen kuvvetin dörtte birine göre hesaplanabilirler.

$$\sigma_k = \frac{P_g / 4}{A_{kg}} = \frac{31,28 / 4}{65,6} = 0,12t / cm^2 < 1,1t / cm^2 \quad (11.21)$$

Bir başlık için:

$$P_b = \frac{59,49 - 31,28}{2} = 14,10t \quad (11.22)$$

$$l_{kb} = 2 \cdot (b + t) - s - 2a = 2 \cdot (16 + 1,2) - 1,0 - 2 \cdot 0,9 = 31,6cm \quad (11.23)$$

$$A_{kb} = 31,6 \cdot 0,9 = 28,44cm^2 \quad (11.24)$$

$$\sigma_k = \frac{14,10 / 4}{28,44} = 0,12t / cm^2 < 1,1t / cm^2 \quad (11.25)$$

Beton basıncı:

$$p = \frac{P}{BL} = \frac{59,49}{60 \cdot 40} = 0,025t / cm^2 \quad (11.26)$$

Ayak levhası kalınlığı:

x doğrultusunda:

$$n = 1/2 \cdot (40 - 30) = 5cm \quad (11.27)$$

$$M_{xk} = \frac{P}{B} \cdot \frac{n^2}{2} = \frac{59,49}{40} \cdot \frac{5^2}{2} = 18,59tcm \quad (11.28)$$

$$M_{xo} = \frac{P \cdot B}{8} - P_b \frac{b}{4} = \frac{59,49 \cdot 40}{8} - 14,10 \cdot \frac{30}{4} = 191,70tcm \quad (11.29)$$

$$\max M_x \leq \sigma_{em} \cdot W_x \quad (11.30)$$

$$W_x \geq 191,70 / 1,44 = 133,12cm^3$$

$$W_x = \frac{L \cdot t_l^2}{6} \quad t_l \geq \sqrt{\frac{6W_x}{L}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 133,12}{60}} = 3,64cm \quad (11.31)$$

y doğrultusunda:

$$m = \frac{1}{2} \cdot [60 - (45 - 1,2)] = 6,9cm \quad (11.32)$$

$$M_{yk} = \frac{P}{L} \cdot \frac{m^2}{2} = \frac{59,49}{60} \cdot \frac{6,9^2}{2} = 23,60tcm \quad (11.33)$$

$$M_{yo} = \frac{PL}{8} - \frac{h-t}{2} \cdot \left(P_b + \frac{P_g}{4} \right) \quad (11.34)$$

$$= \frac{59,49 \cdot 60}{8} - \frac{45-1,2}{2} \cdot \left(14,10 + \frac{31,28}{4} \right) = -33,87tcm$$

$$\max M_y \leq \sigma_{em} \cdot W_y \quad (11.35)$$

$$W_y \geq 33,87 / 1,44 = 25,52cm^3$$

$$W_x = \frac{B \cdot t_l^2}{6} \quad t_l \geq \sqrt{\frac{6W_y}{B}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 25,52}{40}} = 1,95cm \quad (11.36)$$

$$t_l = 4cm$$

Kolon ayağındaki yatay reaksiyonun temas ile doğrudan temele geçtiği kabul edilmediği için kolon ayak levhasının altına L80x8 köşebent kaynatılacaktır.

$$\frac{Q}{l \cdot (g - t_\varsigma)} \leq p_{em} \quad (11.37)$$

g: Köşebentin eşit kollarından herhangi birisinin cm cinsinden uzunluğu

t_ç: Taban levhası altında kalan beton kalınlığı

l: Köşebentin uzunluğu

t_k: Köşebentin kalınlığı

c: Köşebent üzerindeki kuvvet çiftleri arasındaki mesafe

$$p = \frac{3,67}{10 \cdot (8 - 2,5)} = 0,066t / cm^2 < 0,07t / cm^2$$

$$M = H \cdot c \quad (11.38)$$

$$M = 3,67 \cdot \left[8 - \left(\frac{5,5}{2} + 1,8 \right) \right] = 12,66tcm$$

$$W = \frac{l \cdot t_k^2}{6} \quad (11.39)$$

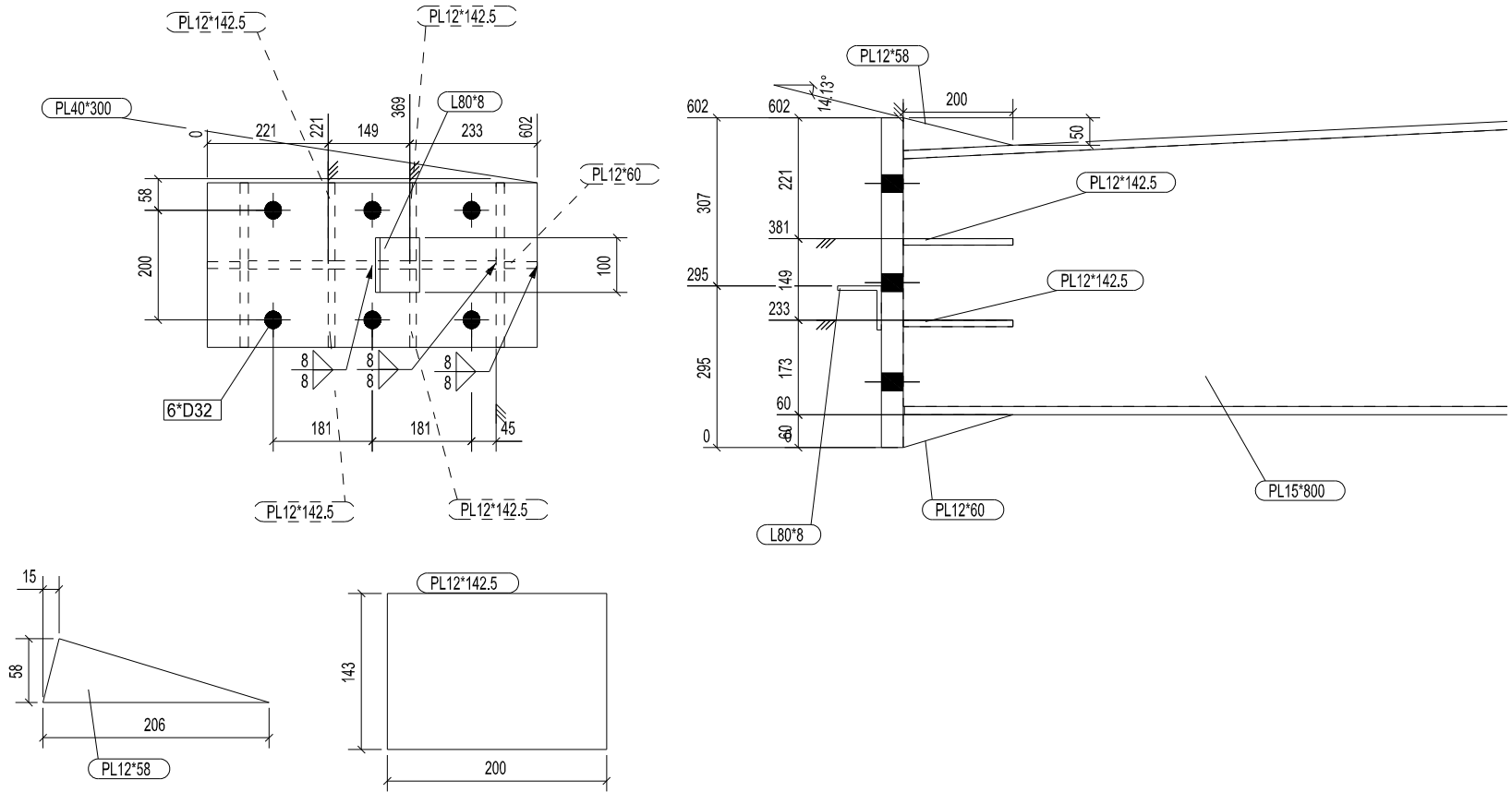
$$W = \frac{10 \cdot 0,8^2}{6} = 1,06cm^3$$

$$\sigma = M / W = 12,66 / 1,06 = 11,94t / cm^2 < 1,44t / cm^2$$

Kaynak dikişleri tahkiki;

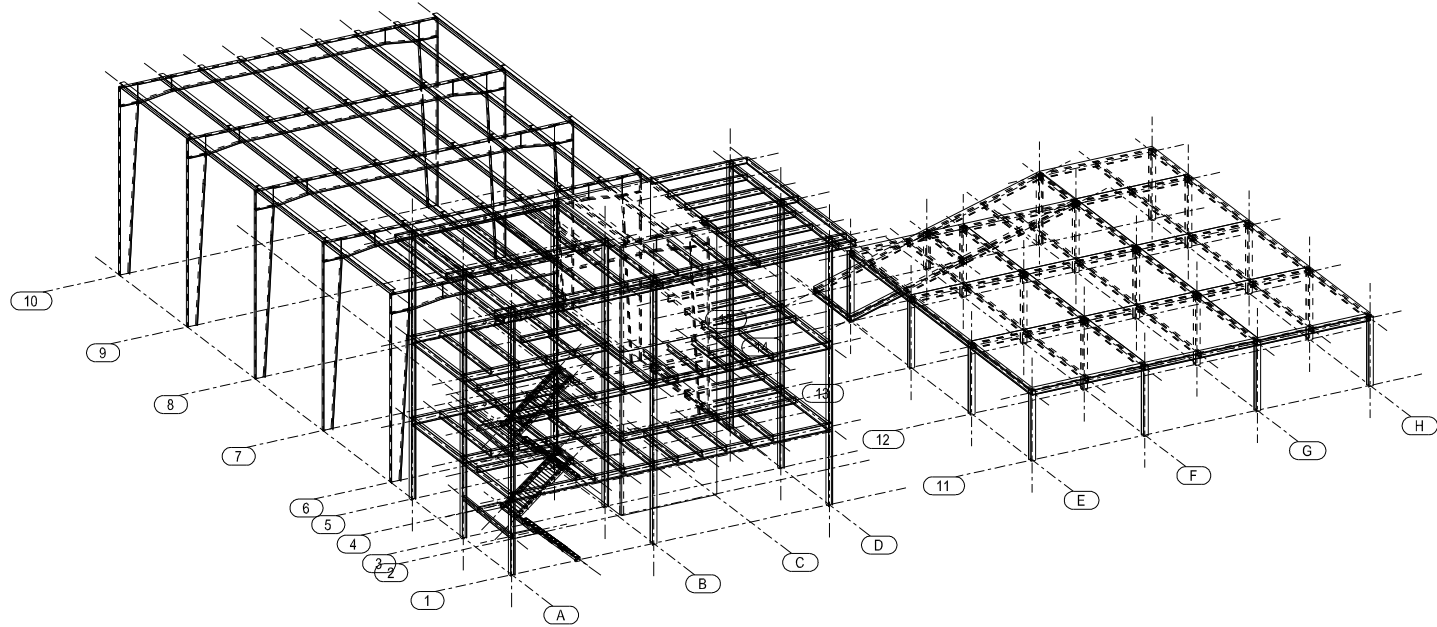
$$\tau_k = \frac{Q}{2ag} \leq \tau_{k,em} \quad (11.40)$$

$$\tau_k = \frac{3,67}{2 \cdot 0,6 \cdot 10} = 0,30t / cm^2 \leq 1,1t / cm^2$$

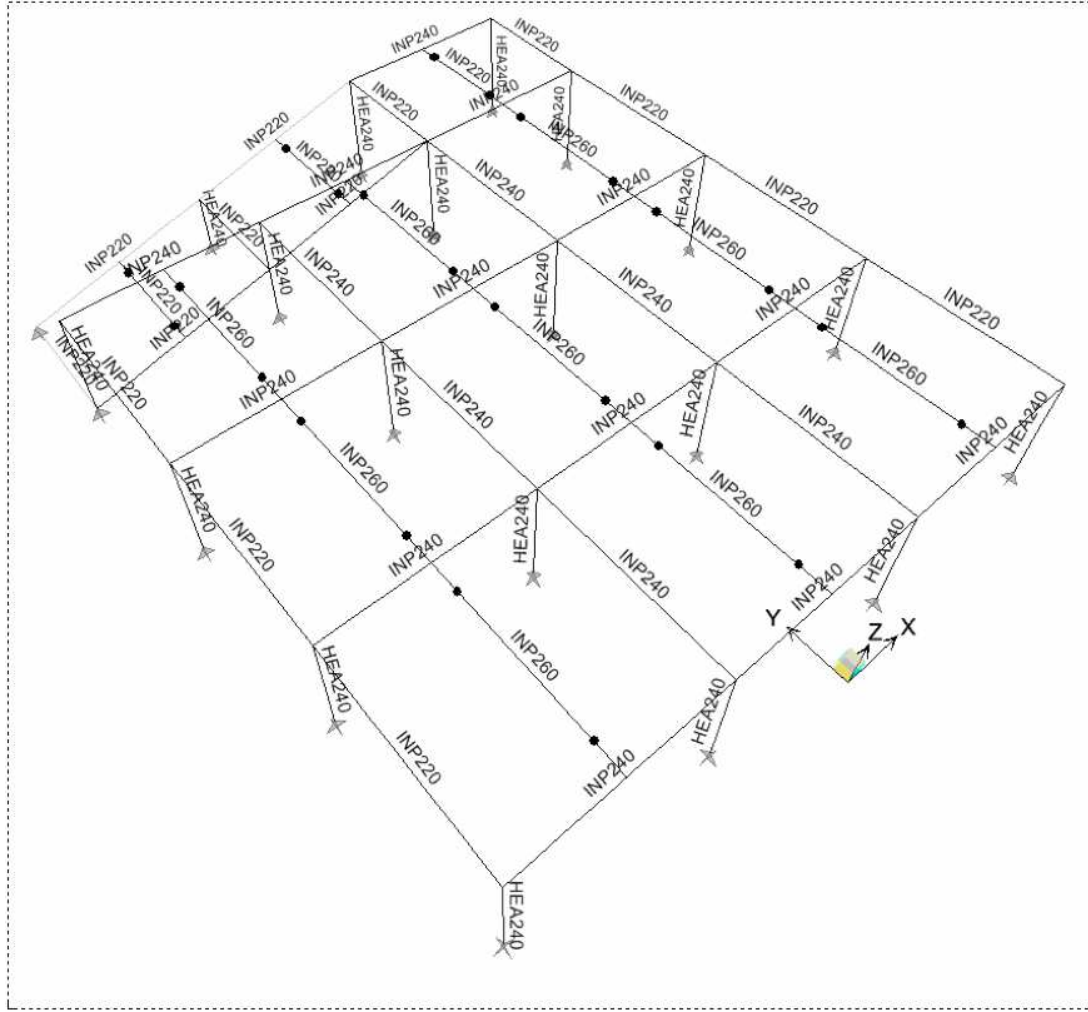


Şekil 11.9 : Üretim binası kolon ayak detayı -2

12. ÇİZİMLER

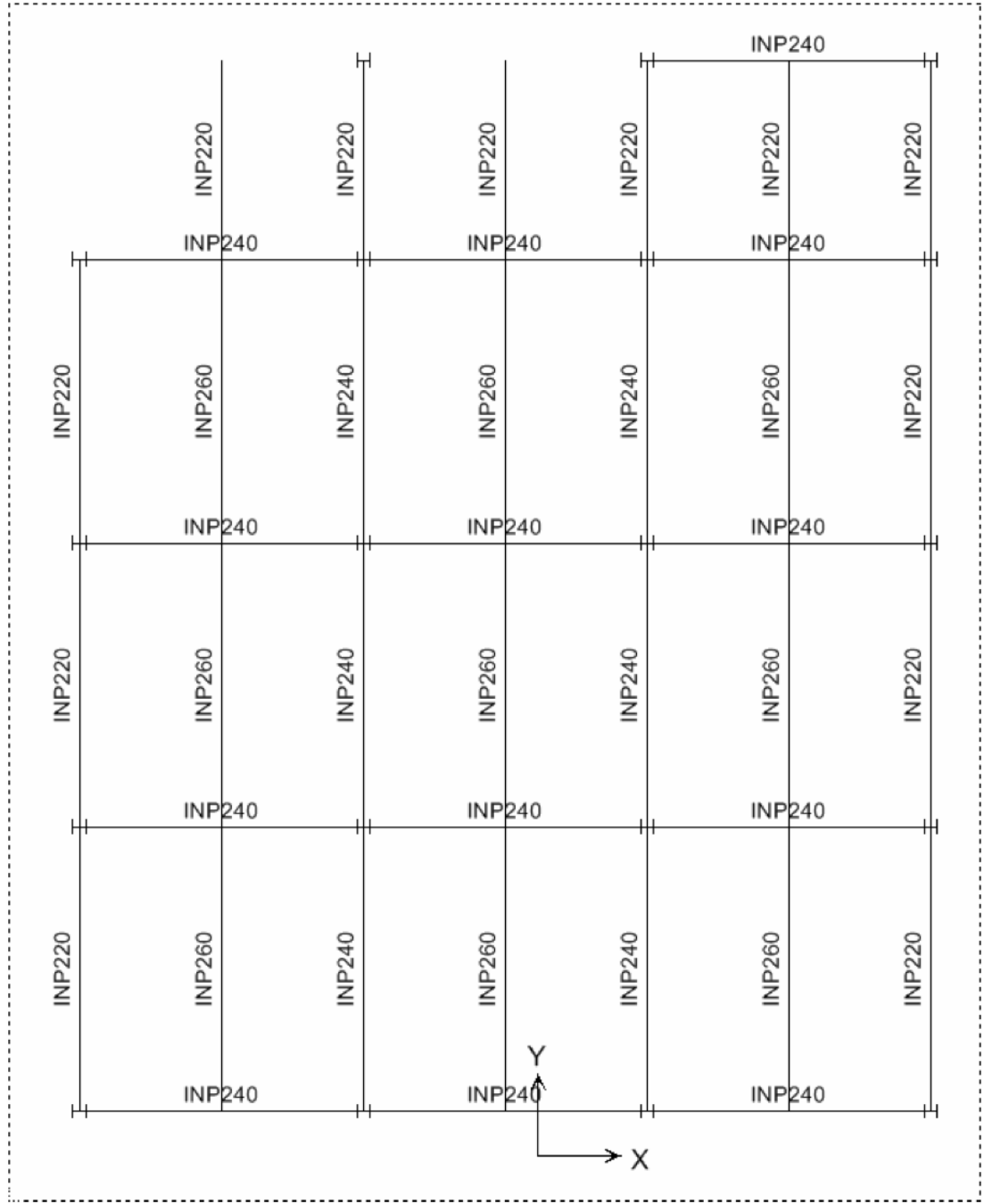


Şekil 12.1: Tesis model perspektifi

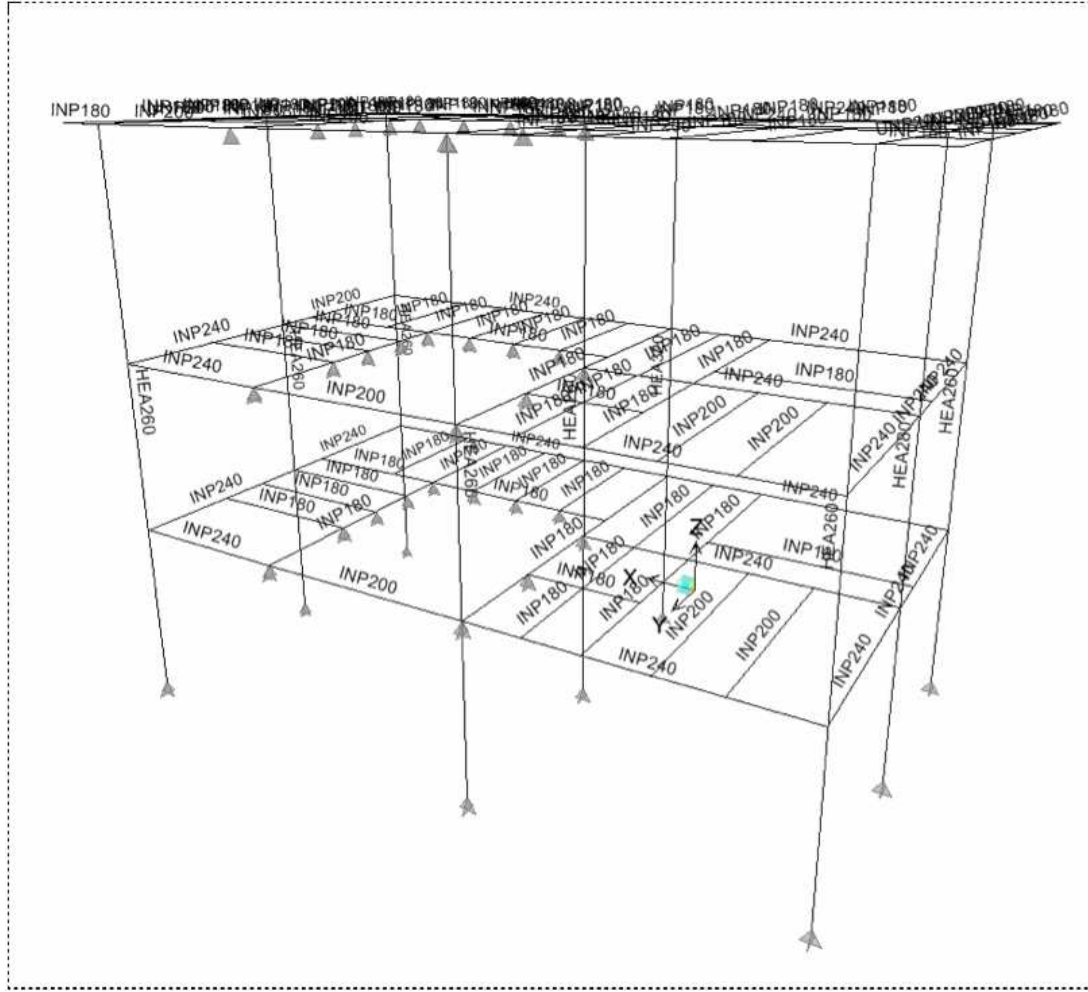


Şekil 12.2: Otopark modelinin perspektifi

Tesise ait 3 bölümün çizimleri Şekil 12.1’de görülmektedir. Şeklin sağ tarafında otopark, sol tarafında ise önde idari bina , arka tarafında üretim binası görülmektedir. Şekil 12.2’de 2 katlı otoparka ait Sap2000 modeli ve kesit değerleri görülmektedir.

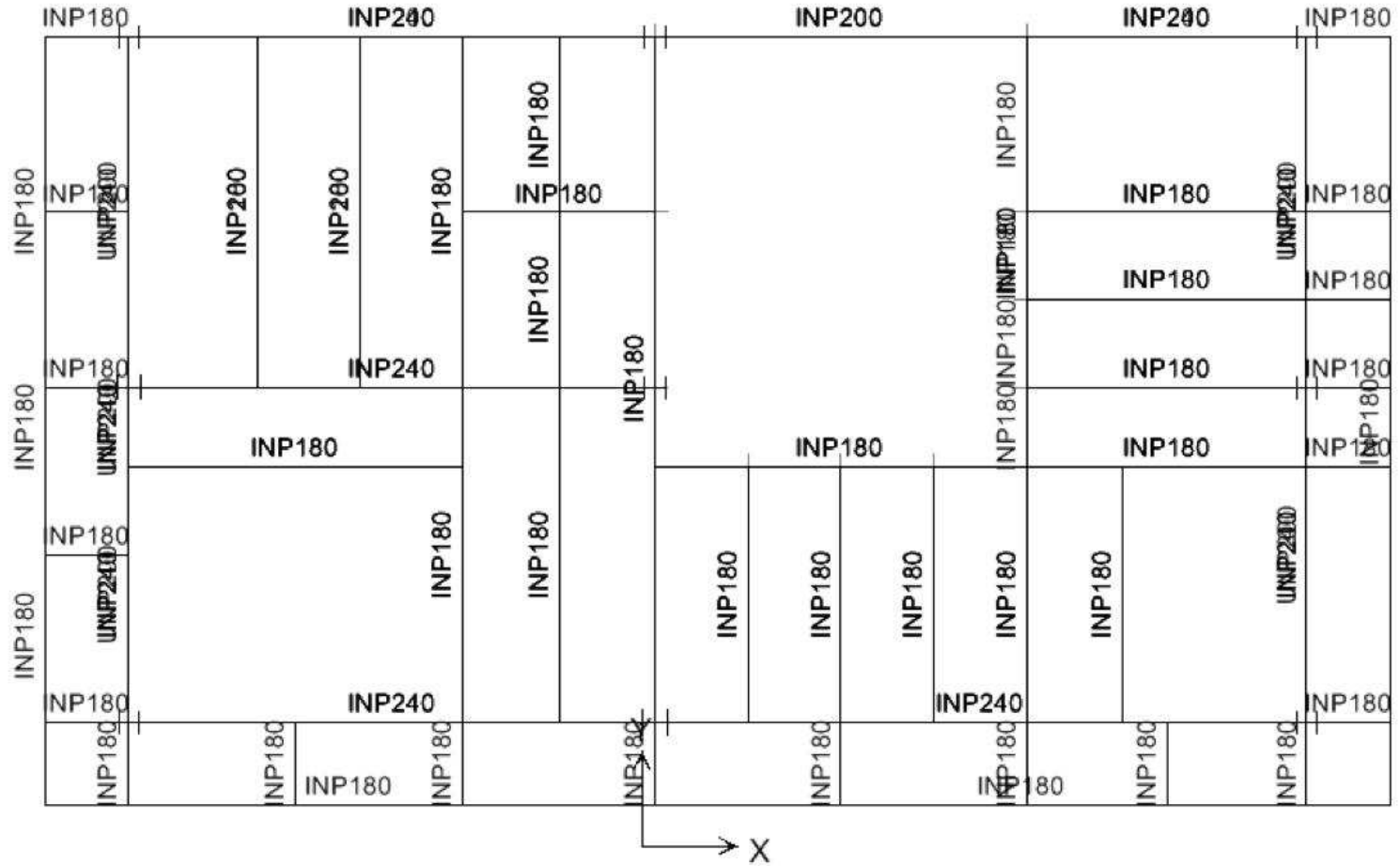


Şekil 12.3: Otopark modelinin kat planı

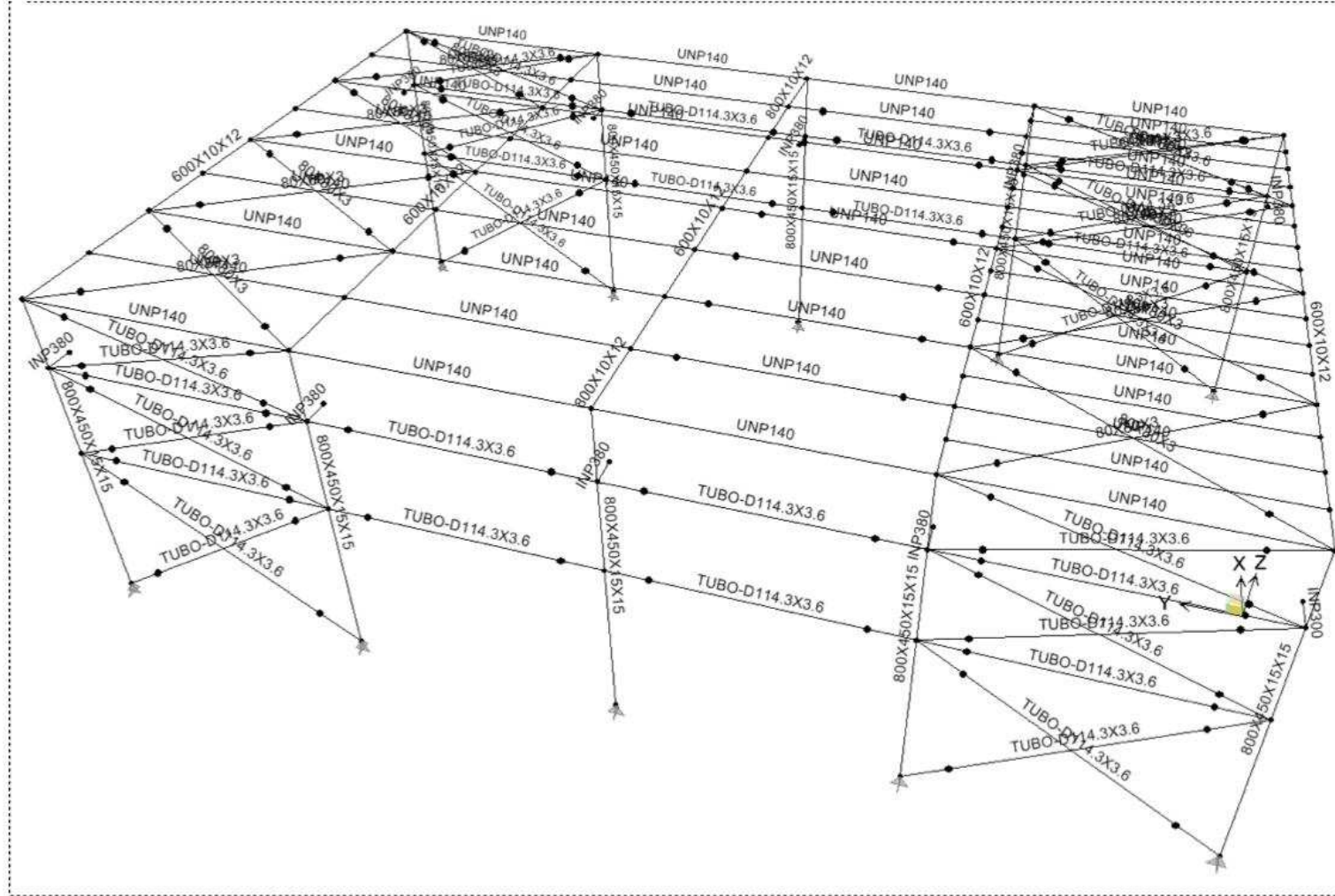


Şekil 12.4: İdari bina modelinin perspektifi

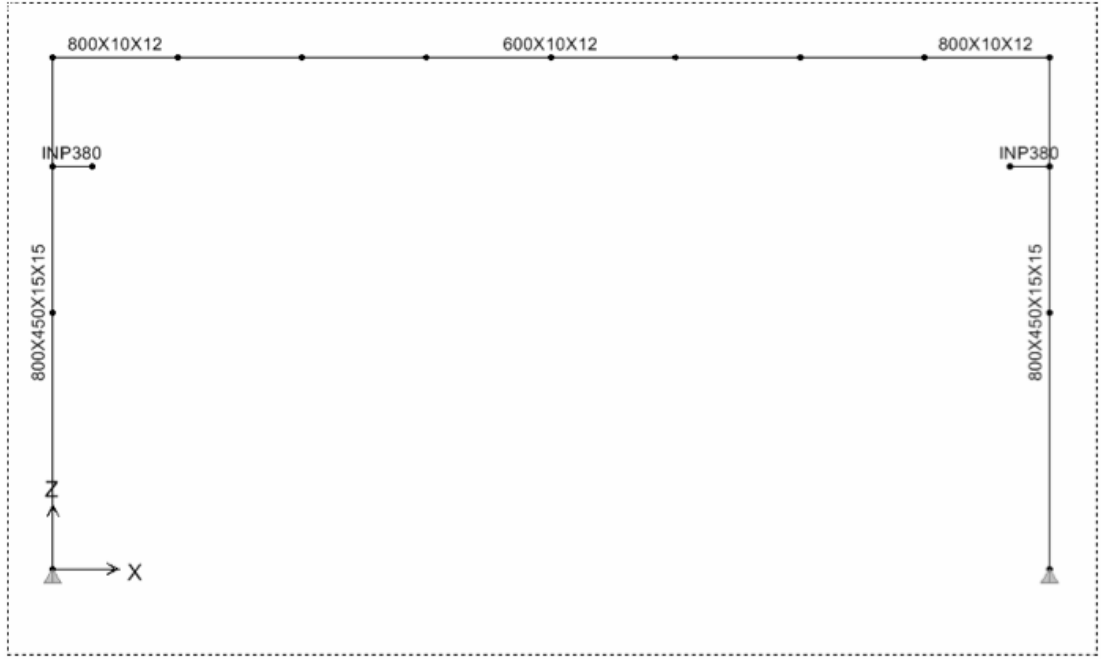
Şekil 12.3'te 3 katlı idari binaya ait Sap2000 modeli ve kesit değerleri görülmektedir. Mesnet atamaları bu şekilde belirtilmiştir.



Şekil 12.5: İdari bina modelinin kat planı

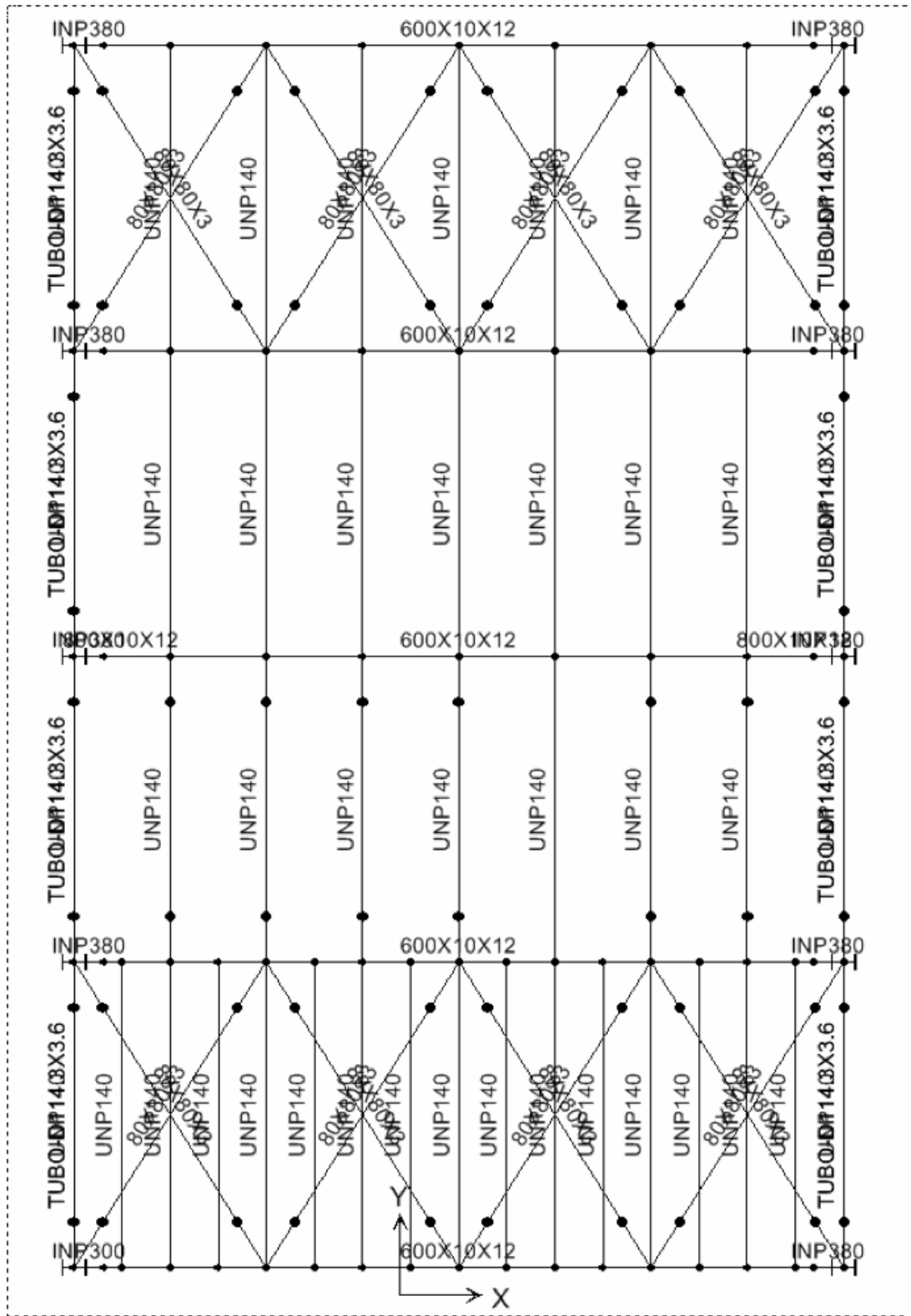


Şekil 12.6: Üretim binası modelinin perspektifi



Şekil 12.7: Üretim binası modeline ait kesit görünümü

Şekil 12.5'te idari binaya ait 1.katın kat planı verilmiştir. Şekil 12.6'da üretim binası Sap2000 modeli ve kesit detayları verilmiştir. Üretim binasına ait çerçeve detayı , Sap2000 modeli ve kesit değerleri Şekil 12.7 ve Şekil 12.8'de verilmiştir.



Şekil 12.8: Üretim binası modelinin çatı planı

KAYNAKLAR

Çağlayan, Ö., Deren, H., Piroğlu, F., ve Uzgider, E., 2008: *Çelik Yapılar*, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.

DBYBHY : 2007: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

Dosdoğru G., 1949: *Kren ve kren yolları çelik yapı kısımlarının hesap esasları*

Durmuşoğlu, İ., 2005: *Kompozit Döşeme ve Kirişlerin Hesabı ve Kompozit Kirişlerin Stabilitate Problemleri* , İstanbul

Eyyubov,C., 2004: *Çelik Yapılar* 1. Cilt , İstanbul

Natinal Building Code of Canada, 2005: Snow , Wind and Earthquake Load Design Criteria for Steel Building Systems, Canada

Odabaşı, Y., 1992: *Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları*, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş, İstanbul.

Öztürk, Z., 2007: *Çelik Yapılar* , İstanbul

TS 498, 1997: Yapı elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü , Ankara

TS 648, 1980: Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü , Ankara

Yorgun, C., 2003: *Kompozit Döşemeler* , İstanbul

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Zübeyir Mustafa Çakır
Doğum Yeri ve Tarihi: Samsun, 06.09.1982
Adres: Mimar Sinan Mah. 144. Sok. No:40/A Atakum/Samsun
Lisans Üniversitesi: Boğaziçi Üniversitesi – İnşaat Mühendisliği (2005)
Yayın Listesi: -