

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU KULESİ BOYUTLANDIRILMASI VE DEPREM ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Asuman Işıl ÇARHOĞLU

Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Programı: DEPREM MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2006

SU KULESİ BOYUTLANDIRILMASI VE DEPREM ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Asuman Işıl ÇARHOĞLU
(501021190)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih: 16 Haziran 2006

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Abdullah GEDİKLİ
Yrd. Doç. Dr. B.Özden ÇAĞLAYAN
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Reha ARTAN
Prof. Dr. Faruk YÜKSELER (Y.T.Ü)
Yrd. Doç. Dr.Mecit ÇELİK

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

İ.T.Ü İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem Mühendisliği programının yüksek lisans çalışmasında, su kulesi yapısı boyutlandırılması ve deprem analizi yapılmıştır. Çalışmalarım süresince değerli katkılarından dolayı tez danışmanlarım sayın hocalarım Yrd. Doç.Dr. B.Özden Çağlayan'a ve Yrd. Doç. Dr. Abdullah Gedikli'ye teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Beni hem manevi hem de maddi olarak destekleyen aileme teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Mayıs 2006

Asuman Işıl Çarhoğlu

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. YÜKLERİN BELİRLENMESİ	4
2.1 Rüzgâr Yüğü	4
2.2. Kar Yüğü	14
2.3 Merdiven Yüğü	16
2.4 Döşeme Yüğü	21
2.5 Tank Yüğü	25
2.5.1 Tank ağırlığı	25
2.5.2. Eşdeğer kütle yay sistemi modeli	27
2.6 Su Yüğü	33
3. YÜK KOMBİNASYONLARI	34
4. DEPREM YÜKÜ HESABI	
4.1 Mod Birleştirme Yöntemi	35
4.2 Elastik Deprem Yüğülerinin Tanımlanması	35
4.3 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi	38
4.3.1 T_1 x yönünde eşdeğer deprem yüğü hesabı	39
4.3.2 T_2 y yönünde eşdeğer deprem yüğü hesabı	39
4.3.3 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü	40
5. TAŞIYICI ELEMAN BOYUTLANDIRILMASI	41
5.1 Kullanılan profillerin enkesit özellikleri	41
5.2 Kolon ve çapraz elemanlarının boyutlandırılması	41
5.3 Kiriş elemanlarının boyutlandırılması	43
6. BİRLEŞİM VE DETAY HESAPLARI	53
6.1 Kolon Kiriş Birleşimleri	53
6.1.1 Basit kolon kiriş birleşimleri	53
6.1.2 Rijit kolon kiriş birleşimleri	55
6.2 Kiriş Birleşimleri	59
6.2.1 Basit kiriş birleşimleri	59
6.2.2 Rijit kiriş birleşimleri	62
6.3 Kolon Eki	64
6.5 Yataydaki çaprazların birleşimleri	66

6.6 Düşeydeki çaprazların birleşimleri	69
7.TEMEL HESABI	73
8. SONUÇ	78
KAYNAKLAR	80
ÖZGEÇMİŞ	81

KISALTMALAR

- ABYYHY** : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
TS 498 : Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TS 648 : Çelik Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Yüksekliğe bağlı emme ve rüzgar hızları.....	4
Tablo 2.2 X yönünde rüzgâr yüklerinin dağılımı.....	6
Tablo 2.3 -X yönünde rüzgar yüklerinin dağılımı.....	7
Tablo 2.4 Y yönünde rüzgâr yüklerinin dağılımı.....	8
Tablo 2.5 -Y yönünde rüzgar yüklerinin dağılımı.....	9
Tablo 2.6 Döşemelere gelen yük değerleri.....	23
Tablo 4.1 Spektrum Karakteristik Periyotları(T_A , T_B).....	36
Tablo 4.2 Etkin Yer İvmesi Katsayısı.....	36
Tablo 4.3 c_t katsayısını bina taşıyıcı sistemine göre alacağı değerler	36
Tablo 4.4 Yapının deprem hesabına ait karakteristik değerler.....	37
Tablo 4.5 x yönünde eşdeğer deprem yükü hesabı.....	39
Tablo 4.6 y yönünde eşdeğer deprem yükü hesabı.....	39
Tablo 5.1 Kolon profillerinin en kesit özellikleri.....	47
Tablo 5.2 Düşeydeki çaprazların en kesit özellikleri.....	47
Tablo 5.3 Yataydaki çaprazların en kesit özellikleri.....	47
Tablo 5.4 Kolonların en kesit hesabı.....	48
Tablo 5.5 Yataydaki çaprazların en kesit hesabı.....	49
Tablo 5.6 Düşeydeki çaprazların en kesit hesabı.....	50
Tablo 5.7 x doğrultusundaki kirişlerin en kesit hesabı.....	51
Tablo 5.8 Y doğrultusundaki kirişlerin en kesit hesabı.....	52

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfano</u>
Şekil 1.1	: Su kulesi yapısının görünümü..... 3
Şekil 2.1	: X yönündeki rüzgâr yüklerinin katlara dağılımı..... 10
Şekil 2.2	: -X yönündeki rüzgar yüklerinin katlara dağılımı..... 11
Şekil 2.3	: Y yönündeki rüzgâr yüklerinin katlara dağılımı..... 12
Şekil 2.4	: -Y yönündeki rüzgar yüklerinin katlara dağılımı..... 13
Şekil 2.5	: Kar yükünün deprem sırasında kütle olarak etkimesi..... 14
Şekil 2.6	: Kar yükü değerleri..... 15
Şekil 2.7	: Merdiven kesiti..... 17
Şekil 2.8	: Merdiven yükü değerleri..... 19
Şekil 2.9	: 1.ve 2. katlardaki merdiven yükü değerleri..... 20
Şekil 2.10	: Döşeme planı..... 21
Şekil 2.11	: Döşemelere düşen yük değerleri..... 24
Şekil 2.12	: Tank yükü değerleri..... 26
Şekil 2.13	: Dikdörtgen hazne deprem etkilerinde kullanılan paramet 27
Şekil2.13a	: Dikdörtgen haznede x yönündeki değerler..... 28
Şekil2.13b	: Dikdörtgen su tankında h yükseklikleri (x yönünde)..... 29
Şekil2.13c	: Dikdörtgen haznede y yönündeki değerler..... 30
Şekil2.13d	: Dikdörtgen su tankında h yükseklikleri (y yönünde)..... 31
Şekil2.14	: Eşdeğer kütle yay sistemi modeli..... 32
Şekil 2.15	: Su yükü değerleri..... 33
Şekil 5.1	: Elemanlarda release görünümü..... 42
Şekil 6.1	: Basit kolon giriş birleşimi..... 53
Şekil 6.2	: Rijit giriş kolon birleşim detayı..... 55
Şekil 6.3	: Basit giriş giriş birleşimi..... 59
Şekil 6.4	: Rijit giriş giriş birleşim detayı..... 62
Şekil 6.5	: Kolon eki detayı..... 64
Şekil 6.6	: Kolon ve yatay çapraz birleşim detayı..... 66
Şekil 6.7	: Levha ile yatay çapraz birleşim detayı..... 67
Şekil 6.8	: İki korniyerle teşkil edilen basınç çubuğu..... 68
Şekil 6.9	: Kolon ve düşey çapraz birleşim detayı..... 69
Şekil 6.10	: İki U profili ile teşkil edilen basınç çubuğu..... 71
Şekil 7.1	: Mafsallı kolon ayağı detayı..... 73

SEMBOL LİSTESİ

A_0	: Etkin Yer ivmesi
$A(T)$: Spektral ivme katsayısı
I	: Bina önem katsayısı
Z_1	: Yerel zemin sınıfı
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
H_N	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği
T	: Bina doğal titreşim periyodu
$S(T)$: Spektrum katsayısı
$\sum M$: Yapının toplam kütlesi
$\sum W$: Yapının toplam ağırlığı
$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı
ΔF_N	: Binanın tepesine etkiyen eşdeğer deprem yükü
F_i	: Eşdeğer deprem yükü yönteminde i 'inci kata etkiyen eşdeğer deprem
H	: Profil yüksekliği
B	: Profil başlık genişliği
t_w	: Profil gövde kalınlığı
t_f	: Profil başlık kalınlığı
A	: Profil enkesit alanı
I_y	: Kuvvetli eksen atalet momenti
I_z	: Zayıf eksen atalet momenti
W_y	: Kuvvetli eksen elastik mukavemet momenti
W_z	: Zayıf eksen elastik mukavemet momenti
i_y	: Kuvvetli eksen atalet yarıçapı
i_z	: Zayıf eksen atalet yarıçapı
V_i	: i 'inci kata etkiyen toplam kesme kuvveti
V_t	: Toplam taban kesme kuvveti
$(V_x)_T$: x-x doğrultusu toplam kesme kuvveti
$(V_y)_T$: y-y doğrultusu toplam kesme kuvveti
C_b	: Bir katsayı
M_1	: Kirişin yanal desteklerinin olduğu noktalardaki uç momentlerin küçüğü.
M_2	: Kirişin yanal desteklerinin olduğu noktalardaki uç momentlerin büyüğü
L	: Kirişin basınç başlığında dönmeye ve yanal deplasmana karşı mesnetleri arasındaki mesafe (cm.)
i_y	: Basınç başlığı ve gövdenin basınç bölgesinin 1/3'ünün gövde eksenine göre atalet yarıçapı.
σ_B	: Yanal burkulma gözönüne alındığında basınç emniyet gerilmesi
σ_a	: Basınç başlığının akma gerilmesi (kg f/cm ²)
σ_{bem}	: Yalnız basınç kuvveti etkisi altında müsaade edilecek gerilme
σ_B	: Yalnız eğilme momenti etkisi altında müsaade edilecek basınç eğilme gerilmesi
σ_{eb}	: Yalnız basınç kuvveti etkisi altında hesaplanan gerilme

σ_b	:Yalnız eğilme momenti etkisi altında hesaplanan basınç gerilmesi
C_m	:Uç momentlerini y açıklık momentlerini ve yanal desteklemeyi göz önüne alan bir katsayı
c_r	:Aerodinamik yük katsayısı
q	:Rüzgar basıncı KN/m ²
A	:Etkilenilen yüzey alanı m ²
W	:Rüzgâr yükü hesap değeri
P_{k0}	:Zati kar yükü
P	:Üst kolon profilindeki merkezi basınç kuvveti
N_{em}	:d çaplı bulonun tek etkili olarak aktarabileceği emniyetli kuvvet
B_B	:Mod birleştirme yönteminde elde edilen büyüklük
B_D	: B_B büyüklüğüne ait büyütülmüş değer

SU KULESİ BOYUTLANDIRILMASI VE DEPREM ANALİZİ

ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın temel amacı, su kulesi yapısının deprem analizi ve boyutlandırılmasını yapmaktır.

Giriş bölümü olan birinci bölümde, konunun genel tanımına değinilmiştir ve tez konusu içeriği hakkında bilgi verilmiştir. Birinci bölümde su kulesinin geometrik şekli bilgisayara girilmiştir. Su kulesinin yüksekliği 20,5 m dir.6 m yüksekliğindeki altıncı ve yedinci katlarda dikdörtgen tank bulunmaktadır.Tankın boyutları 5,5 6,5 2,6 m 'dir.

İkinci bölümde, sistemin hesabı için gereken rüzgâr yükü, kar yükü, su yükü, tank yükü, merdiven yükü, döşeme yükü belirlenmiştir. Su kulesi yapısında bulunan dikdörtgen tank SAP 2000 programında eşdeğer kütle yay sistemi modeli şeklinde tasarlanmıştır. İçi sıvı dolu tank rijit olarak ele alınmış ve tankın içindeki sıvının deprem etkisi altındaki dinamik davranışı x ve y doğrultuları için incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, belirlenen yüklerin ve deprem yüklerinin kombinasyonları oluşturularak analiz yapılmıştır. Deprem yükünden dolayı yük kombinasyonlarında azaltma yapılmıştır.

Dördüncü bölümde deprem analizi için modların süperpozisyonu yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca sonucun güvenilir olması açısından eşdeğer deprem yükü yöntemine göre de hesap yapılmıştır. Her iki yöntem sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Modların süperpozisyonuna göre elde edilen sonuçlara göre hesaplar yapılmıştır.

Beşinci bölümde, en elverişsiz yükleme durumuna göre belirlenen kesit tesirleri değerleri kullanılarak boyutlandırma yapılmıştır. Taşıyıcı sistemin boyutlandırılmasında TS 498 den yararlanılmıştır. Kolonlarda ve kirişlerde HE-A profilleri, düşey çaprazlarda U profilleri yatay çaprazlarda korniyerler kullanılmıştır.

Altıncı bölümde birleşim ve detay hesabı yapılmıştır. Birleşim hesabı yapılırken boyutlandırma sonucu elde edilen kesitler(profiller) ve SAP 2000 analiz sonuçlarında elde edilen kesit tesirleri kullanılmıştır.

Yedinci ve son bölümde temel hesabı yapılmıştır. Temel mafsallı kolon ayağı olarak tasarlanmıştır.

Sonuç olarak su kulesi yapısına deprem yükü ve diğer yükler etkilerek analiz yapılmış ve elde edilen değerlere göre boyutlandırma yapılmıştır.

WATER TOWER DESIGNING AND SEISMIC ANALYSIS SUMMARY

The basic objective of this study prepared as an MSc Degree thesis is to perform seismic analysis on and dimension the water tower construction.

In the first chapter, which is the introduction the subject has been defined in general and information has been provided on the subject of the thesis. In the first section, the geometrical form of the water tower was entered in the computer. The height of the water tower is 20.5 m. A rectangular tank is located at sixth and seventh floors 6 m high. The dimensions of tank are 5.5, 6.5 and 2.6 m.

In the second chapter, the wind load, snow load, water load, tank load, staircase load and flooring load were defined, which are necessary for calculating the system. The rectangular tank within the structure of the water tower has been designed in the form of an equivalent mass arch system in SAP 2000 software. The liquid filled tank was taken as a rigid structure and the dynamic behavior of the liquid within the tank was examined for x and y directions.

In the third chapter, analysis was performed by creating combinations of the specified loads and seismic loads. Load combinations were reduced due to seismic load.

In the fourth chapter, mode superposition method was used for seismic analysis. In addition, calculation was made also according to equivalent seismic load method in terms of reliability of the result. Base shearing forces obtained by both methods were compared. Calculation was made according to results obtained by mode superposition.

In the fifth chapter, the tower was designed using cross sectional effect values defined according to most unfavorable loading conditions. TS 498 standard was used to design the bearing system. HE-A profiles were used in columns and girders, U profiles in vertical rails and angles in horizontal rails.

In the sixth chapter, junctional and detail calculations were made. Cross sections (profiles) obtained as the result of designing and cross sectional effects which are the results of SAP 2000 analysis were used for junctional calculation.

Foundational calculations were made in the seventh and final chapter. The foundation was designed as articulated column base.

Finally, the analysis was performed by acting seismic and other loads on the structure of the water tower which was designed based on values obtained as specified above.

1.GİRİŞ

1.1 Konunun Genel Tanımı

Yüksek yapıların yaygınlaşması ile en önemli ihtiyaç olan suyun yüksek rakımlara çıkarılma zorunluluğu su kulesi kullanımı ihtiyacını zorunlu hale getirmiştir.

Bu amaçla su kulelerinin günümüzde yaygınlaşmakta olması çelik kafes kullanımını güncel hale getirdiği gibi inşaat sektörünün bu gereksinimi çelik yapılarda ideal ve ileri bir mühendislik çalışmasını gerektirmektedir. Çelik yapı ve konstrüksiyonu çelik kullanımını daha cazip hale getirmiştir. Çeliğin yüksek, fiziksel ve mekaniksel avantajları yanı sıra kaynaklı bulonlu konstrüksiyon kolaylığı rijitliği depreme dayanıklılığı hızlı üretimi ve düşük maliyeti kullanım alanlarını yaygınlaştırmaktadır.

1.2 Tez Konusunun Tanımı

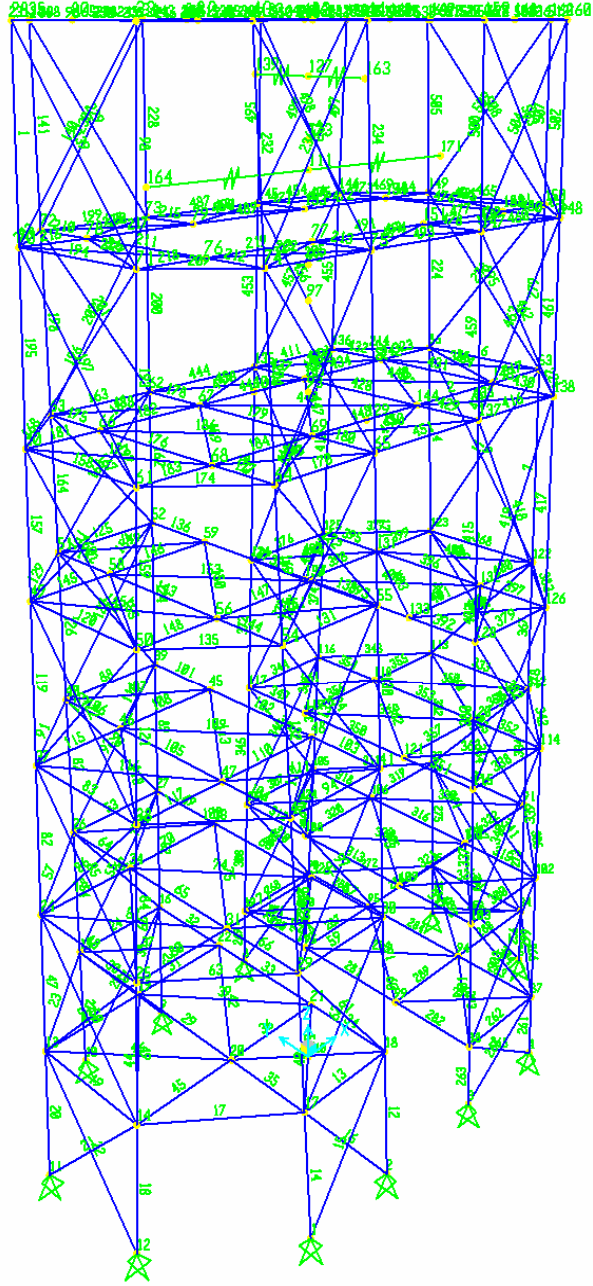
Bu tezde su kulesi yapısı deprem etkileri göz önüne alınarak incelenmiştir. Üst iki katta dikdörtgen tank mevcuttur. Dikdörtgen tankın deprem etkisi altındaki dinamik davranışı da incelenmiştir.

Su kulesi 20,5 m yüksekliğinde su tankı 5,5x 6,7x 2,6 boyutlarında dikdörtgen hazne şeklindedir. Su kulesi yapısı simetrik değildir. x ve y yönünde 3'er açıklık bulunmaktadır. Kolon kiriş birleşimlerinin bir kısmı basit bir kısmı da rijit bağlıdır. Yapının çözümünde SAP2000 programı kullanılmıştır.

Su kulesi yapısı modeli SAP 2000 programında tasarlanarak analiz yapılmış gerekli kesit tesirleri elde edilerek boyutlandırma yapılmıştır Kolonlarda HE-A profilleri y doğrultusundaki kirişlerde HE 180- A profilleri x doğrultusundaki kirişlerde HE 100- A profilleri yatay çaprazlarda L, düşey çaprazlarda U profilleri kullanılmıştır.

Su kulesi yapısının çözümü TS 648, TS 498 ve deprem yönetmeliğine göre yapılmıştır. Rüzgâr yükleri belirlenirken TS 498, deprem analizinde deprem

yönetmeliğinden, taşıyıcı sistem boyutlandırılmasında TS 648 yönetmeliklerinden faydalanılmıştır.



SAP2000 v9.0.1 - File:su kulesi - 3-D View - KN, m, C Units

Şekil 1.1: Su kulesi yapısının üç boyutlu geometrisi

2. YÜKLERİN BELİRLENMESİ

Su kulesi yapısının çözümü yapılırken, sisteme etkiyen yükler ayrı ayrı hesaplanmış, tüm bu yükler çeşitli yük kombinasyonları ile sistemde en elverişsiz durumu meydana getiren sonuçlarla boyutlandırma yapılmıştır.

Sistemin çözümünde SAP 2000 programı kullanılarak çözüm sonuçları elde edilmiştir.

2.2 RÜZGÂR YÜKÜ

TS 498' de belirlenen rüzgâr yükleri yüksekliğe bağlı olarak yapıya etkilmiştir. [8]

$$W=c_r*q*A \quad (2.1)$$

c_r : Aerodinamik yük katsayısı

q :Rüzgar basıncı kN/m^2

A :Etkilenilen yüzey alanı m^2

C_r : Yük katsayısı belirlenmesi yapı geometrisine ve rüzgâr esiş yönüne bağlıdır. Rüzgâr kanalı deneyinden bu katsayı elde edilir.

W :Rüzgâr yükü hesap değeri

Rüzgâr yükü hesap değeri yapının geometrisine bağlıdır. Basınç,emme ve sürtünme etkileri birleştirilerek hesaba alınır.

Tablo 2.1: Yüksekliğe Bağlı Emme ve Rüzgar Hızları

Zeminden Yükseklik (m)	Rüzgâr Hızı V (m /sn)	Emme (q)
0 – 8	28	0,5
9–20	36	0,8
21 – 100	42	1,1
> 100	46	1,3

0–8 m yükseklik için rüzgâr hızı(V)=28 m/sn.

Rüzgâr yönüne dikey yüzeylerde;

$$c=1,6$$

$$\text{Hız basıncı(emme)}=0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Rüzgâr yükü (W=c*q)}=0,8 \text{ kN.}$$

Rüzgâr yönüne α açısı yapan eğimli yüzeylerde;

$$c=1,6*\sin\alpha,$$

$$q=0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$w=c*q=0,8*\sin\alpha \text{ olarak alınmıştır.}$$

9–20,5 m yükseklik için rüzgâr hızı(V)=36 m/sn.

Rüzgâr yönüne dikey yüzeylerde;

$$c=1,6$$

$$\text{Hız basıncı(emme)}=0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Rüzgâr yükü (W=c*q)}=1,28 \text{ kN}$$

Rüzgâr yönüne α açısı yapan eğimli yüzeylerde;

$$c=1,6*\sin\alpha$$

$$q=0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$w=c*q=1,26*\sin\alpha \text{ olarak alınmıştır.}$$

Tablo 2.2: X yönündeki rüzgar yüklerinin katlara dağılımı

RÜZGAR 1		1						3					
Kat no	H(m)	q	c	A	W	A	W	c	α	c	q	C	W
1.KAT	1,5	0,5	1,6	0,32	1,999	0,32	1,145	1,6*sin α	45	1,13	0,5	0,254	0,631
3.KAT	4,5	0,5	1,6	0,32	4,212	0,32	1,775	1,6*sin α	45	1,13	0,5	0,254	0,782
5.KAT	7,5	0,5	1,6	0,32	3,836	0,32	1,729	1,6*sin α	45	1,13	0,5	0,254	0,753
7.KAT	10,5	0,8	1,6	0,512	6,137	0,512	2,774	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,405	1,138
9.KAT	14,5	0,8	1,6	0,512	7,184	0,512	3,312	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,405	1,272
11.KAT	17,5	0,8	1,6	0,512	6,137	0,512	2,774	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,405	1,046
13.KAT	20,5	0,8	1,6	0,512	6,136	0,512	2,774	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,405	0,992

RÜZGAR 1		1				2		3					
Kat no	H(m)	q	c	A	W	A	W	c	α	c	q	A	W
2.KAT	3	0,5	1,6	0,32	1,918	0,32	1,734	1,6*sin α	45	1,13	0,5	0,226	0,71
4.KAT	6	0,5	1,6	0,32	1,734	0,32	1,734	1,6*sin α	45	1,13	0,5	0,226	0,684
6.KAT	9	0,8	1,6	0,512	3,069	0,512	2,774	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	1,036
8.KAT	12	0,8	1,6	0,512	3,069	0,512	2,774	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	0,995
10.KAT	14,5	0,8	1,6	0,512	2,816	0,512	2,512	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	0,874
12.KAT	17,5	0,8	1,6	0,512	3,069	0,512	2,774	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	0,914
14.KAT	20,5	0,8	1,6	0,512	3,067	0,512	2,774	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	0,877

$$W=c*q*A$$

$$A:0,4*q*c$$

$$B:0,8*q*c$$

$$C:(1,2*sin\alpha-0,4)*q$$

1:Rüzgar yönünde

2:Rüzgar yönüne dikey yüzeylerde

3:Rüzgar yönüne α açısı yapan yüzeylerde

Tablo 2.3: -X Yönünde Rüzgar Yüklerinin Katlara Dağılımı

RÜZGAR 2		1				2		3					
Kat no	H(m)	q	c	A	W	A	W	c	α	c	q	A	W
1.KAT	1,5	0,5	1,6	0,32	0,999	0,32	1,145	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,5	0,226	0,563
3.KAT	4,5	0,5	1,6	0,32	2,106	0,32	1,775	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,5	0,226	0,697
5.KAT	7,5	0,5	1,6	0,32	1,918	0,32	1,729	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,226	0,671
7.KAT	11	0,8	1,6	0,512	3,069	0,512	2,774	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	1,017
9.KAT	15	0,8	1,6	0,512	3,592	0,512	3,312	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	1,137
11.KAT	18	0,8	1,6	0,512	3,069	0,512	2,774	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	0,935
13.KAT	21	0,8	1,6	0,512	3,068	0,512	2,774	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	0,887

RÜZGAR 2		1				2		3					
Kat no	H(m)	q	c	B	W	A	W	c	α	c	q	C	W
2.KAT	3	0,5	1,6	0,64	3,835	0,32	1,734	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,5	0,254	0,796
4.KAT	6	0,5	1,6	0,64	3,467	0,32	1,734	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,5	0,254	0,767
6.KAT	9	0,8	1,6	1,024	6,137	0,512	1,734	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,405	1,158
8.KAT	12	0,8	1,6	1,024	6,137	0,512	2,774	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,405	1,11
10.KAT	15	0,8	1,6	1,024	5,63	0,512	2,512	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,405	0,976
12.KAT	18	0,8	1,6	1,024	6,137	0,512	2,774	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,405	1,021
14.KAT	21	0,8	1,6	1,024	6,134	0,512	2,774	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,405	0,98

$$W=c*q*A$$

$$A:0,4*q*c$$

$$B:0,8*q*c$$

$$C:(1,2*\sin\alpha-0,4)*q$$

1:Rüzgar yönünde

2:Rüzgar yönüne dikey yüzeylerde

3:Rüzgar yönüne α açısı yapan yüzeylerde

Tablo 2.4: Y Yönünde Rüzgar Yüklerinin Katlara Dağılımı

RÜZGAR 3		1						2		3							
Kat no	H(m)	q	c	A	W	B	W	A	W	c	α	c	q	A	W	C	W
1.KAT	1,5	0,5	1,6	0,32	1,145	0,64	2,291	0,32	0,999	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,5	0,226	0,563	0,254	0,631
3.KAT	4,5	0,5	1,6	0,32	1,775	0,64	3,549	0,32	2,106	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,5	0,226	0,697	0,254	0,782
5.KAT	7,5	0,5	1,6	0,32	1,729	0,64	3,459	0,32	1,918	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,226	0,671	0,254	0,753
7.KAT	10,5	0,8	1,6	0,512	2,774	1,024	5,548	0,512	3,069	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	1,017	0,405	1,137
9.KAT	14,5	0,8	1,6	0,512	3,312	1,024	6,624	0,512	3,592	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	1,137	0,405	1,272
11.KAT	17,5	0,8	1,6	0,512	2,774	1,024	5,548	0,512	3,069	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	0,935	0,405	1,046
13.KAT	20,5	0,8	1,6	0,512	2,774	1,024	5,548	0,512	3,068	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	0,887	0,405	0,992

RÜZGAR3		1				2				3							
Kat no	H(m)	q	c	A	W	A	W	B	W	c	α	c	q	A	W	C	W
2.KAT	3	0,5	1,6	0,32	1,918	0,32	1,734	0,64	3,467	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,5	0,226	0,71	0,254	0,71
4.KAT	6	0,5	1,6	0,32	1,734	0,32	1,734	0,64	3,467	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,5	0,226	0,684	0,254	0,684
6.KAT	9	0,8	1,6	0,32	3,069	0,512	2,774	1,024	5,546	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	1,036	0,405	1,431
8.KAT	12	0,8	1,6	0,512	3,069	0,512	2,774	1,024	5,548	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	0,995	0,405	1,373
10.KAT	14,5	0,8	1,6	0,512	2,816	0,512	2,512	1,024	5,025	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	0,874	0,405	1,206
12.KAT	17,5	0,8	1,6	0,512	3,069	0,512	2,774	1,024	5,546	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	0,914	0,405	1,262
14.KAT	20,5	0,8	1,6	0,512	3,067	0,512	2,774	1,024	5,546	$1,6*\sin\alpha$	45	1,13	0,8	0,362	0,877	0,405	1,211

$$W=c*q*A$$

$$A:0,4*q*c$$

$$B:0,8*q*c$$

$$C:(1,2*\sin\alpha-0,4)*q$$

1:Rüzgar yönünde

2:Rüzgar yönüne dikey yüzeylerde

3:Rüzgar yönüne α açısı yapan yüzeylerde

Tablo 2.5: -Y Yönünde Rüzgar Yüklerinin Katlara Dağılımı

RÜZGAR 4		1								2				3							
Kat no	H(m)	q	c	A	W	q	c	B	W	A	W	c	α	c	q	A	W	C	W		
1.KAT	1,5	0,5	1,6	0,32	1,145	0,5	1,6	0,64	2,291	0,32	0,999	1,6*sin α	45	1,13	0,5	0,226	0,563	0,254	0,631		
3.KAT	4,5	0,5	1,6	0,32	1,774	0,5	1,6	0,64	3,549	0,32	2,106	1,6*sin α	45	1,13	0,5	0,226	0,697	0,254	0,782		
5.KAT	7,5	0,5	1,6	0,32	1,729	0,5	1,6	0,64	3,549	0,32	1,918	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,226	0,671	0,254	0,753		
7.KAT	10,5	0,8	1,6	0,512	2,774	0,8	1,6	1,024	5,546	0,512	3,069	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	1,016	0,405	1,138		
9.KAT	14,5	0,8	1,6	0,512	3,312	0,8	1,6	1,024	6,622	0,512	3,592	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	1,136	0,405	1,272		
11.KAT	17,5	0,8	1,6	0,512	2,774	0,8	1,6	1,024	5,548	0,512	3,069	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	0,934	0,405	1,046		
13.KAT	20,5	0,8	1,6	0,512	2,774	0,8	1,6	1,024	5,548	0,512	3,068	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	0,886	0,405	0,9922		

RÜZGAR 4		1								2				3							
Kat no	H(m)	q	c	A	W	B	W	q	c	A	W	c	α	c	q	A	W	C	W		
2.KAT	3	0,5	1,6	0,32	1,734	0,6	3,5	0,5	1,6	0,32	1,918	1,6*sin α	45	1,13	0,5	0,226	0,71	0,254	0,796		
4.KAT	6	0,5	1,6	0,32	1,734	0,6	3,5	0,5	1,6	0,32	1,734	1,6*sin α	45	1,13	0,5	0,226	0,684	0,254	0,767		
6.KAT	9	0,8	1,6	0,32	2,774	1	5,5	0,8	1,6	0,512	3,069	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	1,036	0,405	1,16		
8.KAT	12	0,8	1,6	0,512	2,774	1	5,5	0,8	1,6	0,512	3,069	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	1,114	0,405	1,114		
10.KAT	14,5	0,8	1,6	0,512	5,024	1	5	0,8	1,6	0,512	2,815	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	0,979	0,405	0,979		
12.KAT	17,5	0,8	1,6	0,512	2,774	1	5,5	0,8	1,6	0,512	3,069	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	0,914	0,405	1,023		
14.KAT	20,5	0,8	1,6	0,512	2,774	1	5,5	0,8	1,6	0,512	3,067	1,6*sin α	45	1,13	0,8	0,362	0,877	0,405	0,982		

$W=c*q*A$

$A:0,4*q*c$

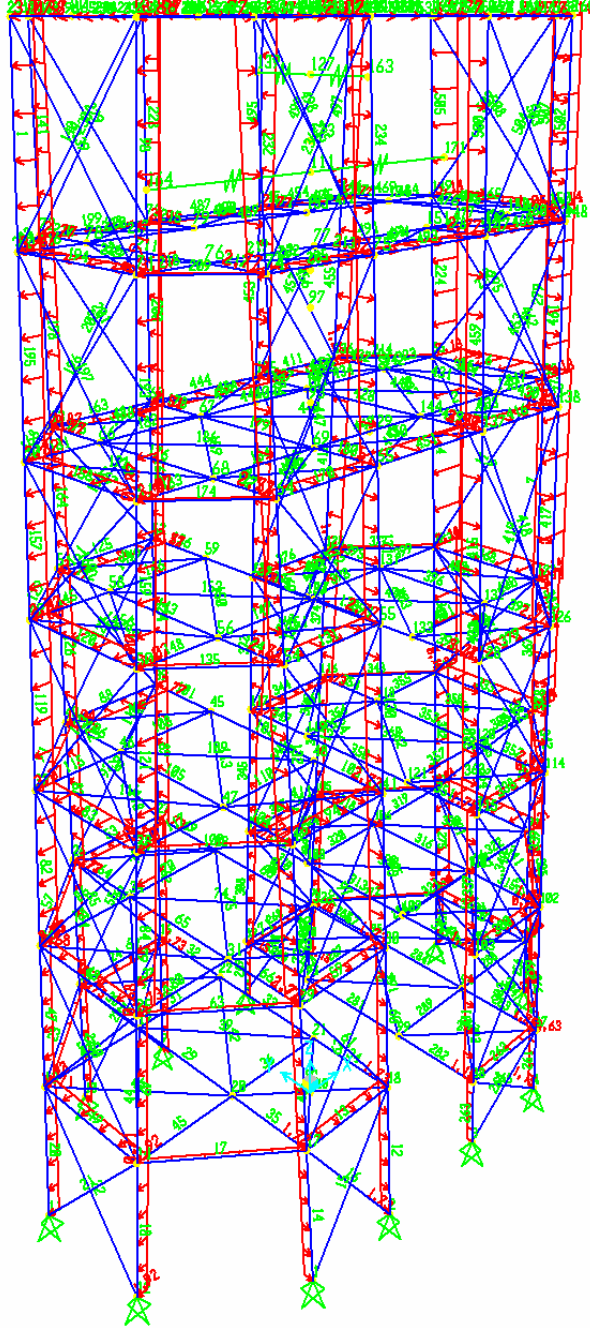
$B:0,8*q*c$

$C:(1,2*sin\alpha-0,4)*q$

1:Rüzgar yönünde

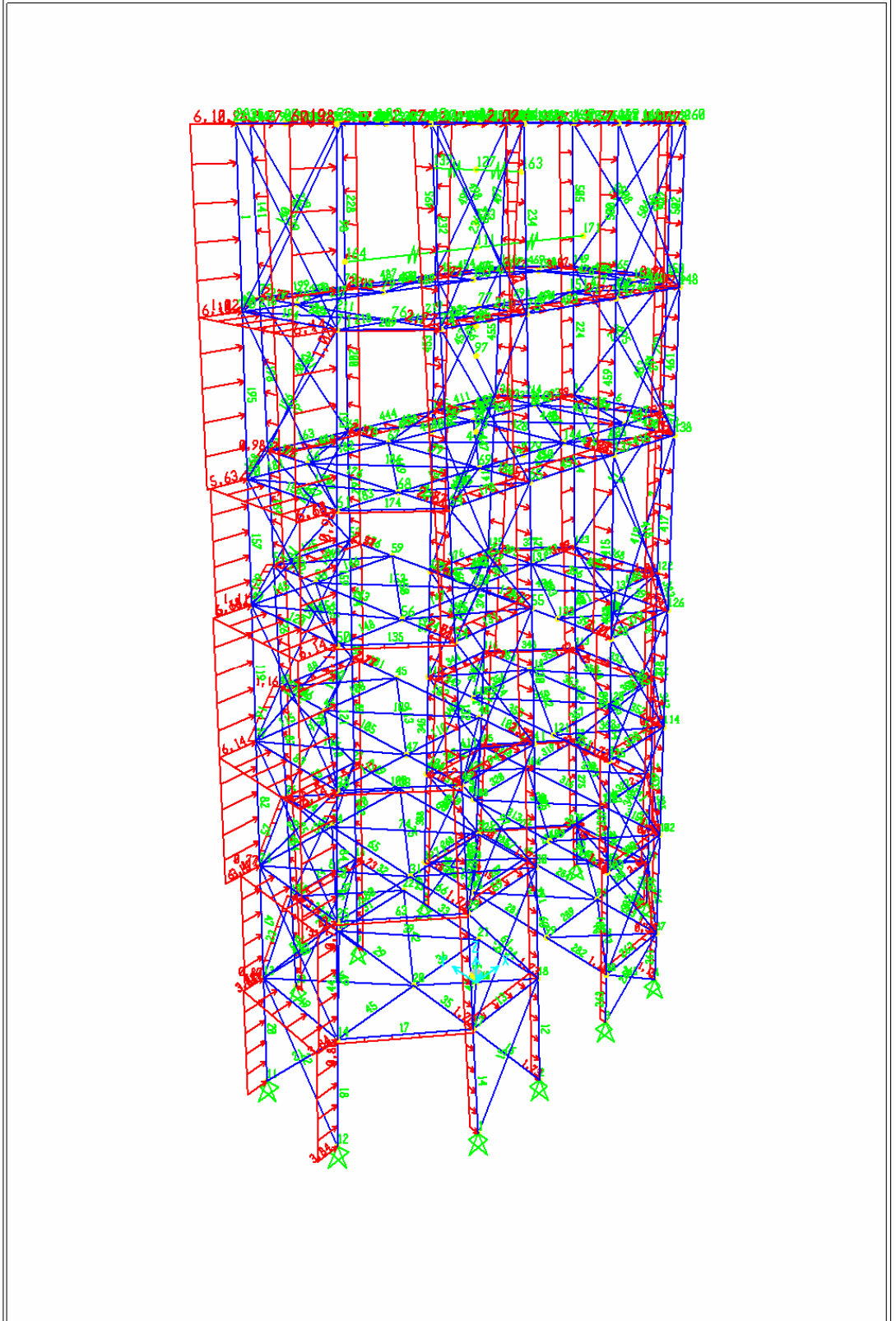
2:Rüzgar yönüne dikey yüzeylerde

3:Rüzgar yönüne α açısı yapan yüzeylerde



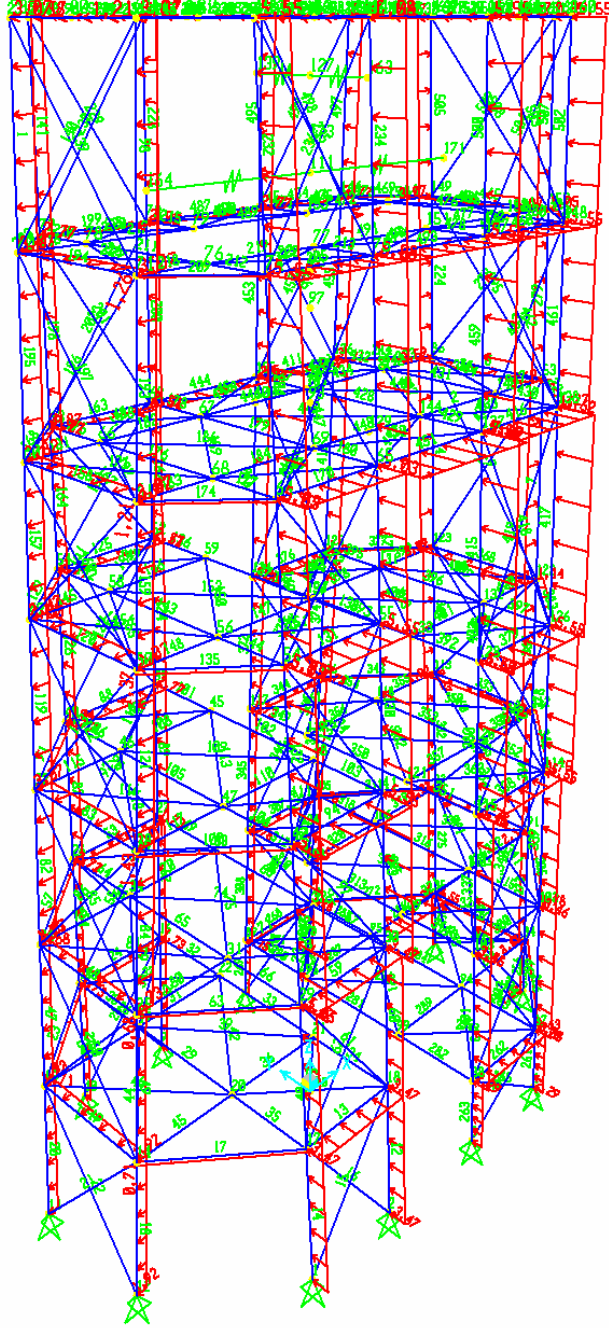
SAP2000 v9.0.1 - File:su kulesi - Frame Span Loads (RUZGAR1) (As Defined) - KN, m, C Units

Şekil 2.1: x yönündeki rüzgar yüklerinin katlara dağılımı



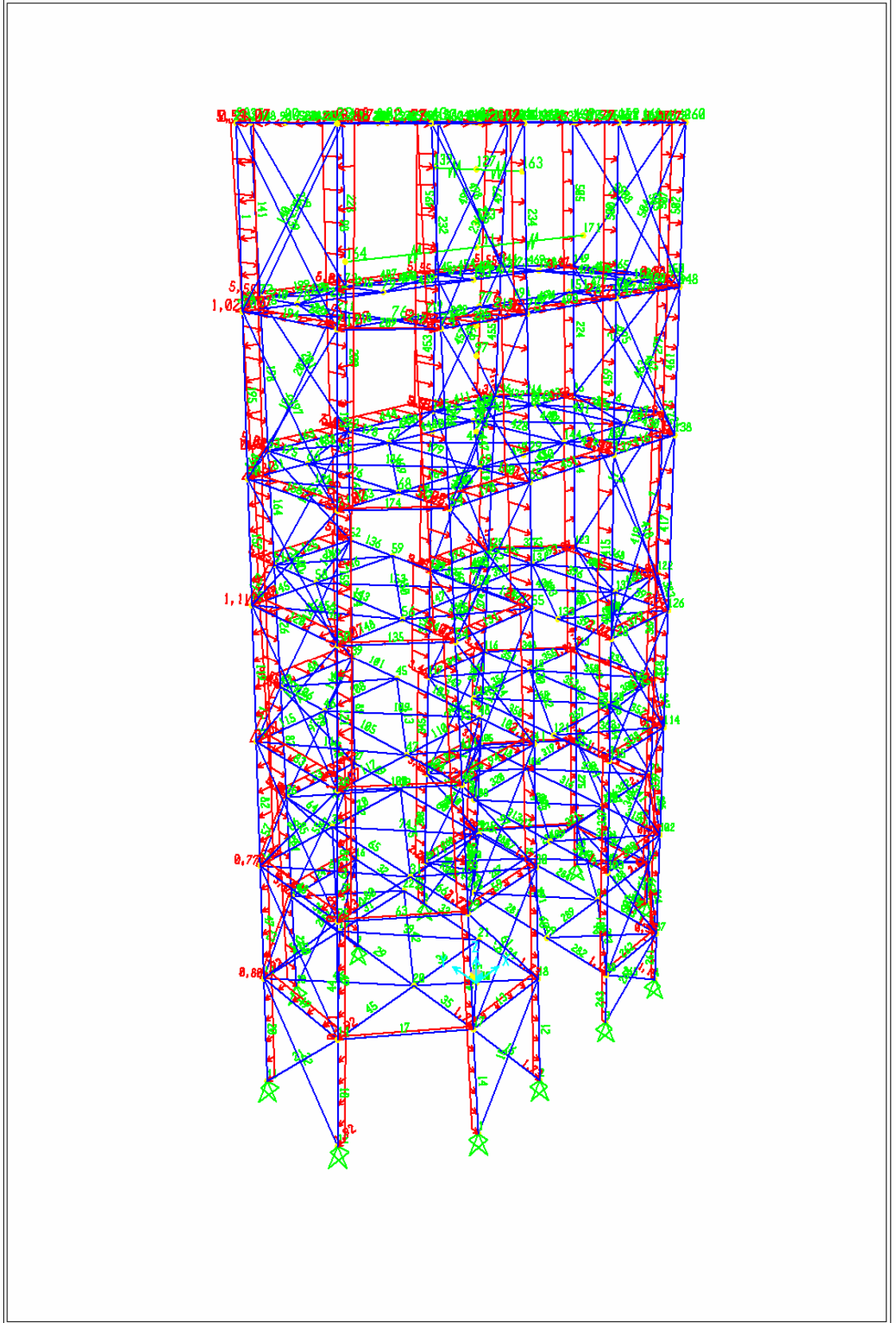
SAP2000 v9.0.1 - File:su kulesi - Frame Span Loads (RUZGAR2) (As Defined) - KN, m, C Units

Şekil 2.2: -x yönündeki rüzgar yüklerinin katlara dağılımı



SAP2000 v9.0.1 - File:su kulesi - Frame Span Loads (RUZGAR3) (As Defined) - KN, m, C Units

Şekil 2.3: Y yönündeki rüzgar yüklerinin katlara dağılımı



SAP2000 v9.0.1 - File:su kulesi - Frame Span Loads (RUZGAR4) (As Defined) - KN, m, C Units

Şekil 2.4: -Y yönündeki rüzgar yüklerinin katlara dağılımı

2.2.KAR YÜKÜ

Yapının deniz seviyesinden yüksekliği ($H \leq 200$ m) ve çatı eğimi ($\alpha \leq 30^\circ$) için kar yükü

Zati kar yükü İstanbul ikinci bölge esas alınarak bulunmuştur, [1]

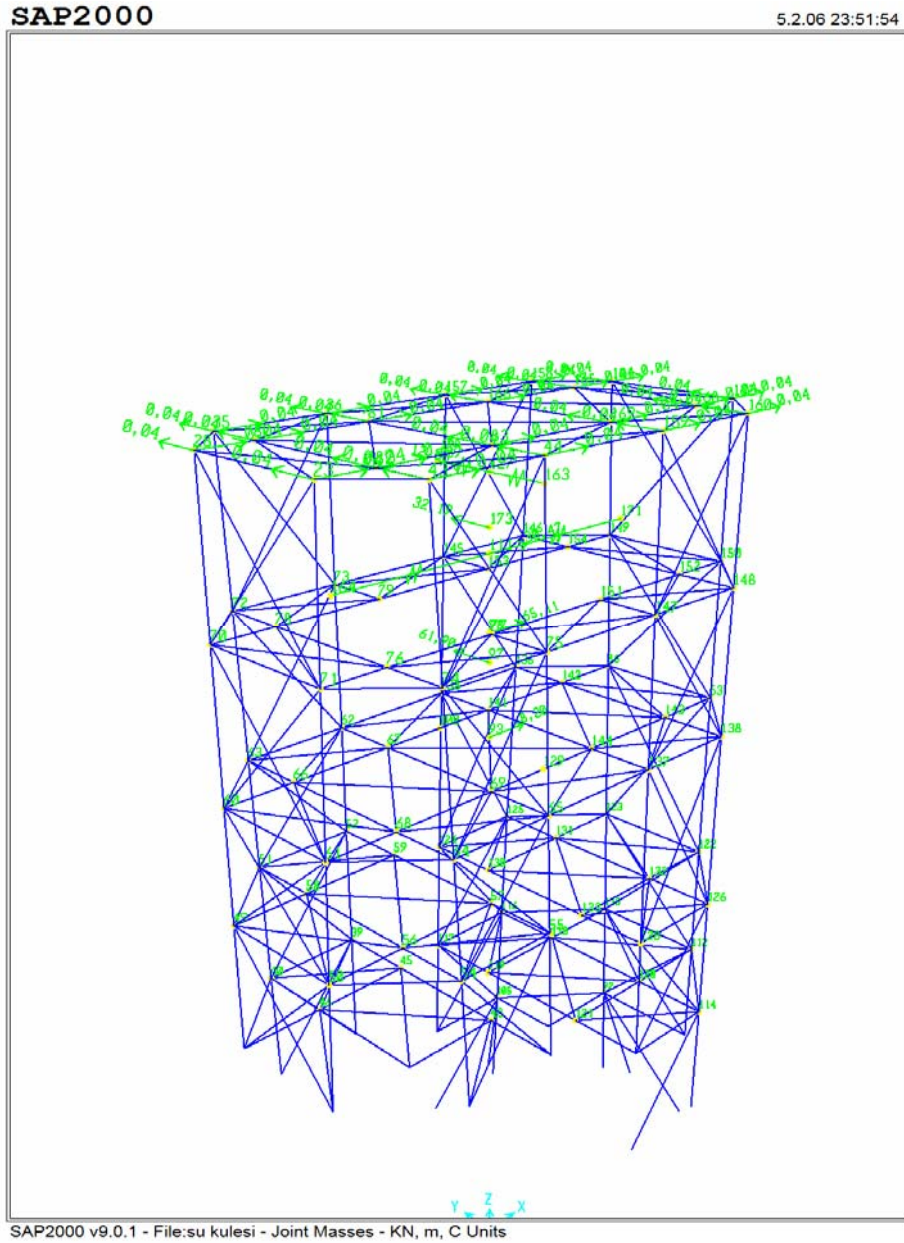
$$Pk_0 = 0,75 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Çatı katı yüzey alanı $38,0476 \text{ m}^2$ olarak bulunmuştur.

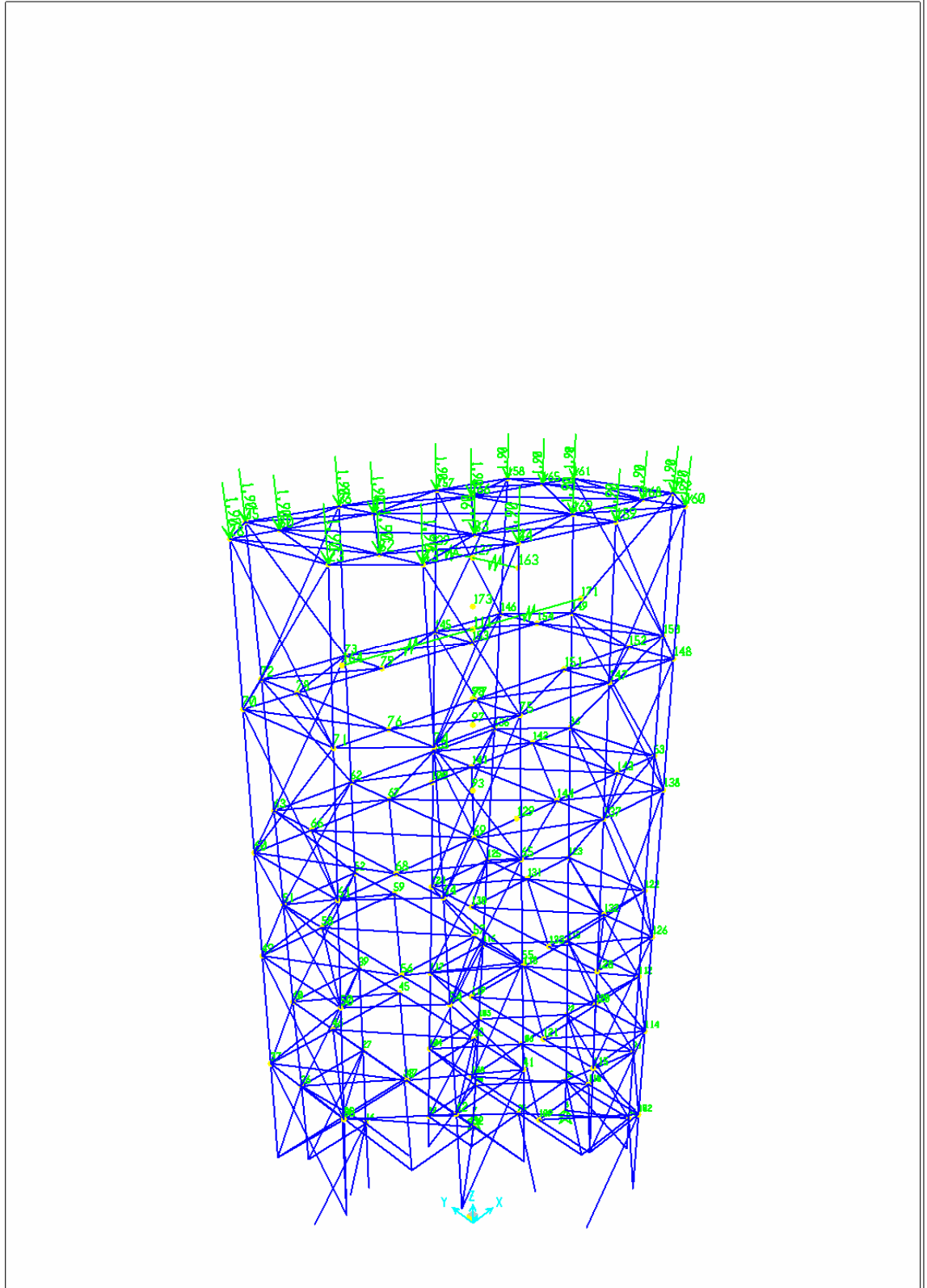
$$\text{Kar yükü} = 0,75 \text{ kN} / \text{m}^2 * 38,0476 \text{ m}^2 = 28,5357 \text{ kN}$$

Bir noktaya düşen kar yükü değeri:

$$28,5357 / 20 = 1,427 \text{ kN} \text{ olarak bulunmuştur.}$$



Şekil 2.5: Kar yükünün deprem sırasında kütle olarak etkimesi durumu



Şekil 2.6: Kar yükü değerleri

2.3 MERDİVEN YÜKÜ

Seçilen basamak boyutları 21*17 cm'dir.

2.Platform:	h=3m	Basamak sayısı:300/21=14	13 basamak	24 adet U profili
3.Platform:	h=1,5m	Basamak sayısı:=150/21=7	6 basamak	10 adet U profili
4. Platform:	h=1,5m		6 basamak	10 adet U profili
5.Platform:	h=1,5m		6 basamak	10 adet U profili
6.Platform:	h=1,5m		6 basamak	10 adet U profili
7.Platform:	h=1,5m		6 basamak	10 adet U profili
8.Platform:	h=1,5m		6 basamak	10 adet U profili
9.Platform:	h=2,5m		11 basamak	20 adet U profili

Hesaplar sonucu toplam 60 adet basamak bulunmuştur.104 adet U 200,120 adet L50 50 5 profili elde edilmiştir.

Merdiven ağırlığı:

U 200: $G=25,3 \text{ kg/m}$

L 50 50 5: $G=3,77 \text{ kg/m}$

h=1,5 m:

$G_{U200}=2,9*2*25,3=147 \text{ kg}=1,47 \text{ kN}$

$G_{L50505}=7,546*6=45 \text{ kg}=0,45 \text{ kN}$

$\Sigma G=192 \text{ kg}=1,92 \text{ kN}$

h=2,5m:

$G_{U200}=3,5*2*25,3=177 \text{ kg}=1,77 \text{ kN}$

$G_{L50505}=7,54*11=83 \text{ kg}=0,83 \text{ kN}$

$\Sigma G=260 \text{ kg}=2,60 \text{ kN}$

h=3 m:

$G_{U200}=3,9*2*25,3=197 \text{ kg}=1,97 \text{ kN}$

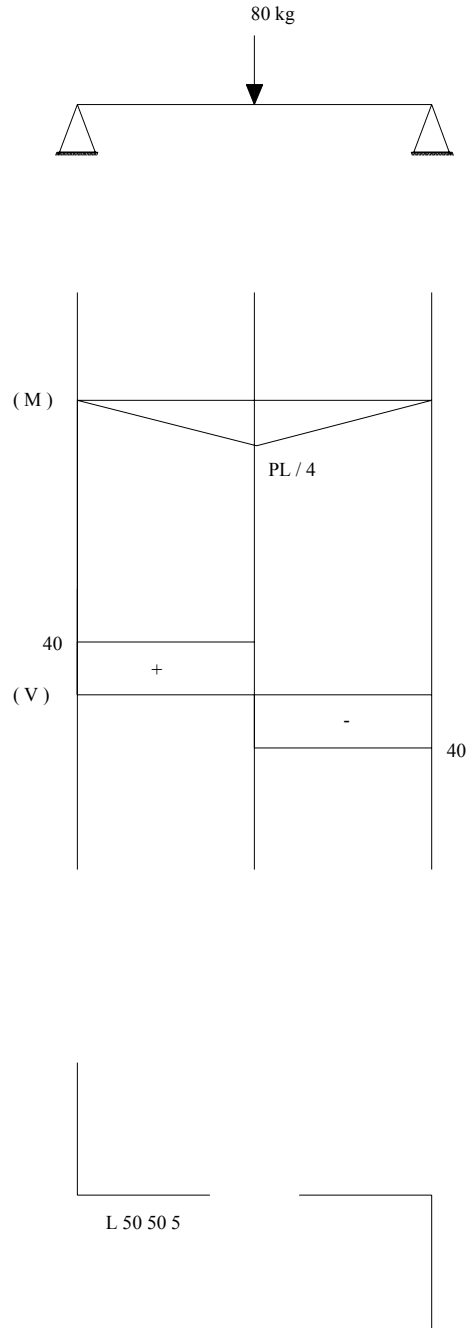
$G_{L50505}=98 \text{ kg}=0,98 \text{ kN}$

$\Sigma G=295 \text{ kg}=2,95 \text{ kN}$

$\Sigma G_{merdiven}=192+260+295=747 \text{ kg}=7,47 \text{ kN}$

Merdivende gerilme tahkiki:

L 50 50 5 b=50mm F=4,8 cm² G=3,77 kg/m e_x=e_y=1,40 cm I_x=I_y=11 cm⁴



Şekil 2.7: Merdiven kesiti

$$P=80 \text{ kg}=0,80 \text{ kN}$$

$$L=110 \text{ cm}$$

$$M=P \cdot L/4$$

$$M=80 \cdot 110/4=2200 \text{ kgcm}=22 \text{ kNcm}$$

$$V=P/2$$

$$V=80/2=40 \text{ kg}=0,40 \text{ kN}$$

Sistemin atalet momenti:

$$\Sigma I_x=2*11+2*4,8*1,4^2=40,816 \text{ cm}^4$$

Mukavemet momenti:

$$W_x= I_x/h \tag{2.2}$$

$$W_x=40,816 /5=8,16 \text{ cm}^3$$

Eğilme tahkiki:

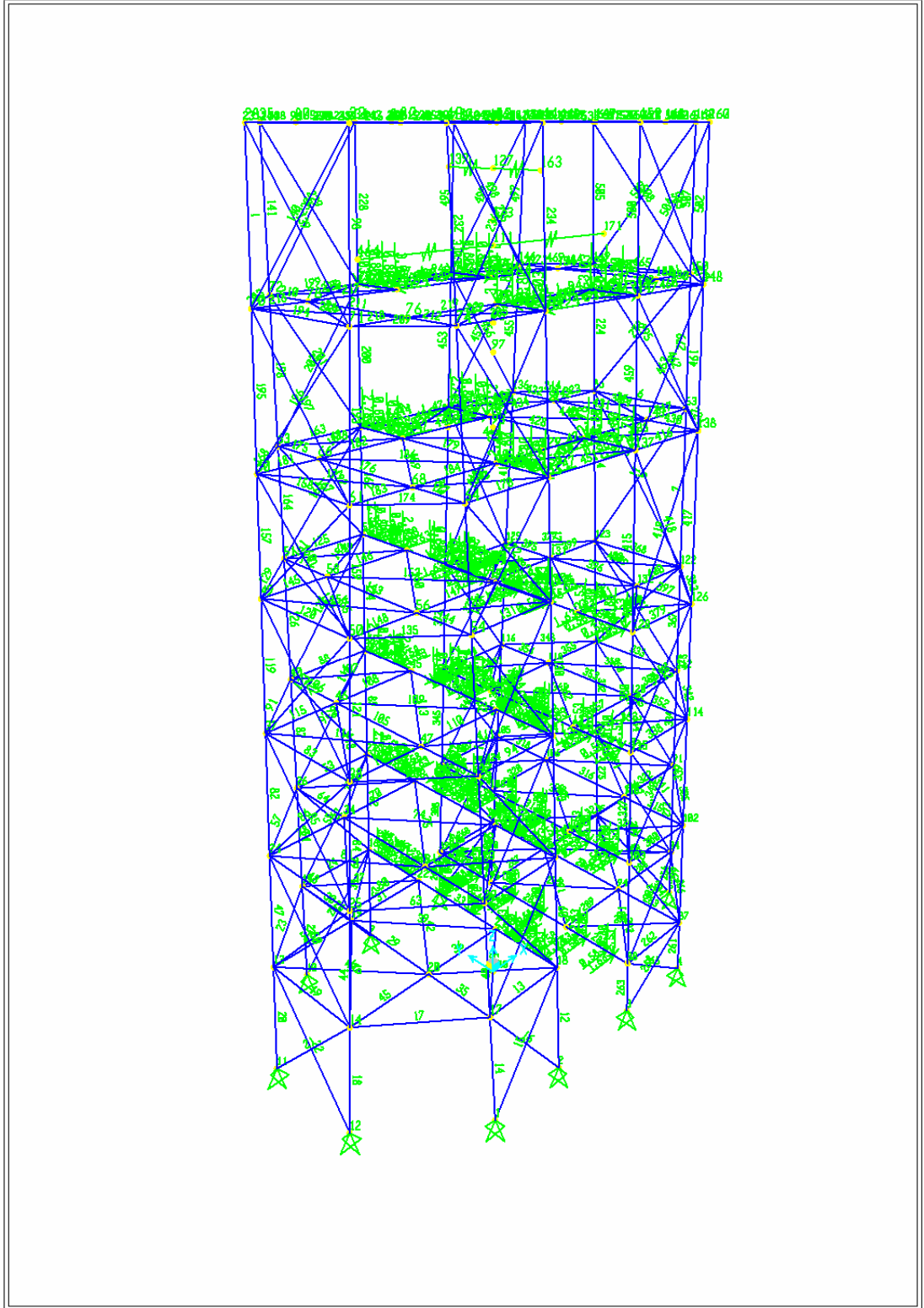
$$\sigma=M_{\max}/W_x < \sigma_{em} \tag{2.3}$$

$$\sigma=2200 /8,16=269,6 < 1400 \text{ kg/cm}^2=14,00 \text{ kN/cm}^2$$

Sehim tahkiki:

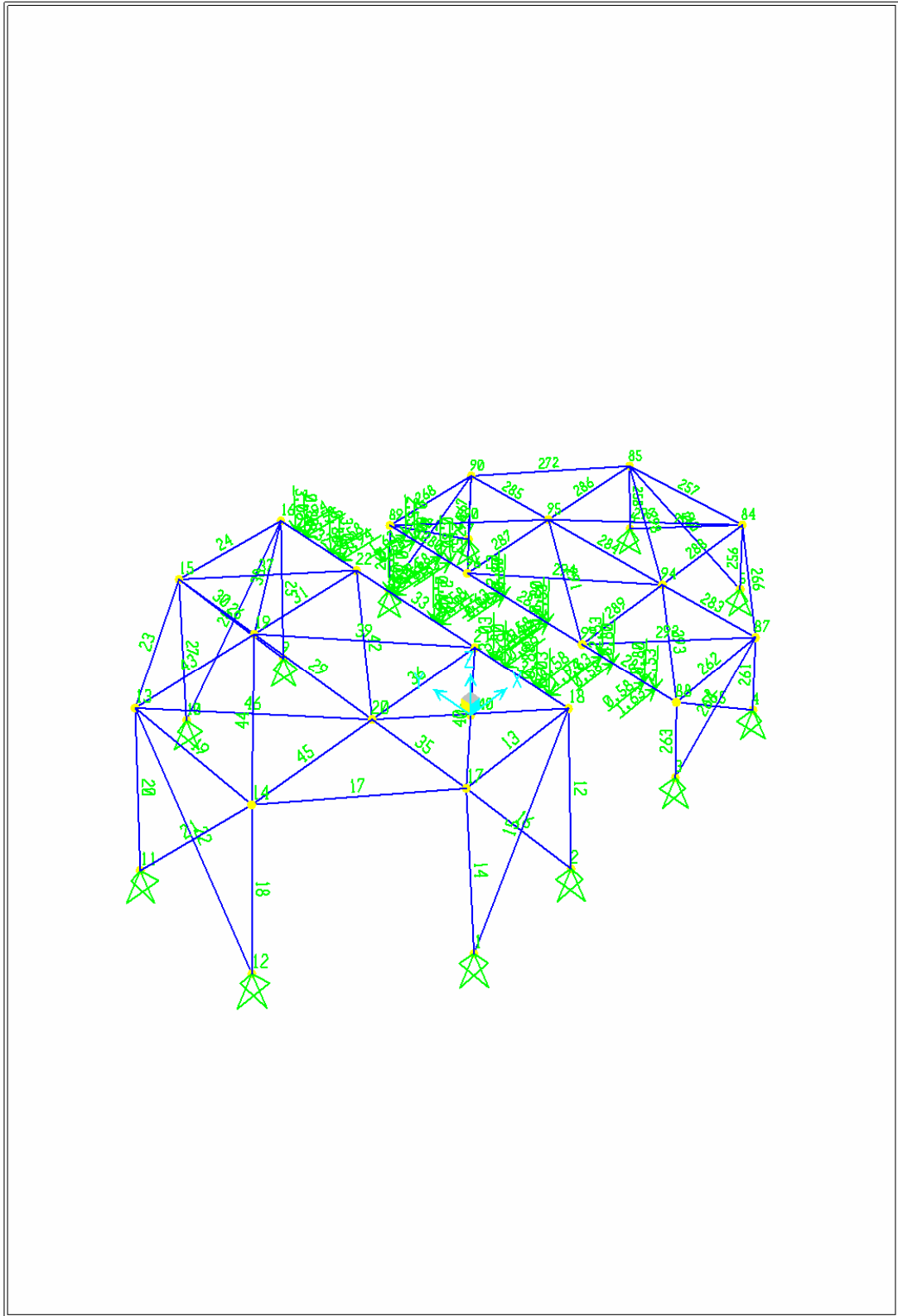
$$f=9,92*P*13/I_x \leq l/300 \tag{2.4}$$

$$f=9,92*(80*10^{-3})*1,1^3/40,816=0,0259\text{cm} < 0,367 \text{ cm}$$



SAP2000 v9.0.1 - File:su kulesi - Frame Span Loads (LIVE1) (As Defined) - KN, m, C Units

Şekil 2.8: Merdiven yükü değerleri

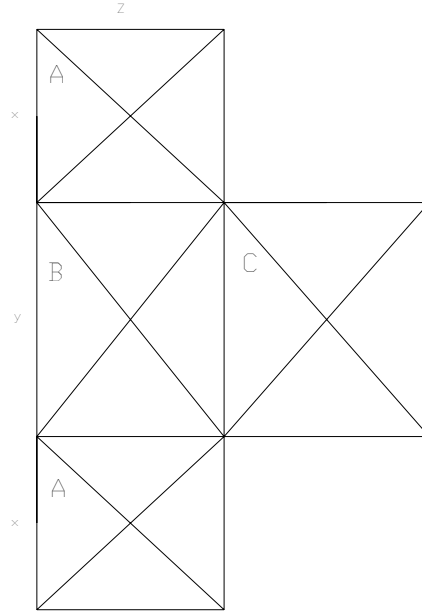


SAP2000 v9.0.1 - File:su kulesi - Frame Span Loads (LIVE1) (As Defined) - KN, m, C Units

Şekil 2.9: 1.ve 2. katlardaki merdiven yükü değerleri

2.4 DÖŞEME YÜKÜ

1 m²'ye 200 kg/cm² hareketli yük alınarak döşeme yükü hesabı yapılmıştır.



Şekil 2.10: Döşeme Planı

Hesap şekli:

ϵ =uzun kenar/kısa kenar

$\epsilon > 2,0$ çift doğrultuda çalışan plak

Her kattaki döşemelerde yükler trapez ve üçgen şeklinde belirtilmiştir.

Döşeme yüklü üçgen şeklinde;

$$p=q \cdot l_x / 3 \quad (2.5)$$

Trapez şeklinde;

$$p=q \cdot l_x / (3/2 - 1/(2 \cdot \epsilon^2)) \quad (2.6)$$

Üçgen ve trapez bir eleman üzerinde beraber bulunduğu durumda bu yükler uniform yayılı yüke dönüştürülür.

$$\text{Trapez yayılı yük } p \cdot l_x \cdot (1/2 - 1/(6 \cdot m^2)) \quad (2.7)$$

$$\text{üçgen yük; } p=q \cdot l_x / 3 \quad (2.8)$$

Elde edilen iki yük toplanarak elemana etkilmiştir.

1. Platformda döşeme yükü hesabı:

ϵ =uzun kenar/kısa kenar

A: $\epsilon=2,093/1,927=1,08 < 2$ $\epsilon > 2,0$ çift doğrultuda çalışan plak

B: $\epsilon=2,6/2,093=1,24 < 2$ $\epsilon > 2,0$ çift doğrultuda çalışan plak

C: $\epsilon=2,6/2,296=1,13 < 2$ $\epsilon > 2,0$ çift doğrultuda çalışan plak

Trapez yayılı yükte;

$$p=q \cdot l_x / (3/2 - 1/(2 \cdot \epsilon^2))$$

$$A: p=200 \cdot 1,927/3 \cdot (3/2 - 1/(2 \cdot 1,08^2))=137,63 \text{ kg/cm}^2=1,3763 \text{ kN/cm}^2$$

$$B: p=200 \cdot 2,093/3 \cdot (3/2 - 1/(2 \cdot 1,24^2))=163,93 \text{ kg/cm}^2=1,6393 \text{ kN/cm}^2$$

$$C: p=200 \cdot 2,296/3 \cdot (3/2 - 1/(2 \cdot 1,13^2))=169,66 \text{ kg/cm}^2=1,6966 \text{ kN/cm}^2$$

Üçgen yayılı yükte:

$$p=q \cdot l_x / 3$$

$$A: p=200 \cdot 1,927/3=128,47 \text{ kg}=1,2847 \text{ kN}$$

$$C: p=200 \cdot 2,296/3=153,07 \text{ kg}=1,5307 \text{ kN}$$

Üçgen ve yayılı yükün aynı elemanda bulunması durumunda her iki yük uniform yayılı yüke dönüştürülür.

$$\text{Üçgen yük: } p=q \cdot l_x / 3$$

A-B arasındaki trapez yayılı yükün uniform yayılı yüke dönüşümü:

$$\text{Yük} = p \cdot l_x \cdot (1/2 - 1/(6 \cdot m^2))$$

$$m = l_y / l_x = 2,093 / 0,523 = 4,00$$

$$\text{Yük} = 200 \cdot 0,523 \cdot [1/2 - 1/(6 \cdot 4^2)] = 51,21 \text{ kg} = 0,5121 \text{ kN}$$

Üçgen yayılı yükün uniform yayılı yüke dönüşümü:

$$\text{Yük} = 200 \cdot 2,093/3 = 139,53 \text{ kg} = 1,3953 \text{ kN}$$

$$\Sigma \text{Yük: } 51,21 + 139,53 = 190,74 \text{ kg} = 1,9074 \text{ kN}$$

B-C arasında:

$$\Sigma \text{Yük: } 163,93 + 169,66 = 333,59 \text{ kg} = 3,3359 \text{ kN}$$

Tablo 2.6: Döşemelere gelen yük değerleri

PL	q	x(m)	y(m)	z(m)	ε (A)	ε (B)	ε (C)	Üçgen yayılı yük	Trapez yayılı yük			Uniform yayılı yük	B-C yükü	
								A	C	A	B	C		A-B yükü
1.PL	200	1,927	2,093	2,296	1,08<2	1,24<2	1,13<2	128,47	153,07	137,63	163,93	169,66		
2.PL	200	1,854	2,093	2,193	1,13<2	1,24<2	1,19<2	123,6	146,2	137	163,93	167,68	190,74	331,61
3.PL	200	1,78	2,093	163,77	1,18<2	1,24<2	1,24<2	118,67	139,4	135,39	163,93	163,77	190,74	327,7
4.PL	200	1,707	2,093	1,707	1,23<2	1,24<2	1,31<2	113,8	132,6	133,09	163,93	137,54	190,74	301,47
5.PL	200	1,634	2,093	1,887	1,28<2	1,24<2	1,38<2	108,93	125,8	130,16	163,93	155,67	190,74	319,6
6.PL	200	1,561	2,093	1,784	1,34<2	1,24<2	1,46<2	104,6	118,93	127,12	163,93	150,5	190,74	314,43
7.PL	200	1,488	2,093	1,682	1,41<2	1,24<2	1,53<2	99,2	112,13	123,85	163,93	144,86	190,74	308,79
8.PL	200	1,415	2,093	1,58	1,48<2	1,24<2	1,65<2	94,33	105,33	119,97	163,93	138,66	190,74	302,59
9.PL	200	1,293	2,093	1,409	1,62<2	1,24<2	1,85<2	86,2	93,93	112,88	163,93	127,18	190,74	291,11
10.PL	200	1,293	2,093	1,409	1,62<2	1,24<2	1,85<2	86,2	93,93	112,88	163,93	127,18	190,74	291,11
11.PL	200	1,146	2,093	1,205	1,83<2	1,24<2	2,16<2	76,4	80,33	103,19	163,93	111,89	190,74	291,11
12.PL	200	1,146	2,093	1,205	1,83<2	1,24<2	2,16<2	76,4	80,33	103,89	163,93	111,89	190,74	291,11
11-12 PL	200	1,293	2,52	1,146				86,2	76,4	117,96	172,82	106,64	168	168

$$1:p=q \cdot l_x/3$$

$$2:p=q \cdot l_x/3 \cdot (3/2 - 1/(2 \cdot \varepsilon^2))$$

2.5 TANK YÜKÜ

Tank 6,7*5,5*2,6 boyutundadır.

2.5.1 TANK AĞIRLIĞI

Sac yoğunluğu:8gr/cm³

2:

$$V=5500*2600*5=71500000 \text{ mm}^3=71500 \text{ cm}^3$$

$$\text{Ağırlık}=V*\text{Sac yoğunluğu}$$

(2.9)

$$\text{Ağırlık}=71500*8=572000\text{gr} =572 \text{ kg}=5.72 \text{ kN}$$

3:

$$V=6706*5500*5=184415000 \text{ mm}^3 =184415 \text{ cm}^3$$

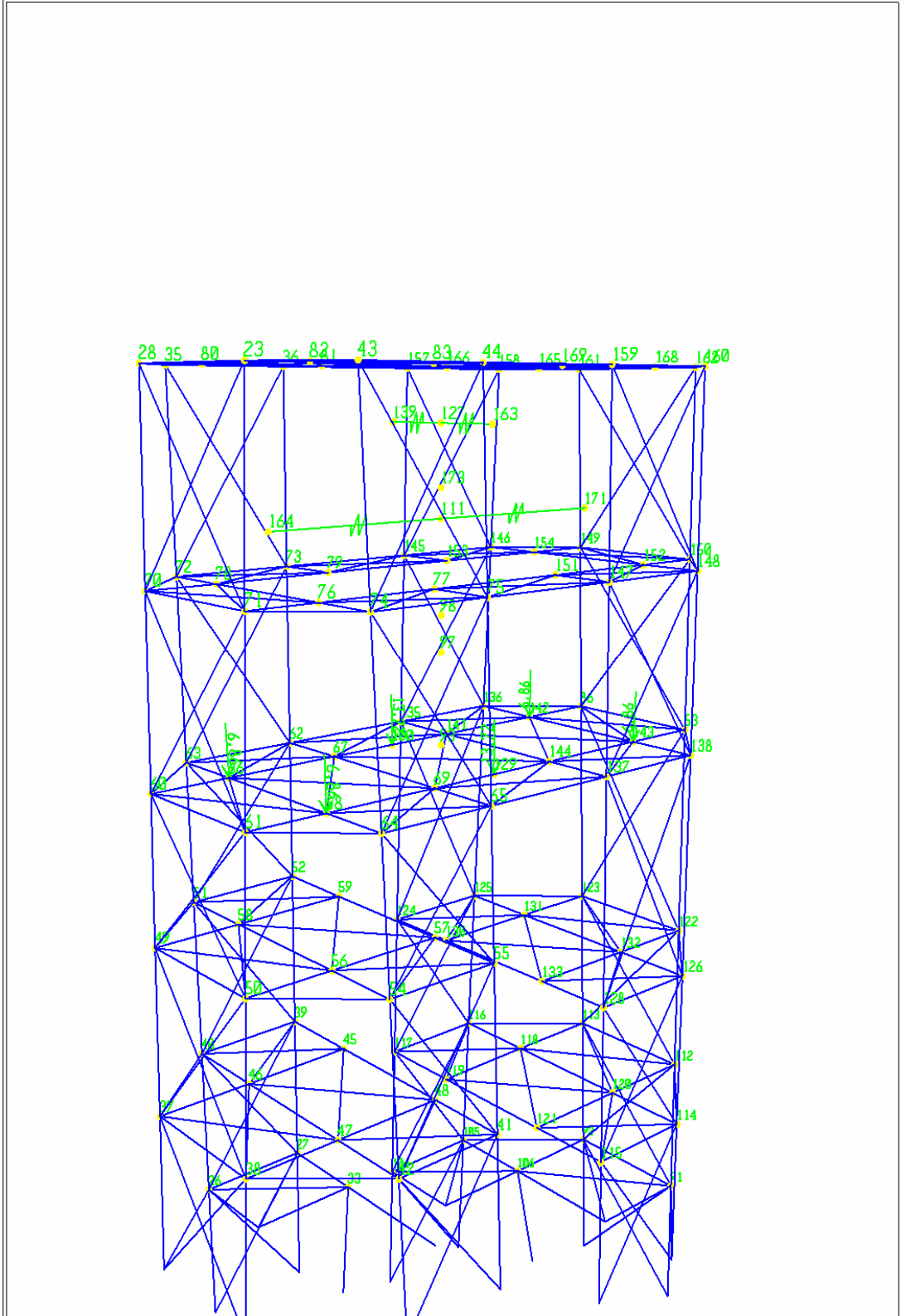
$$\text{Ağırlık}=184415*8=1475320\text{gr}=1475,32 \text{ kg}=14,7532 \text{ kN}$$

5:

$$V=6706*2600*5=87178000 \text{ mm}^3 =87178 \text{ cm}^3$$

$$\text{Ağırlık}=87178*8=697424 \text{ gr}=697,424 \text{ kg}=6,97424 \text{ kN}$$

$$\Sigma G=572,2+1475,32*2+697,42*2=5489,48 \text{ kg} =5,489 \text{ t}=54,89 \text{ kN}$$



SAP2000 v9.0.1 - File:su kulesi - Joint Loads (tanky) (As Defined) - KN, m, C Units

Şekil 2.12: Tank yükü değerleri

2.5.2.EŞDEĞER KÜTLE YAY SİSTEMİ

Sap 2000 programında tank eşdeğer kütle yay sistemi olarak tanımlanmıştır. Tankın temas ettiği noktalar blok olarak alınmıştır. Blok sayesinde kule ve tank bütün olarak ele alınmıştır.

İçi sıvı dolu dikdörtgen kesitli bir hazneye deprem etkisiyle dinamik kuvvetler dikdörtgen tanka sıvı tarafından iki şekilde etkir. **[9,10,11]**

a)İmpulsif etki

b) Konvektif etki

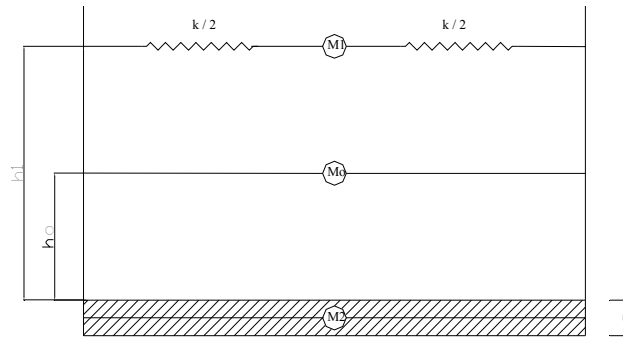
a)İmpulsif etki: Tank duvarıyla suyun beraber hareket etmesinden kaynaklanır.

Bu etki sudan dolayı oluşmaktadır.Su rijit bir şekilde tank duvarına etki etmektedir.Suyun yaptığı bu etki M_0 ile gösterilir.

b)Konvektif etki:Hareket halindeki haznenin suya bir salınım hareketi vermesidir. Bu etki sıvının dalgalanması ile ortaya çıkar. Sıvının bu hareketi bir dalga hareketi olarak duvara etkir. Bu etki, M_1 ile gösterilir.

Deprem etkisinden dolayı oluşan dinamik kuvvetler tanka M_0 ve M_1 olarak etkimektedir.

İçi sıvı dolu, deprem doğrultusundaki boyutu $2L$ olan, dikdörtgen kesitli bir haznenin deprem etkisi altındaki dinamik davranışı belirlenirken, haznedeki sıvının kütlesi, M_0 hazneye h_0 yüksekliğinde rijit olarak bağlı ve M_1 hazneye h_1 yüksekliğinde k elastik yayı ile bağlı iki kütle olarak incelenmiştir. **[4,5,12]**



Şekil 2.13: Dikdörtgen haznede deprem etkilerinde kullanılan parametreler

Haznedeki sıvı yüksekliği:

$h/l > 1,5$ (dikdörtgen hazne) olacak şekilde büyükse, altta s yüksekliğinde bir sıvı kütesinin hazne ile beraber hareket ettiği kabul edilir. Üstte kalan 1,5 l sıvı kütlesi M_0 ve M_1 şeklinde iki kütleyle bölünmüştür. [13,14]

$$M_0/M - M_2 = \tan h(\sqrt{3/a}) / \sqrt{3/a} \quad (2.10)$$

$$M_1/M = (b/a) * \tan h(c*a) \quad (2.11)$$

$$h_0/h = 0,375 * [1 + a * (M/M_0 - M_1)] \quad (2.12)$$

$$h_1/h = 1 - [(\cos h(c*a) - \beta) / c * a * \sin h(c*a)] \quad (2.13)$$

$$k * h / M_1 * g = c * a * \tan h(c*a) \quad (2.14)$$

$$a = h/l \quad b = 0,527 \quad c = 1,58 \quad d = 1,32 \quad e = 2,5$$

Hazne duvarına etkiyen hidrodinamik basınç nedeniyle $\alpha = 0, \beta = 1$ değerleri kullanılmıştır.

$h/l > 1,5$ durumunda M_0 rijit bağlı kütlelerin hesabında, sıvının M_0 ve M_2 dışında kalan kütlesi toplam kütle olarak hesaba girerken M_1 ve diğer ilgili bütün değerlerin hesabında sıvının toplam kütlesi göz önüne alınmıştır.

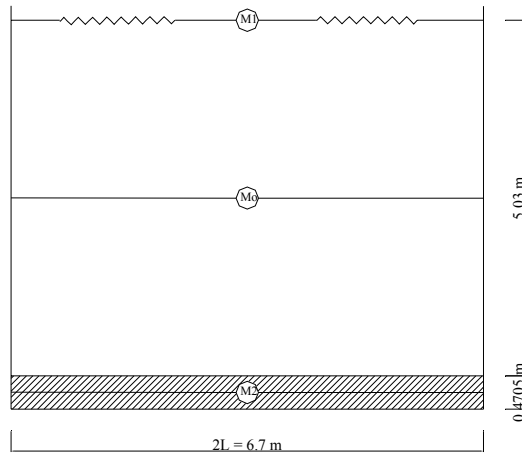
Dikdörtgen su tankı için deprem etkisinin hesabı:

X yönünde;

$$2L = 6,706 \text{ m}$$

$$L = 3,353 \text{ m}$$

$$a = h/L = 5,5/3,353 = 1,64 \text{ m} > 1,5 \text{ m}$$



Şekil 2.13a: Dikdörtgen haznede y yönünde ki deprem doğrultusunda kullanılan değerler

Su kütlesi:

$$M=6,706*5,5*2,6*1000=95895,8=95,8958*10^3 \text{ kg}=95,8958*10 \text{ kN}$$

$$M_2=6,706*2,6*0,4705*1000=8203,45=8,2*10^3 \text{ kg}=8,2*10 \text{ kN}$$

$$M_1/M=b*\tan h(c*a)/a$$

$$M_1 / 95,8958*10^3=0,527*\tan h(1,58*1,64)/1,64$$

$$M_1=30471,2=30,47*10^3 \text{ kg}=30,47*10 \text{ kN}$$

$$M_0/M-M_2=\tan h(\sqrt{3}/1,64)/(\sqrt{3}/1,64)$$

$$M_0=65111,75=65,112*10^3 \text{ kg}=65,112*10 \text{ kN}$$

$$(k*h)/M_1*g=c*a*\tan h(c*a)$$

$$(k*5,5)/(30,47*10^3*9,81)=1,58*1,64*\tan h(1,58*1,64)$$

$$k=139,252 \text{ KN/m}$$

$$k/2=69,626 \text{ KN/m}$$

$$\alpha=0 \quad h_0/h=0,375$$

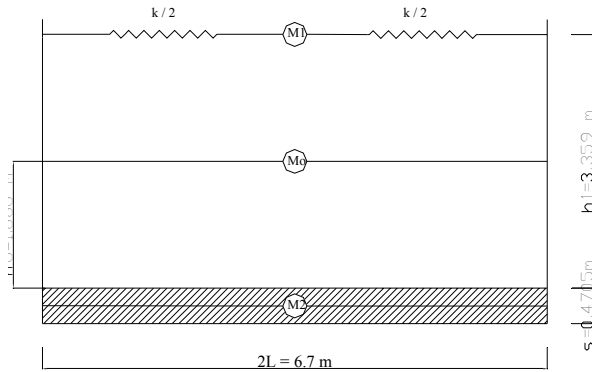
$$h_0/5,03=0,375$$

$$h_0=1,886 \text{ m}$$

$$B=1 \quad h_1/h=1-[\cos h(1,58*1,64)-1/1,58*1,64*\sin h(1,58*1,64)]$$

$$h_1/h=0,668$$

$$h_1=3,359 \text{ m}$$



Şekil 2.13b: Dikdörtgen su tankında h yükseklikleri (x yönünde)

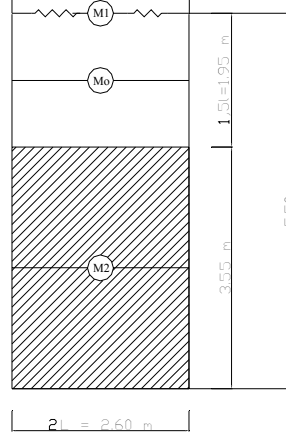
Y yönü:

$$2L=2,6 \text{ m}$$

$$L=1,3 \text{ m}$$

$$a=h/L=5,5/1,3=4,2>1,5 \text{ m}$$

$$b=0,527 \quad c=1,58 \quad d=1,32 \quad e=2,5 \text{ (dikdörtgen hazne)}$$



Şekil 2.13c: Dikdörtgen haznede x yönündeki deprem doğrultusunda kullanılan değerler

$$M_1/M = b \cdot \tan h(c \cdot a) / a$$

$$M_1 / 95,8958 \cdot 10^3 = 0,527 \cdot \tan h(1,58 \cdot 4,2) / 4,2$$

$$M_1 = 12032,6 = 12,03 \cdot 10^3 \text{ kg} = 12,03 \cdot 10 \text{ kN}$$

$$M_0/M - M_2 = \tan h(\sqrt{3}/4,2) / (\sqrt{3}/4,2)$$

$$M_0 = 32194,687 = 32,194687 \cdot 10^3 \text{ kg} = 32,194687 \cdot 10 \text{ kN}$$

$$(k \cdot h) / M_1 \cdot g = c \cdot a \cdot \tan h(c \cdot a)$$

$$(k \cdot 5,5) / (12,03 \cdot 10^3 \cdot 9,81) = 1,58 \cdot 4,2 \cdot \tan h(1,58 \cdot 4,2)$$

$$k = 142389,13 \text{ kN/m}$$

$$k/2 = 71,19 \text{ kN/m}$$

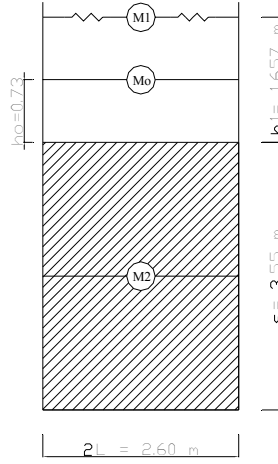
$$\alpha = 0 \quad h_0/h = 0,375$$

$$h_0/1,95 = 0,375$$

$$h_0 = 0,73 \text{ m}$$

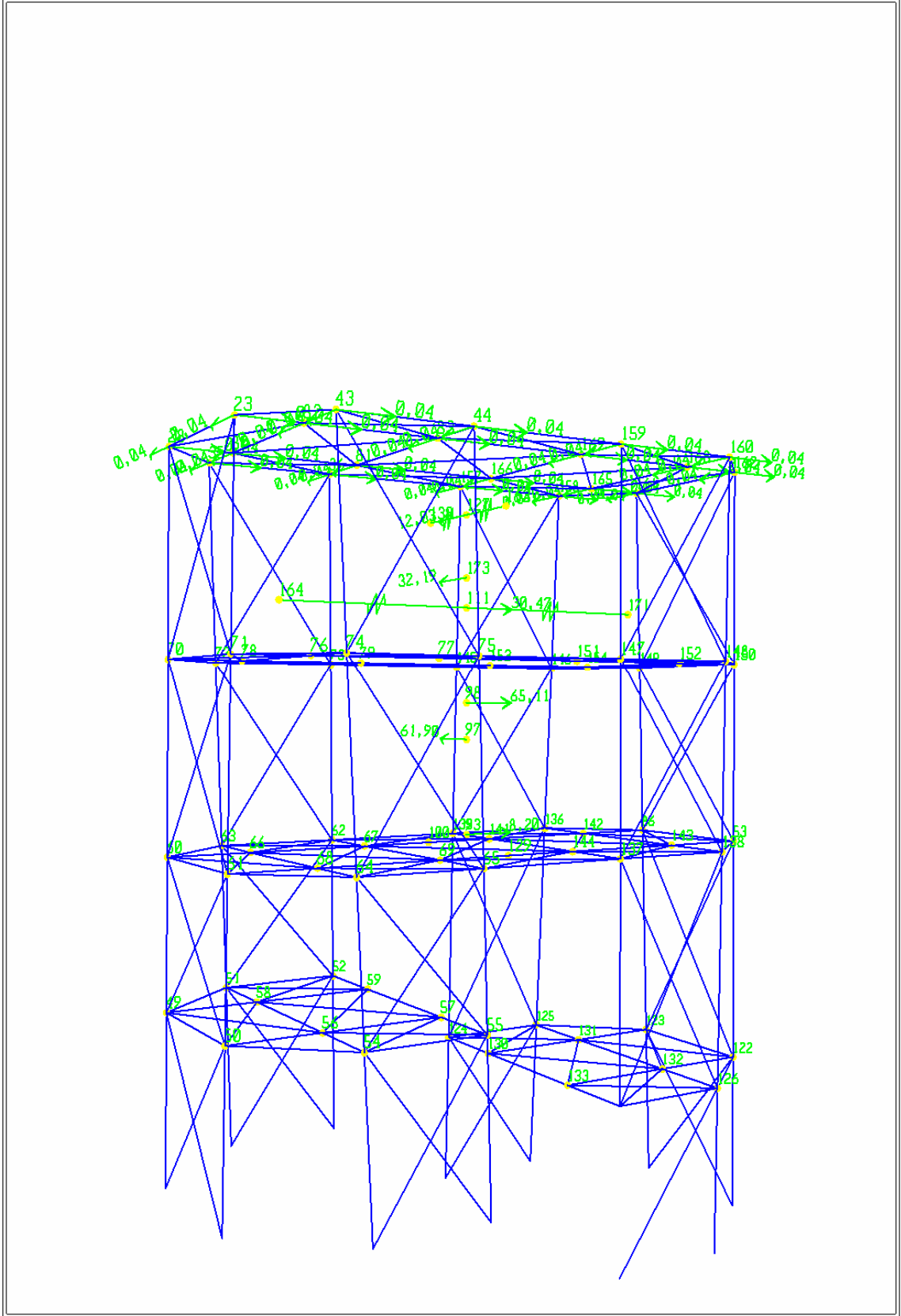
$$\beta = 1 \quad h_1/h = 1 - [\cos h(1,58 \cdot 4,2) - 1/1,58 \cdot 4,2 \cdot \sin h(1,58 \cdot 4,2)]$$

$$h_1 = 3,359 \text{ m}$$



Şekil 1.13d: Dikdörtgen su tankında h yükseklikleri (y yönünde)

X ve y yönündeki dinamik etkilerden dolayı oluşan kütleler belirlendikten sonra su kulesi yapısında belirlenen kotlara bu kütleler yerleştirilmiştir. Bu kütle ve yay sistemi blok sayesinde su kulesi ve tankın bütünlüğünü sağlamıştır. Kütlelerin bağlandığı noktalar ve tankın su kulesi yapısına oturduğu noktalar blok olarak SAP2000 programında belirtilmiştir.



SAP2000 v9.0.1 - File:su kulesi - Joint Masses - KN, m, C Units

Şekil 2.14: Eşdeğer kütle yay sistemi modeli

2.6 Su yükü:

Su kütlesi:

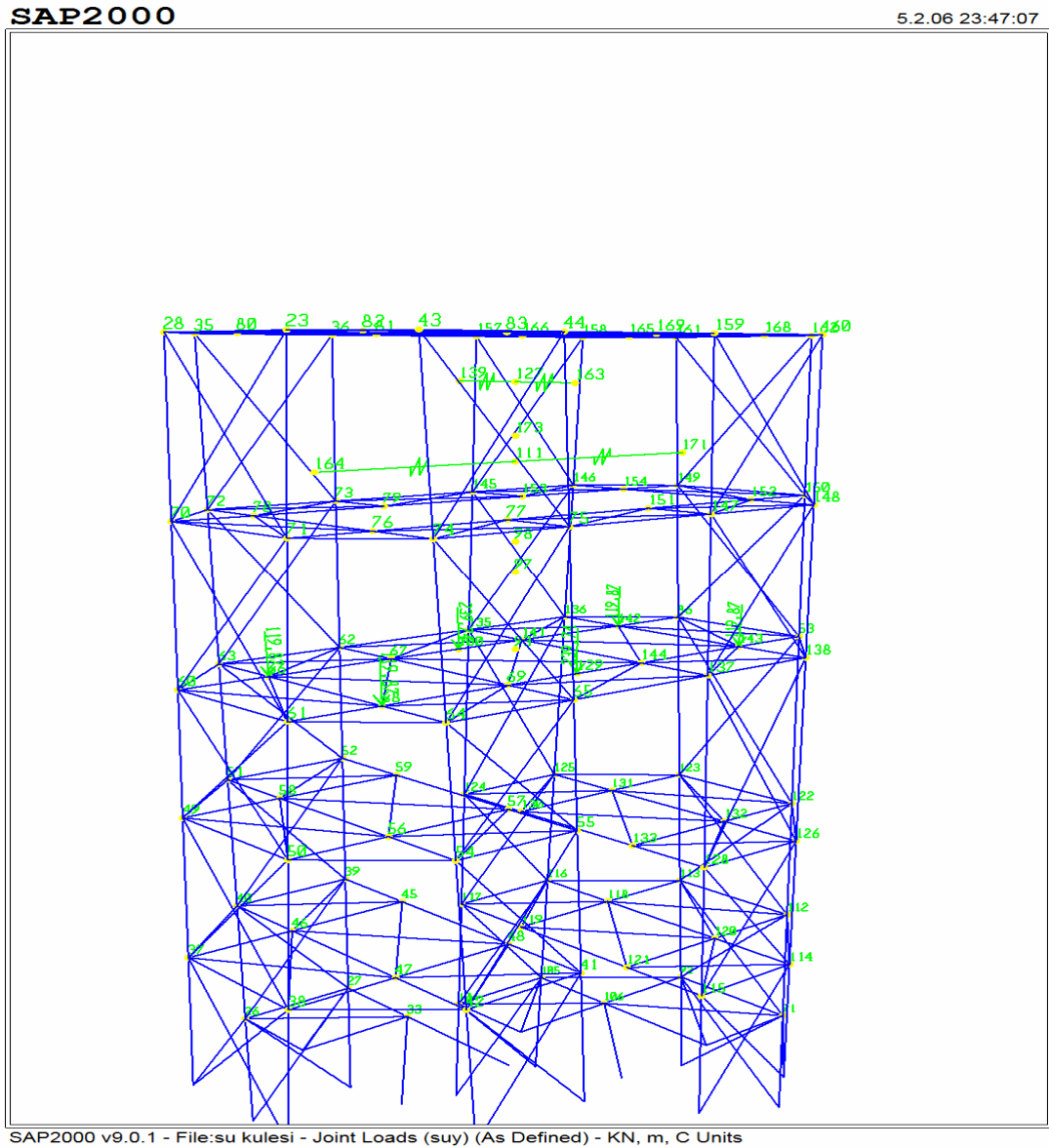
$$M=6,7*5,5*2,6*1000=95,8958*10^3 \text{ kg}=95,8958*10 \text{ kN}$$

$$W=m*g=95,8958*103\text{kg}*10\text{m/sn}^2=95,8958*10^4 \text{ N}=95,8958*10 \text{ kN}$$

Bir noktaya düşen su yükü:

$$95,8958*10/8=119,87 \text{ kN}$$

Su yükü tankın orta noktasına ve kenar noktalara verilmiştir. Orta noktaya verilen su yükü değeri kenar noktaya verilen değerin iki katı olarak verilmiştir.



Şekil 2.15: Su yükü değerleri

3. YÜK KOMBİNASYONLARI

Sistemin çözümünde kullanılan yük kombinasyonları 29 adet olarak sistem üzerine etki ettirilmiştir. Deprem etkisinden dolayı yük kombinasyonları belirlenirken azaltma yapılmıştır. Belirlenen yük kombinasyonları ile analiz yapılmış ve en elverişsiz durum halinde elde edilen değerlere göre boyutlandırma yapılmıştır. [6]

$$0,75*(Zati+hareketli yük1+hareketli yük2+su yükü+kar yükü+tank yükü)$$

$$0,75*(Zati+hareketli yük1+hareketli yük2+EX)$$

$$0,75*(Zati+hareketli yük1+hareketli yük2+EY)$$

$$0,75*(Zati+hareketli yük1+hareketli yük2-EX)$$

$$0,75*(Zati+hareketli yük1+hareketli yük2-EY)$$

$$0,75*(0,9* Zati +EX+kar yükü+tank yükü+ hareketli yük2)$$

$$0,75*(0,9* Zati +EY+kar yükü+tank yükü+ hareketli yük2)$$

$$0,75*(0,9* Zati -EX+kar yükü+tank yükü+ hareketli yük2)$$

$$0,75*(0,9* Zati -EY+kar yükü+tank yükü+ hareketli yük2)$$

$$Zati +Rüzgar1+ hareketli yük2+tank yükü+su yükü$$

$$Zati +Rüzgar2+ hareketli yük2+tank yükü+su yükü$$

$$Zati +Rüzgar3+ hareketli yük2+tank yükü+su yükü$$

$$Zati +Rüzgar4+ hareketli yük2+tank yükü+su yükü$$

$$Zati -Rüzgar1+ hareketli yük2+tank yükü+su yükü$$

$$Zati -Rüzgar2+ hareketli yük2+tank yükü+su yükü$$

$$Zati -Rüzgar3+ hareketli yük2+tank yükü+su yükü$$

$$Zati -Rüzgar4+ hareketli yük2+tank yükü+su yükü$$

$$0,9* Zati +Rüzgar1+ hareketli yük2+tank yükü$$

$$0,9* Zati +Rüzgar2+ hareketli yük2+tank yükü$$

$$0,9* Zati +Rüzgar3+ hareketli yük2+tank yükü$$

$$0,9* Zati +Rüzgar4+ hareketli yük2+tank yükü$$

$$0,9* Zati -Rüzgar1+ hareketli yük2+tank yükü$$

$$0,9* Zati -Rüzgar2+ hareketli yük2+tank yükü$$

$$0,9* Zati -Rüzgar3+ hareketli yük2+tank yükü$$

$$0,9* Zati -Rüzgar4+ hareketli yük2+tank yükü$$

4. DEPREM YÜKÜ HESABI

4.1 Mod birleştirme yöntemi:

İvme spektrumu: [6]

$$S_{pa}(T_r) = A(T_r) * g / R_a(T_r) \quad (4.1)$$

Bina önem katsayısı(I): 1,5

$$A_0 = 0,4$$

R=2 olarak alınmıştır.

$$A_0 * I / R = 0,4 * 1,5 / 2 = 2,943$$

$$V_t = W * A(T_1) / R \quad (4.2)$$

Sap 2000 programında response spektrum analizi yapılırken x ve y yönündeki deprem yükleri $depx$ ve $depy$ olarak tanımlanmış her iki doğrultu için scale factor değeri 2,943 tanımlanmıştır. Bu yöntem kullanılarak yapılan analiz sonucunda maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler belirlenmiştir. Sonuçların güvenilirliği bakımından eşdeğer deprem yükü yöntemine göre de hesap yapılarak sonuçların karşılaştırılmıştır.

4.2 Elastik deprem yüklerinin tanımlanması:

Spektral ivme katsayısı:

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan ve tanım olarak %5 sönüm oranı için elastik tasarım ivme spektrumu'nun yerçekimi ivmesi g 'ye bölünmesine karşı gelen Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, aşağıda belirtilmiştir.

$$A(T) = A_0 * I * S(T) \quad (4.3)$$

Bina önem katsayısı:

$I = 1,5$ olarak alınmıştır.

Spektrum katsayısı:

Spektrum Katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T 'ye bağlı olarak aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$S(T)=1+1,5*T/T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.4a)$$

$$S(T)=2,5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (4.4b)$$

$$S(T)=2,5*(T_B/T)^{0,8} \quad (T > T_B) \quad (4.4c)$$

Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B değerleri yerel zemin sınıfına bağlı Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B)

Yerel zemin sınıfı	T_A	T_B
Z1	0,1	0,3
Z2	0,15	0,4
Z3	0,15	0,6
Z4	0,2	0,9

Etkin yer ivmesi katsayısı:

Aşağıdaki tabloda etkin yer ivmesi katsayısı (A_0) tanımlanmıştır.

Tablo 4.2: Etkin Yer İvmesi Katsayısı

Deprem bölgesi	A_0
1	0,4
2	0,3
3	0,2
4	0,1

Binanın yaklaşık birinci titreşim periyodu denklem (4.5)'e göre hesaplanır.

$$T_1 = C_t * H_N^{3/4} \quad (4.5)$$

Tablo 4.3: C_t katsayısının bina taşıyıcı sistemine göre alacağı değerler

Taşıyıcı Sistemin Yapısı	C_t
Sadece betonarme çerçeve	0,07
Dışmerkez çaprazlı çelik perde	0,07
Sadece çelik perde	0,08
Diğer tüm binalar	0,05

Yapıların taşıyıcı sisteminin, düşey yükler yanında, deprem etkisini de güvenlikle karşılaması gerekir. Bu etki dinamik karakterde ve yapıya değişik yönlerde etkimektedir. 1998 yılı yönetmeliğinde Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi mevcuttur.

Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabı:

Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabına esas olan değer ve katsayıların hesabı yapılmıştır.

Bina 1.deprem bölgesinde, zemini ise Z1 sınıfı zemin olarak belirlenmiştir.

Bina önem katsayısı I, 1,5 olarak alınmıştır.

Etkin yer ivmesi katsayısı A_0 , 1. deprem bölgesi için 0,40 olarak alınmıştır.

Binanın yaklaşık birinci titreşim periyodu denklem (4.5)'e göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$T_1 = C_t * H_N^{3/4} = 0,07 * 20,53^{3/4} = 0,67 \text{ sn}$$

Bilgisayar analiz sonucunda $T_1 = 2,9082$, $T_2 = 1,7265$ sn.

Spektrum katsayısı $S(T)$, $T > T_B$ için $S(T) = (T/T_B)^{0,8}$ denklem (4.4c)'ye göre hesaplanmıştır.

Deprem yükü azaltma katsayısı R,2 olarak alınmıştır.

Buna göre spektral ivme katsayısı:

$$A(T) = A_0 * I * S(T) \text{ formülüyle hesaplanmıştır.}$$

Tablo 4.4: Yapının deprem hesabına ait karakteristik değerler

Çelik yapı	Su kulesi
Deprem bölgesi	1
Zemin sınıfı	Z1
Etkin yer ivmesi katsayısı	0,4
Bina önem katsayısı	1
Spektrum katsayısı	$S(T_1) = 0,16$
	$S(T_2) = 0,61$
1.doğal titreşim periyodu	$T_1 = 2,9082$ sn
2. doğal titreşim periyodu	$T_2 = 1,7264$ sn
Deprem yükü azaltma katsayısı	R=2
Spektral ivme katsayısı	$A(T_1) = 0,096$
	$A(T_2) = 0,3696$

4.3 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Yapı Ağırlığının Hesabı:

Yapının ağırlığı denklem (3.6) kullanılarak hesaplanır.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (4.6)$$

Katlara Etkiyen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi:

Yapıya etkiyecek toplam eşdeğer deprem yükü denklem (4.6)'a göre hesaplanır.

$$V_t = W * A(T) / R \quad (4.7)$$

Denklem (4.7) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak denklem (4.8) ile ifade edilmiştir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (4.8)$$

ABYYHY (1998) yönetmeliğinde bina yüksekliği, $H_N > 25m$ olması halinde binanın N.katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF 'nin değeri denklem (4.9) ile hesaplanmaktadır. ΔF_N yapının en üst katına ek olarak uygulanacak yatay yük olup, yüksek yapılarda birinci mod yanında etkili olabilecek yüksek modların katsayısını hesaba katmak içindir.

$H_N \leq 25m$ olması halinde

$$\Delta F_N = 0,07 * T_1 * V_d \leq 0,2 * V_t \quad (4.9)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı N'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına denklem (4.9) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) * (w_i * H_i) / \sum_{i=1}^N (w_i * H_i) \quad (4.10)$$

Yapının birinci normal moduna ait doğal titreşim periyodunun yaklaşık hesabı

Birinci ve ikinci deprem bölgelerinde $H_n \leq 25m$ sağlayan binaları, üçüncü ve dördüncü deprem bölgelerinde ise Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binalarda birinci doğal titreşim periyodunun yaklaşık yöntemle hesaplanmasına izin verilmiştir.

4.3.1 T1 X Yönü Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı:

$$T=2,9082 \text{ sn.}$$

$$A(T1)=A_o * I * S(T1)$$

$$\text{Bina toplam ağırlığı: } 548,25 \text{ kN}$$

$$V_t=W * A(T1)/R_a(T)=26,316 \text{ kN}$$

Tablo 4.5: x yönünde eşdeğer deprem yüğü hesabı

Hn	Z.S	I	wi(KN)	Wi*Hi	Ao	R	A(T1)	S(T1)	Vt(KN)	0,1*Ao*I*W
20,5	Z1	1,5	79,92	1638,36	0,4	2	0,096	0,16	26,316	32,89
17,5	Z1	1,5	65,74	1150,45	0,4	2	0,096	0,16	22,479	28,09
14,5	Z1	1,5	71,26	1033,27	0,4	2	0,096	0,16	19,32	24,16
12	Z1	1,5	68,04	816,48	0,4	2	0,096	0,16	15,9	19,88
9	Z1	1,5	79,2	712,8	0,4	2	0,096	0,16	12,637	15,8
6	Z1	1,5	81,02	486,12	0,4	2	0,096	0,16	8,836	11,04
3	Z1	1,5	103,7	309,21	0,4	2	0,096	0,16	4,947	6,18

4.3.2 T2 Y Yönü Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı:

$$T=1,7265 \text{ sn.}$$

$$A(T2)=A_o * I * S(T2)$$

$$\text{Bina toplam ağırlığı: } 548,25 \text{ kN}$$

$$V_t=W * A(T1)/R_a(T)=101,32 \text{ kN}$$

Tablo 4.6: y yönünde eşdeğer deprem yüğü hesabı

Hn	Z.S	I	wi(KN)	Wi*Hi	Ao	R	A(T2)	S(T2)	Vt(KN)	0,1*Ao*I*W
20,5	Z1	1,5	79,92	1638,36	0,4	2	0,37	0,616	101,32	32,89
17,5	Z1	1,5	65,74	1150,45	0,4	2	0,37	0,616	86,55	28,09
14,5	Z1	1,5	71,26	1033,27	0,4	2	0,37	0,616	72,39	24,16
12	Z1	1,5	68,04	816,48	0,4	2	0,37	0,616	61,23	19,88
9	Z1	1,5	79,2	712,8	0,4	2	0,37	0,616	48,66	15,8
6	Z1	1,5	81,02	486,12	0,4	2	0,37	0,616	34,02	11,04
3	Z1	1,5	103,7	309,21	0,4	2	0,37	0,616	19,05	6,18

Yapıya etkiyen yatay yük hesabı;

Yatay yük değeri yukarıda hesaplanmıştır. hesaplanmıştır.

$$V_t \geq 0,1 * A_0 * I * W$$

V_t : Toplam eşdeğer deprem yükü taban kesme kuvveti

Minimum koşulunun x veya y yönünde sağlaması yeterlidir.

SAP 2000 programı ile response spektrum analizi yapılmıştır. Burada çıkan taban kesme kuvveti değerleri eşdeğer deprem yükü hesabında belirlenen taban kesme kuvveti değerinden büyük çıktığı için SAP 2000 programındaki analiz sonuçları alınmıştır.

Mod birleştirme yöntemi ile elde edilen bina toplam deprem yükü V_{tB} , Eşdeğer deprem yükü yönteminde belirlenen V_t 'ye oranı $V_{tB} > \beta * V_t$ olduğu belirlenmiştir.

Eğer; $V_{tB} < \beta * V_t$ olsaydı

$$B_0 = (\beta * V_t / V_{tB}) * B_B \quad (4.10)$$

4.3.3 Göreli kat ötelemelerinin kontrolü:

Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katında hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $(\Delta_i)_{max}$, denklem (4.11)'de deki şartlardan birini sağlamalıdır.

$$(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0,0035 \quad (4.11a)$$

$$(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0,02 / R \quad (4.12a)$$

Yapıda $(\Delta_i)_{max} = 0,2575$ m

$$(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0,0035$$

$$0,0012 \leq 0,0035$$

$$(\Delta_i)_{max} / h_i \leq 0,02 / R$$

$$0,0012 \leq 0,01$$

5. TAŞIYICI ELEMAN BOYUTLANDIRILMASI

5.1. Kullanılan Profillerin Enkesit Özellikleri:

Sistemin dizaynında kolonlarda arselon profilleri kullanılmıştır. Kolon enkesitleri yukarıya çıkıldıkça azalmıştır. Kirişlerde arselon profili, düşeydeki çaprazlarda U profili ve yataydaki çaprazlarda L profili kullanılmıştır.

h:Profil yüksekliği

b:Profil başlık genişliği

t_w:Profil gövde kalınlığı

t_f:Profil başlık kalınlığı

A:Profil enkesit alanı

I_y:Kuvvetli eksen atalet momenti

I_z:Zayıf eksen atalet momenti

W_y:Kuvvetli eksen elastik mukavemet momenti

W_z:Zayıf eksen elastik mukavemet momenti

i_y:Kuvvetli eksen atalet yarıçapı

i_z:Zayıf eksen atalet yarıçapı

Düşeydeki çapraz profillerinin özellikleri (U profili):

h:Profil yüksekliği

b:Profil başlık genişliği

5.2 Kolon ve çapraz elemanlarının boyutlandırılması:

Elemanların boyutlandırılmasında şu esaslara uyulmuştur.

[1-2-3]

Elemanda aksenal çekme olması hali:

$$\sigma = P / F \leq \sigma_{emn} \quad (5.1)$$

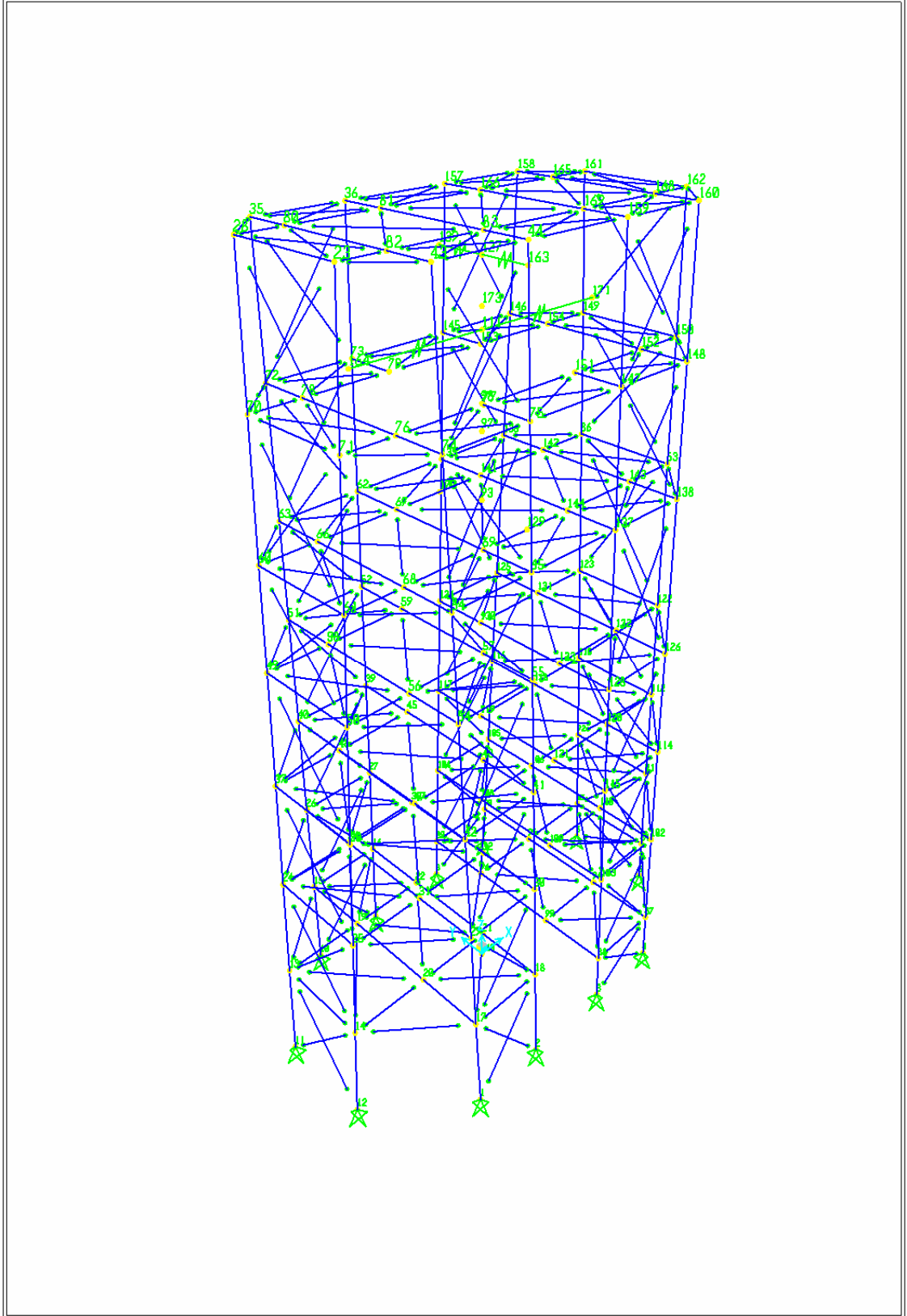
Elemanda aksenal basınç olma hali:

$$\lambda = l / i_{min} \text{ formülü ile } \lambda_{max} \text{ belirlenerek } w \text{ sayısı bulunmuştur.} \quad (5.2)$$

$$\sigma = P * w / F \leq \sigma_{emn} \text{ şartı sağlanmıştır.} \quad (5.3)$$

Yapıya ait kolon ve çaprazların boyutlandırılması Tablo 5.4,Tablo 5.5,Tablo 5.6'da verilmiştir.

Deprem etkisi nedeniyle emniyet gerilmesi değeri % 33 artırılmıştır.



SAP2000 v9.0.1 - File:su kulesi - 3-D View - KN, m, C Units

Şekil 5.1: Elemanlarda release görünümü

5.3 Kiriş elemanlarının boyutlandırılması:

x yönündeki kirişler release durumundadır. Bu nedenle moment bulunmamaktadır. [1-2-7]

x yönündeki kirişlerde kesit hesabı:

1. Platformdaki 288 ve 289 nolu kirişlerde kesit hesabı:

El no	L(m)	Pmax(kN)	Pmin(kN)
288	2,296	14,155	-12,745
289	2,093	4,182	-5,037

288 no'lu elemanda;

$$M_{3max}=0,86 \text{ kNm}=86 \text{ kNcm}$$

$$M_{2max}=0$$

$$\text{Seçilen profil: HE100A } F=21,24 \text{ cm}^2 \quad i_y=4,06 \text{ cm} \quad W_y=72,76 \text{ cm}^3$$

$$\lambda = l / i_{min}$$

$$\lambda = 229,6 / 4,06 = 56,5 \quad w = 1,33$$

$$\sigma = P * w / F \leq \sigma_{emn}$$

$$\sigma = 1,33 * 1274,5 / 21,24 = 79,8 \text{ kg/cm}^2 = 0,798 \text{ kN/cm}^2$$

y yönündeki kirişlerde kesit hesabı:

Yanal Burkulma Emniyet Gerilmesi:

$$l / i_y \leq \sqrt{300000000 * C_b / \sigma_a} \text{ ise}$$

$$\sigma_B = [2/3 - \sigma_a * (l / i_y)^2 / 90000000 * C_b] * \sigma_a \leq 0,6 * \sigma_a \quad (5.4)$$

$$l / i_y \geq \sqrt{300000000 * C_b / \sigma_a} \text{ ise}$$

$$\sigma_B = 10000000 * C_b / (l / i_y)^2 \quad (5.5)$$

$$C_b = 1,75 + 1,05 * (M_1 / M_2) + 0,3 * (M_1 / M_2)^2 \leq 2,3 \quad (5.6)$$

C_b : Bir katsayı

M_1 : Kirişin yanal desteklerinin olduğu noktalardaki uç momentlerin küçüğü

M_2 : Kirişin yanal desteklerinin olduğu noktalardaki uç momentlerin büyüğü

l : Kirişin basınç başlığında dönmeye ve yanal deplasmana karşı mesnetleri arasındaki mesafe (cm)

i_y : Basınç başlığı ve gövdenin basınç bölgesinin 1/3'ünün gövde eksenine göre atalet yarıçapı

σ_B : Yanal burkulma göz önüne alındığında basınç emniyet gerilmesi (kg f/cm²)

σ_a : Basınç başlığının akma gerilmesi (kg f/cm²)

Elemanda eksensel basınç olması hali:

$$\sigma_{eb}/\sigma_{bem}+C_{mx}*\sigma_{bx}/(1-\sigma_{eb}/\sigma_{ex})*C_{my}*\sigma_{by}/(1-\sigma_{eb}/\sigma_{ey})\leq 1,0 \quad (5.7)$$

$$\sigma_{eb}/0,6*\sigma_a+\sigma_{bx}/\sigma_{Bx}+\sigma_{by}/\sigma_{By}\leq 1,0 \quad (5.8)$$

$$\sigma_{eb}/\sigma_{bem}\leq 0,15$$

$$\sigma_{eb}/\sigma_{bem}+\sigma_{bx}/\sigma_{Bx}+\sigma_{by}/\sigma_{By}\leq 1,0 \quad (5.9)$$

$$\sigma_b=P/F \quad (5.10)$$

$$\sigma_{bx}=M_x/W_x \quad (5.11)$$

$$\sigma_{by}=M_y/W_y \quad (5.12)$$

σ_{bem} : Yalnız basınç kuvveti etkisi altında müsaade edilecek gerilme

σ_B : Yalnız eğilme momenti etkisi altında müsaade edilecek basınç eğilme gerilmesi

σ_{eb} : Yalnız basınç kuvveti etkisi altında hesaplanan gerilme

σ_b : Yalnız eğilme momenti etkisi altında hesaplanan basınç gerilmesi

C_m : Uç momentlerini y açıklık momentlerini ve yanal desteklemeyi göz önüne alan bir katsayı

Yanal deplasmanın mümkün olduğu çerçevelerde $C_m=0,85$.

1. platformda y yönündeki kirişlerde kesit hesabı:

1. platformdaki 280,281,282 no'lu kirişlerde kesit hesabı:

El. no	L(m)	P(kN)	P(kN)
280	1,927	9,16	-12,25
281	2,6	10,451	-13,722
282	1,927	11,017	-15,097
ΣL	6,454		

$$M_{3max}=-19,71 \text{ kNm}=1971 \text{ kNcm}$$

$$M_{2max}=-0,91 \text{ KNm}=91 \text{ kNcm}$$

Başlangıçta seçilen kesit: HE160A $F=38,77 \text{ cm}^2$ $i_{min}=3,98 \text{ cm}$ $i_y=10,9 \text{ cm}$

$$\lambda= l / i_{min}$$

$$\lambda= 645,4/3,98=162 \quad w=4,43$$

$$\sigma=P*w/F\leq \sigma_{emn}$$

$$\sigma=1509,7*4,43/38,77=173 \text{ kg/cm}^2=1,73 \text{ kN/cm}^2$$

Elemanda eksensel basınç olması hali:

Yanal Burkulma Emniyet Gerilmesi:

$$l/i_y \leq \sqrt{300000000 * c_b / \sigma_a} \text{ ise}$$

$$\sigma_B = [2/3 - \sigma_a * (l/i_y)^2 / 90000000 * C_b] * \sigma_a \leq 0,6 * \sigma_a$$

$$C_b = 1,75 + 1,05 * (M_1/M_2) + 0,3 * (M_1/M_2)^2 \leq 2,3$$

$$C_b = 1,75 + 1,05 * (-0,91/19,71) + 0,3 * (0,91/19,71)^2 = 1,0 \leq 2,3$$

$$l/i_y \leq \sqrt{300000000 * c_b / \sigma_a}$$

$$645,4/10,8 \leq \sqrt{300000000 * 1,0/2400}$$

$$59,7 \leq 11,8$$

$$\sigma_B = [2/3 - \sigma_a * (l/i_y)^2 / 90000000 * C_b] * \sigma_a \leq 0,6 * \sigma_a$$

$$0,6 * \sigma_a = 1440$$

$$\sigma_B = [2/3 - 2400 * (645,4/10,8)^2 / 90000000 * 1,0] * 2400 = 1377 \text{ kg/cm}^2 \leq 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = P/F$$

$$\sigma_{bx} = M_x / W_x$$

$$\sigma_{bx} = 197100/220,1 = 896 \text{ kg/cm}^2 = 8,96 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{by} = M_y / W_y$$

$$\sigma_{by} = 9100/76,95 = 118 \text{ kg/cm}^2 = 1,18 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{ex} = M_{max} / (l/i_x)^2$$

$$\sigma_{ex} = 829 * 10^4 / (645,4/6,57)^2$$

$$\sigma_{ex} = 863 \text{ kg/cm}^2 = 8,63 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{ey} = M_{max} / (l/i_y)^2$$

$$\sigma_{ey} = (829 * 10^4 / (645,4/3,98))^2 = 315 \text{ kg/cm}^2 = 3,15 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{eb} / \sigma_{bem} + c_{mx} * \sigma_{bx} / (1 - \sigma_{eb} / \sigma_{ex}) * C_{my} * \sigma_{by} / (1 - \sigma_{eb} / \sigma_{ey}) \leq 1,0$$

$$\sigma_{eb} / 0,6 * \sigma_a + \sigma_{bx} / \sigma_{Bx} + \sigma_{by} / \sigma_{By} \leq 1,0$$

$$\sigma_{eb} / \sigma_{bem} \leq 0,15$$

$$\sigma_{eb} / \sigma_{bem} + \sigma_{bx} / \sigma_{Bx} + \sigma_{by} / \sigma_{By} \leq 1,0$$

$$\sigma_{eb} / \sigma_{bem} = 0,6 > 0,15$$

$$\sigma_{eb} / \sigma_{bem} + c_{mx} * \sigma_{bx} / (1 - \sigma_{eb} / \sigma_{ex}) + C_{my} * \sigma_{by} / (1 - \sigma_{eb} / \sigma_{ey}) \leq 1,0$$

$$173/277 + (0,85 * 896) / (1 - 173/863) * 1377 + (0,85 * 118) / (1 - 173/315) * 1440 = 1,5 > 1,0$$

Başlangıçta seçilen profil: HE180A $F=45,25 \text{ cm}^2$ $i_{min}=4,52 \text{ cm}$ $i_y=12,4 \text{ cm}$

$$\lambda = l / i_{min}$$

$$\lambda = 645,4/4,52 = 143 \quad w = 3,45$$

$$\sigma = P * w / F \leq \sigma_{emn}$$

$$\sigma = 1509,7 * 3,45 / 45,25 = 115 \text{ kg/cm}^2 = 1,15 \text{ kN/cm}^2$$

Yanal Burkulma Emniyet Gerilmesi:

$$\sigma_B = [2/3 - \sigma_a \cdot (l/i_y)^2 / 90\,000\,000 \cdot C_b] \cdot \sigma_a \leq 0,6 \cdot \sigma_a$$

$$\begin{aligned} \sigma_B &= [2/3 - 2400 \cdot (645,4/12,4)^2 / 90\,000\,000 \cdot 1,0] \cdot 2400 = 1425 \text{ kg/cm}^2 \leq 1440 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 14,25 \text{ kN/cm}^2 \leq 14,40 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{bx} = M_x / W_x$$

$$\sigma_{bx} = 197100 / 293,6 = 671 \text{ kg/cm}^2 = 6,71 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{by} = M_y / W_y$$

$$\sigma_{by} = 9100 / 102,7 = 88,6 \text{ kg/cm}^2 = 0,886 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{ex}' = M_{max} / (l/i_x)^2$$

$$\sigma_{ex}' = 829 \cdot 10^4 / (645,4/7,45)^2$$

$$\sigma_{ex}' = 1105 \text{ kg/cm}^2 = 11,05 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{ey}' = M_{max} / (l/i_y)^2$$

$$\sigma_{ey}' = (829 \cdot 10^4 / (645,4/4,52)^2) = 407 \text{ kg/cm}^2 = 4,07 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{eb} / \sigma_{bem} + c_{mx} \cdot \sigma_{bx} / (1 - \sigma_{eb} / \sigma_{ex}') + C_{my} \cdot \sigma_{by} / (1 - \sigma_{eb} / \sigma_{ey}') \leq 1,0$$

$$\sigma_{eb} / 0,6 \cdot \sigma_a + \sigma_{bx} / \sigma_{Bx} + \sigma_{by} / \sigma_{By} \leq 1,0$$

$$\sigma_{eb} / \sigma_{bem} + c_{mx} \cdot \sigma_{bx} / (1 - \sigma_{eb} / \sigma_{ex}') + C_{my} \cdot \sigma_{by} / (1 - \sigma_{eb} / \sigma_{ey}') \leq 1,0$$

$$115/405,4 + (0,85 \cdot 671) / (1 - 115/1105) \cdot 1425 + (0,85 \cdot 88,6) / (1 - 115/407) \cdot 1440 = 0,71 < 1,0$$

Seçilen profil: HE180A'dır.

Diğer platformlardaki kiriş kesitleri hesabı tablo bulunmaktadır.

Tablo 5.1: Kolon profillerinin en kesit özellikleri

Profil	h	b	tw	tf	A	Iy	Wy	iy	Iz	Wz	iz
	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm
HE100A	96	100	5	8	21,24	349,2	72,76	4,06	26,76	133,8	2,51
HE120A	114	120	5	8	25,34	606,2	106,3	4,89	38,48	2309	3,02
HE140A	133	140	5,5	8,5	31,42	1033	155,4	5,73	55,62	389,3	3,52
HE160A	152	160	6	9	38,77	1673	220,1	6,57	76,95	615,6	3,98
HE180A	171	180	6	9,5	45,25	2510	293,6	7,45	102,7	924,6	4,52
HE200A	190	200	6,5	10	53,83	3692	388,6	8,28	133,6	1336	4,98
HE220A	210	220	7	11	64,34	5410	515,2	9,17	177,7	1955	5,51
HE260A	250	260	7,5	12,5	86,82	10450	836,4	11	282,1	3668	6,5
HE280A	270	280	8	13	97,26	13670	1013	11,9	340,2	4763	7
HE300A	290	300	8,5	14	112,5	18260	1260	12,7	420,6	6310	7,49

Tablo 5.2: Düşeydeki çaprazların en kesit özellikleri

Profil	h	b	tw	tf	A	Ix	Wx	ix	Iy	Wy	iy
	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm ³	cm
U 100	100	50	6	8,5	13,5	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47
U 140	140	60	7	10	20,4	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75
U 180	180	70	8	11	28	1350	150	6,95	114	22,4	2,02
U 200	200	75	8,5	11,5	32,2	1910	191	7,7	148	27	2,14
U 220	220	80	9	12,5	37,4	2690	245	8,48	197	33,6	2,3
U 240	240	85	9,5	13	3600	300	9,22	9,22	248	39,6	2,42

Tablo 5.3: Yataydaki çaprazların en kesit özellikleri

Profil	b	d	A	Ix	Wx	ix
	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
L60.60.6	60	6	6,91	22,8	5,29	1,82
L70.70.70	70	7	9,4	42,4	8,43	2,12
L80.80.8	80	8	12,3	72,3	12,6	2,42

Tablo 5.4: Kolonların en kesit hesabı

Kat no	El.no	Pmin(KN)	L(m)	σ	F(cm ²)	Seç.prf	F(cm ²)	imin	λ	w	σ (kg/cm ²)	σ_{em}	Seç.prf.	F(cm ²)	imin	λ	w	σ (kg/cm ²)	σ_{em}
1.KAT	256 DIŞ	-1588,65	150,3	1862	85,3196	HE280A	97,28	7	85,32	1,69	2760,455	>1862	HE300A	112,5	7,49	20,07	1,03	1454,497	<1862
	261 İÇ	-897,99	150,2	1862	48,2272	HE200A	53,83	4,98	30,156	1,09	1818,334	<1862							
2.KAT	18 DIŞ	-1519,55	300,7	1862	81,6085	HE280A	97,26	7	42,957	1,2	1874,83	>1862	HE300A	112,5	7,49	40,15	1,17	1580,332	<1862
	27 İÇ	-846,54	300,4	1862	45,464	HE200A	53,83	4,98	60,312	1,36	2138,76	>1862	HE220A	64,34	5,51	54,51	1,31	1723,605	<1862
3.KAT	275 DIŞ	-1224,77	300,7	1862	65,777	HE260A	86,82	6,5	46,262	1,22	1721,054	<1862							
	299 İÇ	-733,263	300,4	1862	39,3804	HE180A	45,25	4,52	66,451	1,43	2317,273	>1862	HE200A	53,83	4,98	60,31	1,36	1852,569	<1862
4.KAT	49 DIŞ	-1027,49	300,7	1862	55,1821	HE220A	64,34	6,5	46,26	1,22	1948,302	>1862	HE260A	86,82	6,5	46,26	1,22	1443,835	<1862
	54 İÇ	-647,586	300,4	1862	34,7791	HE180A	45,25	4,52	66,451	1,43	2046,515	>1862	HE200A	53,83	4,98	60,31	1,36	1636,108	<1862
5.KAT	332 DIŞ	-805,442	300,7	1862	43,2568	HE180A	45,25	4,52	66,527	1,44	1969,977	>1862	HE200A	53,83	4,98	60,38	1,36	1563,982	<1862
	339 İÇ	-543,909	300,4	1862	29,211	HE160A	38,77	3,98	75,466	1,54	2160,485	>1862	HE180A	45,25	4,52	66,45	1,69	1725	<1862
6.KAT	84 İŞ	-619,038	300,7	1862	33,2459	HE180A	45,25	4,52	66,527	1,44	1969,977	>1862	HE200A	53,83	4,98	60,38	1,36	1563,982	<1862
	87 İÇ	-453,504	300,4	1862	24,3558	HE140A	31,42	3,52	85,328	1,69	2439,28	>1862	HE160A	38,77	3,98	75,47	1,54	1801,383	<1862
7.KAT	369 DIŞ	-444,938	300,7	1862	23,8957	HE140A	31,42	3,52	85,426	1,69	2393,206	>1862	HE160A	38,77	3,98	75,55	1,55	1778,834	<1862
	378 İÇ	-355,419	300,4	1862	19,088	HE140A	31,42	3,52	85,328	1,69	1911,706	>1862	HE160A	38,77	3,98	75,47	1,54	1411,775	<1862
8.KAT	121 DIŞ	-286,555	300,7	1862	15,3896	HE140A	31,42	3,52	85,424	1,69	1541,305	>1862	HE160A	38,77	3,98	75,55	1,55	1145,629	<1862
	130 İÇ	-306,517	300,4	1862	16,4617	HE140A	31,42	3,52	85,328	1,69	1648,675	>1862	HE160A	38,77	3,98	75,47	1,54	1217,529	<1862
9.KAT	7 DIŞ	-163,163	400,9	1862	8,76278	HE120A	25,34	3,02	132,76	3,07	1976,758	>1862	HE140A	31,42	3,52	113,9	2,29	1189,189	<1862
	410 İÇ	-206,48	400,5	1862	11,0892	HE120A	25,34	3,02	132,61	3,03	2468,96	>1862	HE140A	31,42	3,52	113,8	2,29	1504,899	<1862
10.KAT	159 DIŞ	-96,911	250,6	1862	5,20467	HE100A	21,24	2,51	99,834	1,94	885,157	>1862	HE140A	31,42	3,52	71,19	1,49	459,5716	<1862
	169 İÇ	-225,579	250,3	1862	12,1149	HE120A	25,34	3,02	82,88	1,64	1459,943	>1862	HE140A	31,42	3,52	71,11	1,49	1069,741	<1862
11.KAT	224 DIŞ	-53,034	300,7	1862	2,84823	HE100A	21,24	2,51	119,8	2,48	619,2294	<1862							
	455 İÇ	-79,276	300,4	1862	4,25757	HE100A	21,24	2,51	119,67	2,48	925,6331	<1862							
12.KAT	195 DIŞ	-50,088	300,7	1862	2,69001	HE100A	21,24	2,51	119,8	2,48	584,8316	<1862							
	204 İÇ	-94,696	300,4	1862	5,08571	HE100A	21,24	2,51	119,67	2,48	1105,678	<1862							
13.KAT	505 DIŞ	-14,573	300,7	1862	0,78265	HE100A	21,24	2,51	119,8	2,48	170,1556	<1862							
	497 İÇ	-29,406	300,4	1862	1,57927	HE100A	21,24	2,51	119,66	2,48	343,3469	<1862							
14.KAT	1 DIŞ	-14,06	300,7	1862	0,7551	HE100A	21,24	2,51	119,8	2,48	164,1657	<1862							
	232 İÇ	-33,397	300,4	1862	1,79361	HE100A	21,24	2,51	119,67	2,48	389,9461	<1862							

Tablo 5.5: Yataydaki çaprazların en kesit hesabı

Kat no	El. no	Pmin(KN)	L(m)	σ	F(cm ²)	F/2(cm ²)	Başl.prf	F(cm ²)	imin	λ	w	σ (kg/cm ²)	σ_{em}
1.PL	297	-17,527	346,87	1862	0,9413	0,4707	2L80.80.8	12,3	1,55	223,7845	8,72	621,282	<1862
2.PL	46	-20,623	340,14	1862	1,1076	0,5538	2L70.70.70	9,4	1,37	248,2745	10,68	1171,56	<1862
3.PL	330	-13,737	333,65	1862	0,7378	0,3689	2L70.70.70	9,4	1,37	243,5409	10,26	749,69	<1862
4.PL	81	-15,581	327,36	1862	0,8368	0,4184	2L70.70.70	9,4	1,37	238,9453	9,84	815,516	<1862
5.PL	359	-12,201	321,26	1862	0,6553	0,3276	2L70.70.70	9,4	1,37	234,4964	9,51	617,189	<1862
6.PL	116	-17,469	315,32	1862	0,9382	0,4691	2L70.70.70	9,4	1,37	230,1606	9,19	853,937	<1862
7.PL	408	-33,913	309,66	1862	1,8213	0,9107	2L70.70.70	9,4	1,37	226,0314	8,87	1600,04	<1862
8.PL	155	-40,796	304,24	1862	2,191	1,0955	2L70.70.70	9,4	1,37	222,0752	8,56	1857,52	<1862
10.PL	191	-41,018	295,72	1862	2,2029	1,1015	2L70.70.70	9,4	1,37	215,8569	8,1	1767,27	<1862
12.PL	226	-8,1	286,57	1862	0,435	0,2175	2L60.60.6	6,91	1,17	244,9282	10,43	611,31	<1862
14.PL	254	-4,864	278,57	1862	0,2612	0,1306	2L60.60.6	6,91	1,17	238,0923	9,84	346,322	<1862

Tablo 5.6: Düşeydeki çaprazların en kesit hesabı

Kat no	El.no	Pmin(KN)	L(m)	σ	F(cm ²)	Bşl.prf	F(cm ²)	imin	λ	w	σ (kg/cm ²)	σ_{em}	Seç.prf.	F(cm ²)	imin	λ	w	σ (kg/cm ²)	σ_{em}
1.KAT	260	-267,295	300,34	1862	14,355	2U160	24	1,89	158,91	4,39	2444,64	>1862	2U180	28	2,02	148,68	3,86	1842,426	<1862
2.KAT	21	-363,966	397,52	1862	19,547	2U220	37,4	2,3	172,83	5,2	2530,25	>1862	2U240	42,3	4,67	85,122	1,69	727,0716	<1862
3.KAT	277	-297,602	397,52	1862	15,983	2U220	37,4	2,3	172,83	5,2	2068,89	>1862	2U240	42,3	4,67	85,122	1,69	594,5004	<1862
4.KAT	51	-294,756	397,51	1862	15,83	2U220	37,4	2,3	172,83	5,2	2049,11	>1862	2U240	42,3	4,67	85,12	1,69	588,8152	<1862
5.KAT	335	-258,113	397,51	1862	13,862	2U200	32,2	2,14	185,75	6,01	2408,79	>1862	2U220	37,4	2,3	172,83	5,2	1794,368	<1862
6.KAT	86	-244,568	397,52	1862	13,135	2U200	32,2	2,14	185,76	6,01	2282,38	>1862	2U220	37,4	2,3	172,83	5,2	1700,205	<1862
7.KAT	371	-218,13	397,52	1862	11,715	2U200	32,2	2,14	185,76	6,01	2035,65	>1862	2U220	37,4	2,3	172,83	5,2	1516,412	<1862
8.KAT	123	-191,975	397,51	1862	10,31	2U180	28	2,02	196,79	6,74	2310,56	>1862	2U200	32,2	2,14	185,75	6,01	1791,568	<1862
9.KAT	11	-158,21	477,86	1862	8,4968	2U200	32,2	2,14	223,3	8,64	2122,57	>1862	2U220	37,4	2,3	207,76	7,44	1573,64	<1862
10.KAT	166	-108,144	326,28	1862	5,8079	2U120	17	1,59	205,2	7,3	2321,92	>1862	2U140	20,4	1,75	186,44	6,01	1593,004	<1862
11.KAT	462	-33,702	366,09	1862	1,81	2U100	13,5	1,47	249,04	10,8	1344,34	<1862							
12.KAT	207	-33,485	366,09	1862	1,7983	2U100	13,5	1,47	249,04	10,8	1335,68	<1862							
13.KAT	498	-19,15	366,09	1862	1,0285	2U100	13,5	1,47	249,04	10,8	763,872	<1862							
14.KAT	236	-22,605	366,09	1862	1,214	2U100	13,5	1,47	249,04	10,8	901,688	<1862							

Tablo 5.7: Xdoğrultusundaki kirişlerin boyutlandırılması

Kat no	EI no	Pmin(KN)	L(m)	σ (kg/cm ²)	Seç.prf.	F(cm ²)	imin	λ	w	σ (kg/cm ²)	σ_{em}
1.PL	288	-12,745	2,296	1862	HE100A	21,24	4,06	56,5	1,33	79,8	<1862
2.PL	43	-17,405	2,193	1862	HE100A	21,24	4,06	54	1,24	101,6	<1862
3.PL	322	-11,619	2,091	1862	HE100A	21,24	4,06	52	1,28	70	<1862
4.PL	78	-13,602	1,989	1862	HE100A	21,24	4,06	49	1,25	80	<1862
5.PL	355	-11,748	1,887	1862	HE100A	21,24	4,06	46,5	1,23	68	<1862
6.PL	115	-17,116	1,784	1862	HE100A	21,24	4,06	44	1,2	96,7	<1862
7.PL	400	-31,09	1,682	1862	HE100A	21,24	4,06	41	1,18	172,7	<1862
8.PL	145	-36,028	1,58	1862	HE100A	21,24	4,06	39	1,16	196,7	<1862
9-10.	158	-23,379	2,6	1862	HE100A	21,24	4,06	64	1,34	147,5	<1862
11-12.	487	-27,906	2,52	1862	HE100A	21,24	4,06	62	1,32	173	<1862
13-14.	531	-13,32	2,52	1862	HE100A	21,24	4,06	62	1,32	82,78	<1862

Tablo 5.8: y-y yönündeki kirişlerin kesit hesabı

Kat no	El.no	Pmin(KN)	L(m)	M2	M3	Seç.prf	F(cm ²)	imin	iy	λ=l/imin	w	σ=P*w/F	σBemn	σB	σbx	σby	σex'	σey'	A		B	
1.PL	280-281-282	-15,097	6,454	-0,91	-19,7	HE180A	45,25	4,52	12,4	143	3,45	115	423	1425	671	88,6	1105	407	0,71	≤1,0	0,75	≤1,0
2.PL	32-33-34	-18,113	6,308	1,01	-22,4	HE180A	45,25	4,52	12,4	140	3,31	132,5	423	1434	764	98	1156	426	0,91	≤1,0	0,93	≤1,0
3.PL	312-313-314	-15,767	6,16	-0,89	-23,7	HE180A	45,25	4,52	12,4	136	3,12	108,7	448,2	1440	807	86,7	1213	446	0,91	≤1,0	0,91	≤1,0
4.PL	67-68-69	-17,757	6,014	-0,87	-25,3	HE180A	45,25	4,52	12,4	133	2,99	117	468,7	1440	862	84,7	1272	468	0,9	≤1,0	0,92	≤1,0
5.PL	349-350-351	-18,924	5,868	-0,86	-28,5	HE180A	45,25	4,52	12,4	130	2,85	125	491,6	1440	970	83,7	1354	492	0,97	≤1,0	0,85	≤1,0
6.PL	101-102-103	-24,656	5,72	0,84	-31	HE180A	45,25	4,52	12,4	127	2,72	148	516,1	1440	1055	82	1405	517	1	≤1,0	0,89	≤1,0
7.PL	392-393-394	-32,559	5,576	0,8	-34,2	HE180A	45,25	4,52	12,4	123	2,55	183	548,5	1440	1163	77,9	1480	548	1	≤1,0	0,98	≤1,0
8.PL	136-137-138	-32,555	5,43	0,85	-32,5	HE180A	45,25	4,52	12,4	120	2,43	174,8	572,8	1440	1106	82,8	1561	574	1	≤1,0	0,95	≤1,0
9-10.	178-179-180	-41,644	5,186	6,26	-5,81	HE200A	53,83	4,98	15,1	104	1,98	153	354,2	1440	161	435	2113	493	0,9	≤1,0	0,52	≤1,0
11-12.	210-211-212	-53,768	4,892	-51	-0,25	HE200A	53,83	4,98	15,1	100	1,9	189	733,4	1440	1314	18,7	2375	832	1	≤1,0	1	≤1,0
13-14	238-239-240	-12,366	4,6	0,14	-31,5	HE180A	45,25	4,52	12,4	101	1,92	52,5	1119	1440	1072	13,5	800	2174	0,7	≤1,0	0,8	≤1,0

$$\sigma_B = [2/3 \cdot \sigma_a \cdot (l/i_y)^2 / 90000000 \cdot C_b] \cdot \sigma_a \leq 0,6 \cdot \sigma_a$$

$$A: \sigma_{cb} / \sigma_{bem} + C_{mx} \cdot \sigma_{bx} / (1 - \sigma_{cb} / \sigma_{ex}') \cdot C_{my} \cdot \sigma_{by} / (1 - \sigma_{cb} / \sigma_{ey}') \leq 1,0$$

$$B: \sigma_{cb} / 0,6 \cdot \sigma_a + \sigma_{bx} / \sigma_{Bx} + \sigma_{by} / \sigma_{By} \leq 1,0$$

$$\sigma_{cb} / \sigma_{bem} \leq 0,15$$

$$\sigma_{cb} / \sigma_{bem} + \sigma_{bx} / \sigma_{Bx} + \sigma_{by} / \sigma_{By} \leq 1,0$$

$$\sigma_{bx} = M_x / W_x$$

$$\sigma_{by} = M_y / W_y$$

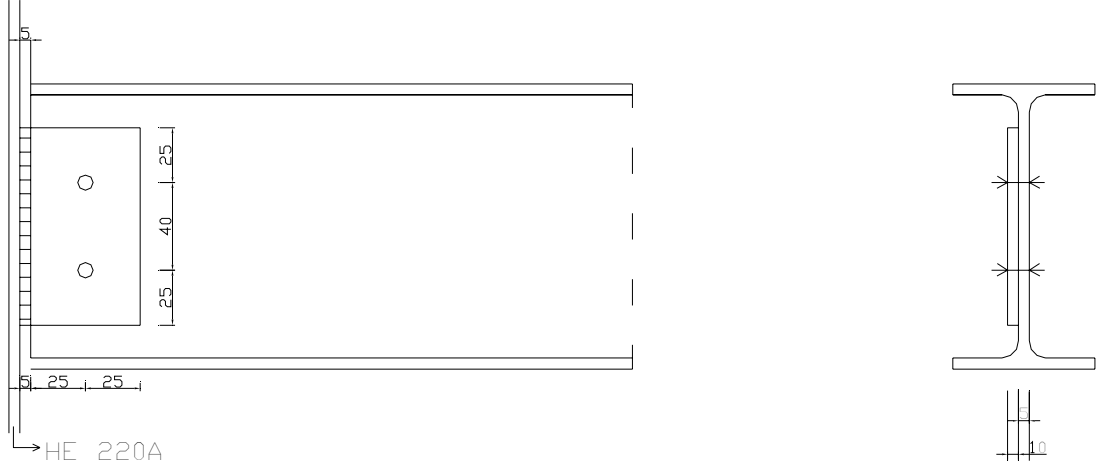
$$\sigma_{ex}' = M_{max} / (l/i_x)^2$$

$$\sigma_{ey}' = M_{max} / (l/i_y)^2$$

6.BİRLEŞİM VE DETAY HESABI

6.1 Kolon Birleşimleri

6.1.1 Basit kolon kiriş birleşimleri



Şekil 6.1: Basit kolon kiriş birleşimi

Bu birleşimde yapılacak kontroller:

[1-2]

14nolu kolonda ve 13 nolu kirişde hesap yapılmıştır

Bağlanacak olan kiriş gövdesindeki bulonlarda;

$d = \sqrt{5 \cdot t} - 0,2$ formülü ile bulon çapı belirlenmiştir.

$$d = \sqrt{5 \cdot 0,5} - 0,2 = 1,38$$

Bir perçine gelen düşey kuvvet bileşeni:

$$V = A/n$$

n: Bulon sayısı

A: Mesnet reaksiyon kuvveti

$$V = 1908,3/2 = 954,1 \text{ kg} = 9,541 \text{ kN}$$

(A*a) momentinde dolayı bir kenar perçine gelen yatay kuvvet bileşeni:

$$M = 677,2 \cdot 3 = 2031,6 \text{ kgcm} = 20,316 \text{ kNcm}$$

$$H = A \cdot a_1 \cdot f/b$$

$$H = 5724,9 \cdot 1,0/4,0 = 1431 \text{ kg} = 14,31 \text{ kN}$$

a: Bulonların ağırlık merkezinin kirişin bağlandığı gövde yüzüne uzaklığı

h: Kenar perçinlerin arasındaki uzaklık

$$N_{S1} = 2 \cdot \Pi \cdot d^2 \cdot \tau_{sem}/4$$

$$N_{S1}=2*\Pi*1,2^2* 1400/4=3167 \text{ kg}=31,67 \text{ kN}$$

$$N_I=d*t_{\min}*\sigma_{lem}$$

tmin:Kiriş gövdesinin kalınlığı

$$N_I=1,2*0,55* 2800=1848 \text{ kg}=18,48 \text{ kN}$$

$$N_{em}=(N_{S1}, N_I)$$

Bir perçine gelen bileşke kuvvet:

$$R=\sqrt{954,1^2+1431^2}\leq 1720 \text{ kg}=17,20 \text{ kN}$$

$$R<(N_{S1}, N_I)$$

Kaynakta;

$$0,3<a<0,7 t_{\min}$$

$$0,3<a<3,5$$

$$a_{\text{seç}}=3 \text{ mm}$$

$$15a<l<60a$$

$$45<l<180$$

$$l'=130 \text{ mm}$$

$$l=130-2*3=124 \text{ mm}$$

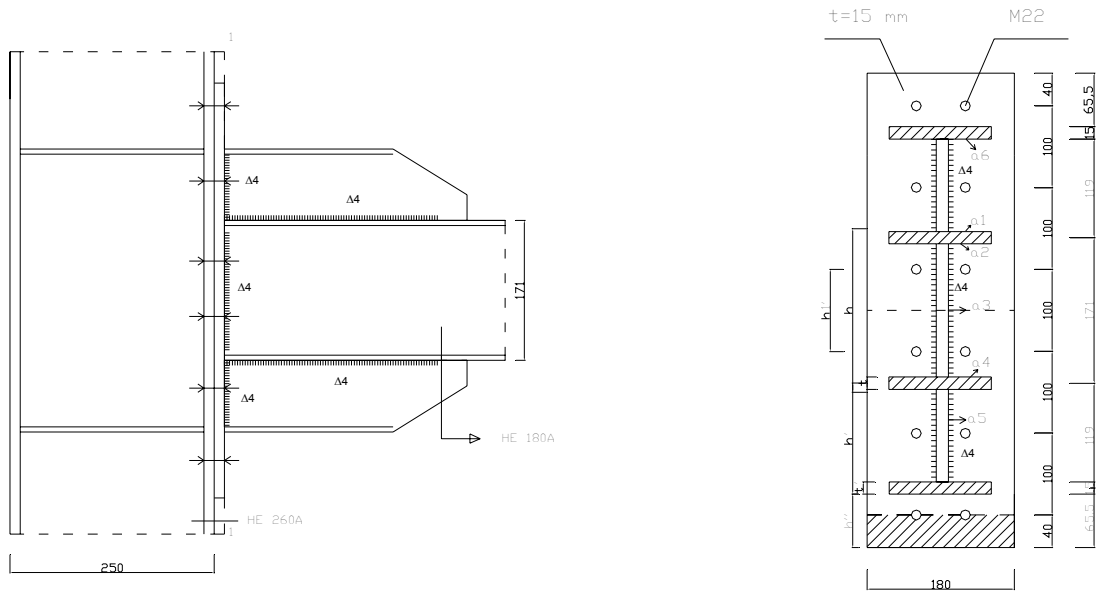
$$F_k=2*0,3*12,4=7,44 \text{ cm}^2$$

$$W_k=2*a*l^2/6=15,4 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k=P/F=1908,3/21,24=89,84 \text{ kg/cm}^2=0,8984 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_k=M/ W_k=5724,9/15,4=371,7 \text{ kg/cm}^2<1400 \text{ kg/cm}^2 \\ =3,717 \text{ kN/cm}^2<14,00 \text{ kN/cm}^2$$

6.1.2 Rijit kolon kiriş birleşimleri



Şekil 6.2: Rijit kolon kiriş birleşim detayı

Kolon ve kirişlerden oluşan taşıyıcı sistemlerde kolon-kiriş birleşimleri rijit yani moment aktaracak şekilde dizayn edilmektedir. Taşıyıcı sistem bu rijit birleşim bölgeleri vasıtasıyla yatay yüklere karşı koymaktadır. Bulonlu köşelerde etkilerin tümü, kirişten kolona bulonlar vasıtasıyla aktarılmaktadır. Birleşim eğilme aktaran kolon-kiriş birleşimi olarak tasarlanmıştır.

Bu birleşimde kiriş ve guse levhası şeklindeki biçimde alın levhasına küt ve köşe kaynaklarla bağlanmaktadır. Kolonda HE260A profili kirişte HE180A profili kullanılmıştır. Bulon olarak M22 kullanılmıştır.

Bu birleşimde yapılacak kontroller 283 nolu kiriş ve 261 nolu kolonda yapılmıştır.

$$M_{283} = -21,6534 \text{ kNm} = -2165,34 \text{ kNcm}$$

1-1 birleşim kesitinde:

Statik etkiler bu kesite taşınır.

$$M_1 = M_1 - Q_1 \cdot h_{kol} / 2$$

$$M_1 = 216534 - 1259,3 \cdot (26/2) = 200163,1 \text{ kgcm} = 2001,631 \text{ kNcm}$$

Bu kesitte yer alan $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ kalınlıklı kaynak dikişlerinin oluşturduğu tarafsız eksenin kiriş üst başlık kenar lifine olan y uzaklığı hesaplanmıştır. a_4 ve a_6 kalınlıklı kaynaklar küt, diğerleri köşe dikişleridir.

a₃, ve a₅ düşey dikişlerde gerilme tahkiki:

$$F_k^G=37,92 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k=Q/F_k^G$$

$$\tau_k=1259,3/46,56=27,05 \text{ kg/cm}^2 < 900 \text{ kg/cm}^2 \\ =0,2705 \text{ kN/cm}^2 < 0,9 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_k=M_1*(h+h'-y-t')/I_k+P_1/F_k$$

$$\sigma_k=200163,1*(17,1+13,4-8,55-1,5)/52571,91+896,4/117,48=85,49 \text{ kg/cm}^2 \\ =0,8549 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_h=(\sigma_k+\sqrt{\sigma_k^2+4*\tau_k^2})/2 < 1100 \text{ kg/cm}^2 = 11,00 \text{ kN/cm}^2 \text{ (DIN 4100)}$$

$$\sigma_h=85,89+\sqrt{85,89^2+4*27,05^2}=70,19 \text{ kg/cm}^2 = 0,7019 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_v=\sqrt{\sigma_k^2+\tau_k^2} \leq \sigma_{vem}$$

$$\sigma_v=\sqrt{85,49^2+27,05^2} \leq 89,67 \text{ kg/cm}^2 = 0,8967 \text{ kN/cm}^2$$

a₆ dikişinde:

$$\sigma_k=M_1/W_k+P/F_k$$

$$\sigma_k=M_1*(h+h'-y)/I_k+P/F_k < 900 \text{ kg/cm}^2 < 9,00 \text{ kN/cm}^2 \text{ DIN4100} \\ < 1100 \text{ kg/cm}^2 < 11,00 \text{ kN/cm}^2 \text{ TS 3357}$$

$$\sigma_k=200163,1*(17,1+13,4-8,55)/52571,91+896,4/117,48=91,20 \text{ kg/cm}^2 \\ =0,9120 \text{ kN/cm}^2 \\ < 9,00 \text{ kN/cm}^2 \text{ DIN4100} \\ < 11,00 \text{ kN/cm}^2 \text{ TS 3357}$$

Bulonlardaki gerilme kontrolü:

Kaynaklarla alın levhasına aktarılan moment ve normal kuvvet bu lamadan kolona geçişinde bunlardan doğan çekme etkileri için bulonlar,basınç etkilerinde de levhayla kolon başlığı arasında oluşan temas alanı görev yapar.Kesme kuvvetinin tamamı ise bulonlar tarafından karşılanır.

Tarafsız eksenden en uzak sırada yer alan bulon çiftine moment etkisinden gelen çekme kuvveti:

$$H_1=M''*f/h_1$$

$$M_1'=200163,1 \text{ kgcm} = 2001,631 \text{ kNcm}$$

$$M'' = M_1'-N_1'*(h/2+h'+h''-x)$$

$$M''=200163,1+896,4*(17,1/2+6,0+1,5-4,0)=189361,48 \text{ kgcm}=1893,6148 \text{ kNcm}$$

$$m=6 \quad f=0,455$$

$$H_1=189361,48*0,455/49=1758,36$$

Bir bulonda, kesme kuvvetinden oluşan makaslama kuvveti de,

$$V_1=Q_1/2m$$

$$V_1=1259,3/(2*6)$$

$$V_1=179,94 \text{ kg}=1,7994 \text{ kN}$$

1 M 23'de Gerilme kontrolleri:

Makaslama alanı:

$$F_s=\pi*d^2/4$$

$$F_s=\pi*2,3^2/4=4,15 \text{ cm}^2$$

Diş dibi alanı:

$$F_z=\pi*(0,86*d)^2/4$$

$$F_z=\pi*(0,86*2,3)^2/4=3,07 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_z=H_1/2*F_z \leq \sigma_{zem}$$

$$\sigma_z=1758,36/(2*3,07)=286,4 \text{ kg/cm}^2 \leq 1120 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_s=V_1/F_s < \tau_{sem}$$

$$\tau_s=179,94/4,15=43,4 \text{ kg/cm}^2 = 0,434 \text{ kN/cm}^2 < 1120 \text{ kg/cm}^2 = 11,20 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_z' = H_1/2 * F_s$$

$$\sigma_z' = 1758,36/2 * 4,15 = 211,85 \text{ kg/cm}^2 = 2,1185 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_z'^2 + 3 * \tau_{sem}^2} \leq 0,75 \sigma_a$$

$$\sigma_v = \sqrt{211,85^2 + 3 * 11,20^2} = 224,8 \text{ kg/cm}^2 = 2,248 \text{ kN/cm}^2 \leq 0,75 * 24,00 = 14,40 \text{ kN/cm}^2$$

Alın levhası tahkiki:

$$a_1 = a - 0,7 * t_b$$

$$a_1 = 42,5 - 0,7 * 9,5 = 35,85 \text{ mm}$$

$$M = 200163,1 \text{ kgcm} = 2001,631 \text{ kNcm}$$

$$Z = M/h$$

$$Z = 200163,1/17,1 = 11705 \text{ kg} = 117,05 \text{ kN}$$

Alın levhasının kaynak dikişi kenarına gelen kesitinde eğilme momenti:

$$M_1 = -c * (b + a_1) + B * a_1$$

B: Bir sıradaki bulonlara gelen kuvvet

c: Alın levhasına gelen manivela kuvveti

$$M_1 = (Z/2) * a_1$$

$$M_1 = (11705/2) * 3,585 = 20981,21 \text{ kgcm} = 209,8121 \text{ kNcm}$$

$$M_1 = W_x * \sigma_{em}$$

$$M_1=293,6*1400=411040 \text{ kgcm}=4110,40 \text{ kNcm}$$

Alın levhasında makaslama gerilmesi:

$$\tau=Z/(2*b_1*t)$$

$$b_1=320 \text{ mm}$$

$$t=20 \text{ mm}$$

$$\tau=Z/(2*b_1*t)$$

$$\tau=11705/(2*32*2,0)=91,4 \text{ kg/cm}^2=0,914 \text{ kN/cm}^2$$

$$t_0=\sqrt{(Z* a_1)/(b_1* \sigma_v)}$$

$$t_0=\sqrt{(11705* 3,585)/(32* 0,75*2400)}$$

$$t_0=0,85 \text{ cm}$$

$$k=3/8*(t_0/a_1)^2$$

$$k=3/8*(0,85/3,585)^2=0,02$$

$$t= t_0*\sqrt{k+\sqrt{k^2+9}}$$

$$t= 0,85*\sqrt{0,02+\sqrt{0,02^2+9}}$$

$$t=1,48 \text{ cm} \quad \text{seçilen } t=15 \text{ cm}$$

$$\sigma_{zem}=3600 \text{ kg/cm}^2=36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_s=Z/(n* \sigma_{zem})$$

$$A_s=91,4/(6* 3600)$$

$$A_s=4*10^{-3}$$

$$A_s(\text{cm}^2)=0,843 \text{ (M12)}$$

Kaynakta:

Kaynak kalınlığı:

$$0,3<a<0,7*t_{\min}$$

$$0,3<a<0,7*6,0$$

$$a_{\text{seç}}=4 \text{ mm}$$

Kaynak uzunluğu:

$$15a<l<60a$$

$$60<l<240$$

$$l_{\text{seç}}=200 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k=2*0,4*20,0=16,0 \text{ cm}^2$$

$$W_k=2*a*l^2/6$$

$$W_k=2*0,4*20^2/6=53,3 \text{ cm}^3$$

$$\tau_k=P/F_k$$

$$\tau_k=896,4/16$$

$$\tau_k=56 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_k=P*e/W_k$$

$$\sigma_k=896,4*13,4/53,3=225,4 \text{ kg/cm}^2=2,254 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_v=\sqrt{\sigma_k^2+\tau_k^2}\leq\sigma_{vem}$$

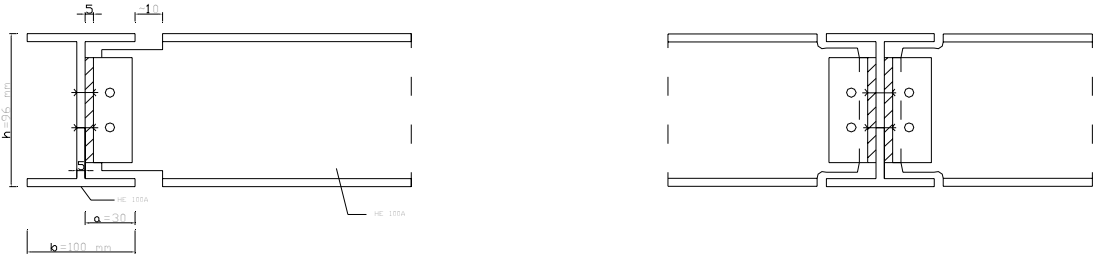
$$\sigma_v=\sqrt{56^2+225,4^2}\leq 232,3 \text{ kg/cm}^2=2,323 \text{ kN/cm}^2$$

6.2 Kiriş Birleşimleri

6.2.1 Basit kiriş birleşimleri

Sadece mesnet reaksiyonlarının aktarıldığı yani, basit kiriş bağlantılarına yönelik birleşimlerdir.

Her iki kiriş yüksekliği eşittir, dolayısıyla eksantriklikleri olabildiğince küçültülmek amacıyla, birleştirilecek kiriş başlıkları geriden kesilip profil gövdesi diğer kiriş gövdesine yaklaştırılmıştır.



Şekil 6.3: Basit kiriş-kiriş birleşimi

Bu birleşimde yapılacak kontroller 45 ve 36 nolu elemanlarda yapılmıştır.

$$P_{45}=-17,204 \text{ kN}$$

$$P_{36}=-6,772 \text{ kN}$$

Bu birleşimde yapılacak kontroller:

Bağlanacak olan kiriş gövdesindeki bulonlarda;

$d=\sqrt{5*t-0,2}$ formülü ile bulon çapı belirlenmiştir.

$$d=\sqrt{5*0,5-0,2}=1,4 \text{ cm}$$

$$M12 \text{ } d=13 \text{ mm}$$

$$P=-6,772 \text{ kN}$$

Bir perçine gelen düşey kuvvet bileşeni:

$$V=A/n$$

n:Bulon sayısı

A: Mesnet reaksiyon kuvveti

$$V=677,2/2=338,6$$

$$M=A*a=677,2*3=2031,6 \text{ kgcm}=20,316 \text{ kNcm}$$

a: Bulonların ağırlık merkezinin kirişin bağlandığı gövde yüzüne uzaklığı
(A*a) momentinde dolayı bir kenar perçine gelen yatay kuvvet bileşeni:

$$H=M*f/b$$

$$H=2031,6*1,0/4,0=507,9 \text{ kg}=5,079 \text{ kN}$$

b: Kenar perçinlerin arasındaki uzaklık

$$N_{S1}=2*\Pi*d^2*\tau_{sem}/4$$

$$N_{S1}=2*\Pi*1,2^2/4*1120=2533 \text{ kg}=25,33 \text{ kN}$$

$$N_I=d*t_{min}*\sigma_{lem}$$

$$N_I=1,2*0,55*2400=1584 \text{ kg}=15,84 \text{ kN}$$

$$N_{em}=(N_{S1}, N_I)$$

Bir perçine gelen bileşke kuvvet:

$$R=\sqrt{V^2+H^2}\leq N_{em}$$

$$R=\sqrt{338,6^2+507,9^2}\leq 610,4 \text{ kg}=6,104 \text{ kN}$$

$$R<(N_{S1}, N_I)$$

45 nolu kiriş:

$$P=-17,207 \text{ kN}$$

$$V=1720,7/2=860,35 \text{ kN}$$

$$M=1720,7*3=5162,1 \text{ kgcm}=51,621 \text{ kNcm}$$

$$H=5162,1*1,0/4,0=1290,5$$

$$N_{S1}=2*\Pi*d^2*\tau_{sem}/4$$

$$N_{S1}=2*\Pi*1,2^2/4*1120=2533 \text{ kg}=25,33 \text{ kN}$$

$$N_I=d*t_{min}*\sigma_{lem}$$

$$N_I=1,2*0,55*2400=1584 \text{ kg}=15,84 \text{ kN}$$

$$N_{em}=(N_{S1}, N_I)$$

$$R=\sqrt{V^2+H^2}\leq N_{em}$$

$$R<(N_{S1}, N_I)$$

HE220A kolon profili ve HE100A kiriş profili kullanılmıştır.

HE100A kiriş gövdesindeki bulonlarda;

$d=\sqrt{5*t-0,2}$ formülü ile bulon çapı belirlenmiştir.

$$d=\sqrt{5*0,5-0,2}=1,4 \text{ cm}$$

M12 d=13 mm

$$M=P \cdot a_1$$

$$M=1908,3 \cdot 3=5724,9 \text{ kgcm}=57,249 \text{ kNcm}$$

Bir bulona gelen düşey kuvvet bileşeni:

$$V=P/n$$

$$V=1908,3/2=954,1$$

Bir kenar bulona gelen yatay kuvvetin bileşeni:

$$H=M \cdot f/b$$

$$H=5724,9 \cdot 1,0 / 4,0=1431$$

$$N_{S1}=2 \cdot \Pi \cdot d^2 \cdot \tau_{sem}/4$$

$$N_{S1}=2 \cdot \Pi \cdot 1,2^2 / 4 \cdot 1400=3167 \text{ kg}=31,67 \text{ kN}$$

$$N_I=d \cdot t_{min} \cdot \sigma_{lem}$$

$$N_I=1,2 \cdot 0,55 \cdot 2800=1848 \text{ kg}=18,48 \text{ kN}$$

$$N_{em}=(N_{S1}, N_I)$$

$$R=\sqrt{V^2+H^2} \leq N_{em}$$

$$R=\sqrt{954,1^2+1431^2}=1720 \text{ kg}=1720 \text{ kN} \leq N_{em}$$

Kaynakta:

Kaynak kalınlığı;

$$0,3 < a < 0,7 \cdot t_{min}$$

$$0,3 < a < 3,5$$

$$a_{seç} = 3 \text{ mm}$$

Kaynak uzunluğu:

$$15a < l < 60a$$

$$45 < l < 180$$

$$l' = 130 \text{ mm}$$

$$l = 130 - 2 \cdot 3 = 124 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k = 2 \cdot 0,3 \cdot 12,4 = 7,44 \text{ cm}^2$$

Mukavemet momenti:

$$W_x = 2 \cdot 0,3 \cdot 12,4^2 / 6 = 15,4 \text{ cm}^2$$

$$\tau = P / F_k < \tau_{em}$$

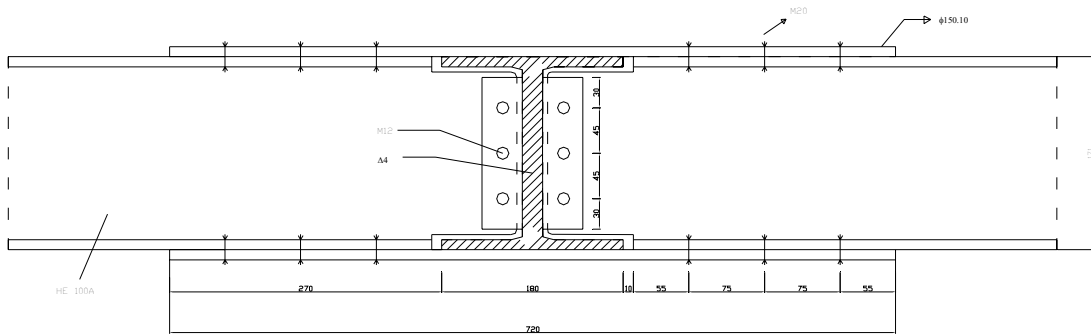
$$\tau = 1908,3 / 21,24 = 89,84 \text{ kg/cm}^2 = 0,8984 \text{ kN/cm}^2 < 900 \text{ kg/cm}^2 = 9,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_k = M / W_k = 5724,9 / 15,4 = 371,7 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 3,717 \text{ kN/cm}^2 < 14,00 \text{ kN/cm}^2$$

6.2.2 Rijit kiriş birleşimleri

Bu tür birleşimlerde hem mesnet momenti hem de kesme kuvvetinin aktarılması söz konusudur. Momentten doğan ve başlık seviyesinde oluşan çekme kuvveti süreklilik levhasıyla karşılanır. Kirişler aynı yükseklikte olduklarından dolayı alt başlığa da süreklilik levhası koymak suretiyle basınç kuvveti de süreklilik levhasıyla karşılanmıştır. Birleşimlerdeki kesme kuvveti ise levha ile aktarılmıştır. Bu birleşimde yapılacak kontroller 29 ve 35 nolu kirişlerde yapılmıştır.



Şekil 6.4: Rijit kiriş kiriş birleşim detayı

Süreklilik levhasında gerilme kontrolü:

$Z=M/h$ çekme kuvveti hesaplanmıştır.

$$Z=90800/17,1=5309,9 \text{ kg}=53,099 \text{ kN}$$

$$F_n=72*1,0-2*1,7*1,0=68,6 \text{ cm}^2$$

$$\sigma=Z/(b_1*t_1-2*d*t_1)$$

$$\sigma=5309,9/(72*1,0-2*1,7*1,0)=5309,9/68,6=77,4 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$
$$=0,774 \text{ kN/cm}^2 < 14,00 \text{ kN/cm}^2$$

Süreklilik levhasını kirişin bir tarafındaki kiriş başlığına bağlayacak bulon sayısı hesabı:

$$d=\sqrt{5*t-0,2}$$

$$d=\sqrt{5*1,5-0,2}=2,54 \text{ cm}$$

M20 $d=21 \text{ mm}$

$$N_{S1}=\Pi*d^2*\tau_{sem}/4$$

$$N_{S1}=\Pi*2,1^2/4*1400=4849 \text{ kg}=48,49 \text{ kN}$$

$$N_l=d*t_{min}*\sigma_{lem}$$

t_{min} :Süreklilik levhası kalınlığı ile kiriş başlık kalınlığının kıyaslanmasından elde edilmiştir.

$$N_l=2,1*0,95*2800=5586 \text{ kg}=55,86 \text{ kN}$$

$$N_{em} = \min(N_{S1}, N_I)$$

$$N_{em} = 4849 \text{ kg} = 48,49 \text{ kN}$$

$$6 * 4849 = 29094 \text{ kg} = 290,94 \text{ kN} > 5309,9 \text{ kg} = 53,099 \text{ kN}$$

Gövdede bulon hesabı:

Kiriş gövde düzleminde, süreklilik levhasıyla yeterli rijitlik sağlandığı için, Q'nun aktarılmasında kullanılan gövde bulonlarında veya kaynakta herhangi bir eksantriklik moment göz önünde tutulmamıştır.

$$d = \sqrt{5 * t} - 0,2$$

$$d = \sqrt{5 * 0,6} - 0,2 = 1,5 \text{ cm} \text{ formülü ile bulon çapı belirlenmiştir.}$$

$$M12 \text{ } d=13$$

$$N_{S1} = 2 * \Pi * d^2 * \tau_{sem} / 4$$

$$N_{S1} = 2 * \Pi * 1,6^2 / 4 * 1120 = 4503,4 \text{ kg} = 45,034 \text{ kN}$$

$$N_I = d * t_{min} * \sigma_{lem}$$

t_{min} : Süreklilik levhası kalınlığı ile giriş başlık kalınlığının kıyaslanmasından elde edilmiştir.

$$N_I = 1,6 * 0,6 * 2400 = 2304 \text{ kg}$$

$$N_{em} = \min(N_{S1}, N_I)$$

$$N_{em} = 4304 \text{ kg}$$

$$3 * 2304 = 6912 \text{ kg} = 69,12 \text{ kN} > Q_{kiriş}$$

Kaynakta:

Kaynak kalınlığı:

$$0,3 < a < 0,7 * t_{min}$$

$$0,3 < a < 0,7 * 0,6$$

$$a_{seç} = 4 \text{ mm}$$

Kaynak uzunluğu:

$$15a < l < 60a$$

$$60 < l < 240$$

$$l_{seç} = 200 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

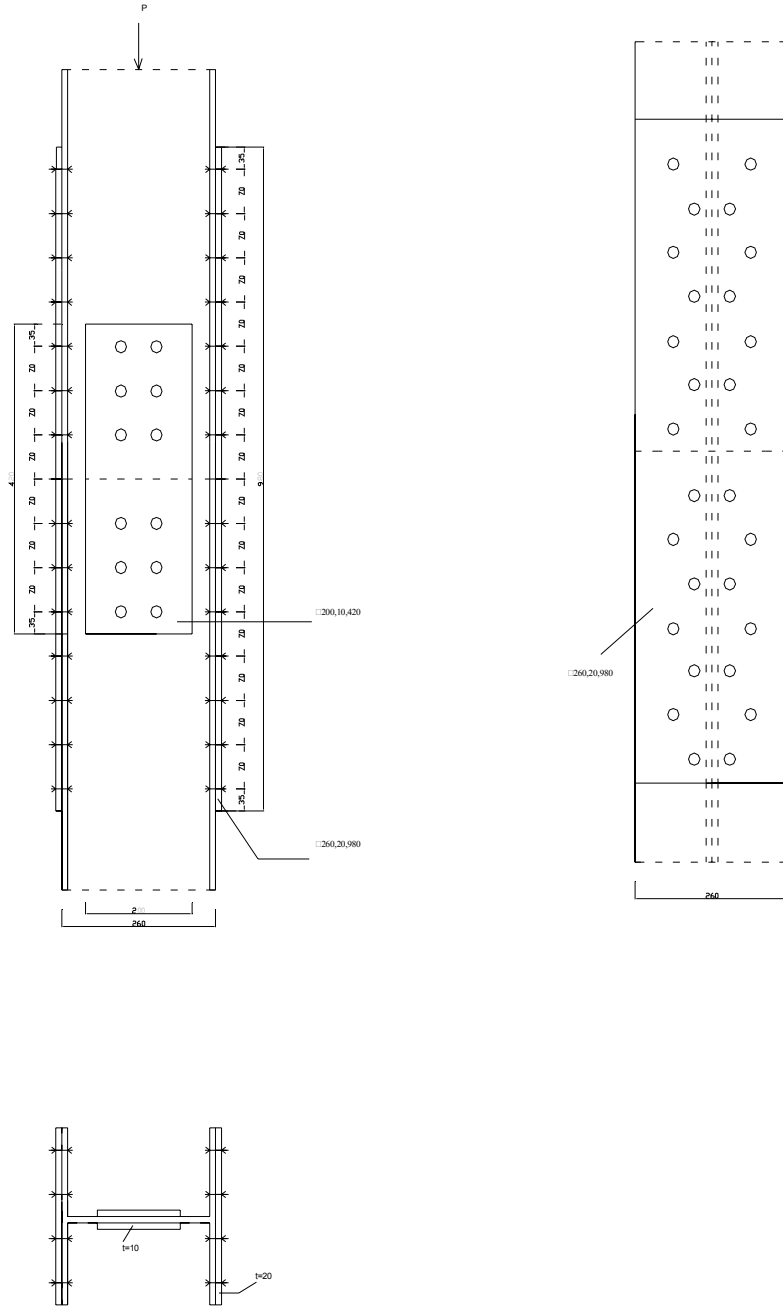
$$F_k = 2 * 0,4 * 20,0 = 16,0 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = P / F_k$$

$$\tau_k = 1470,8 / 16$$

$$\tau_k = 91,93 \text{ kg/cm}^2 = 0,9193 \text{ kN/cm}^2$$

6.3 Kolon Eki



Şekil 6.5: Kolon eki detayı

27 ve 54 no'lu kolonlarda kolon eki hesabı yapılmıştır.

$$P=-846,54 \text{ kN.}$$

$$d=\sqrt{5*t}-0,2$$

$$d=\sqrt{5*0,75}-0,2=1,7$$

Levha tasarımı:

Başlık levhaları; Profil başlığına yakın boyutlarda, fakat en kesit alanı olarak başlık en kesit alanından daha fazla olacak şekilde seçilecektir.

Buna göre $t_b=20$ mm seçilmiştir.

Başlık levhası:260*20*980 olarak belirlenmiştir.

$$A_{bek}=26*2=52\text{cm}^2 > A_{bprf}=26*1,25=32,5\text{cm}^2$$

Gövde levhaları; Profil gövde kalınlığına yakın boyutlarda fakat enkesit alanı olarak gövde enkesit alanından daha fazla olacak şekilde seçilecektir.

Ayrıca seçilecek gövde levhası kalınlığı $t_g \geq 0,8t_w$ koşulunu sağlayacaktır.

Buna göre $t_g=10$ mm seçilmiştir.

$$A_{gek}=2*20*1,0=40 \text{ cm}^2 > A_{gpr}=86,82-32,5=21,82 \text{ cm}^2$$

Moment etkisi:

$$\text{Moment /Mesafe}=288315/26=11089,04 \text{ kg}=110,8904 \text{ kN}$$

Başlık bulonları :

$$P_b=P*F_b/F$$

P:Üst kolon profilindeki merkezi basınç kuvveti

$$P_b=84654*32,5/86,82=31689,2 \text{ kg}=316,892 \text{ kN}$$

$$P_b=31689,2+11089,04=42778,24 \text{ kg}=427,7824 \text{ kN}$$

$$N_{S1}=\Pi*d^2* \tau_{sem}/4(\text{Başlık bulonları tek tesirli})$$

$$N_{S1}=\Pi*1,7^2*1400=3177,4 \text{ kg}=31,774 \text{ kN}$$

$$N_l=d*t_{min}* \sigma_{lem}$$

$$N_l=1,7*1,25*2800=5950 \text{ kg}=59,50 \text{ kN}$$

$$N_{em}=(N_{S1}, N_l)$$

$$N_{em}=3177,4 \text{ kg}=31,774 \text{ kN}$$

Başlık bulon sayısı:

$$n=P/ N_{em}$$

$$n=42778,24/3177,4=13,4 \text{ (14 bulon)}$$

Gövde eki bulonları:

$P_g=P*F_g/F$ kuvvetlerine göre hesaplanmıştır.

$$P_g=84654*21,82 / 86,82=21275,6 \text{ kg}=212,756 \text{ kN}$$

$$N_{S1}=2*\Pi*d^2*\tau_{sem}/4 \text{ (Gövde bulonları çift tesirli)}$$

$$N_{S1}=2*\Pi*1,7^2/4*1400=6355 \text{ kg}=63,55 \text{ kN}$$

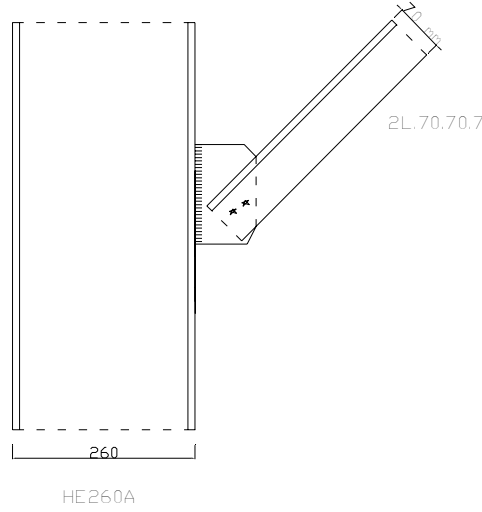
$$N_I=d*t_{min}*\sigma_{lem}$$

$$N_I=1,7*0,75*2800=3570 \text{ kg}=35,70 \text{ kN}$$

$$n=P/N_{em}$$

$$n=21275,6/3570=5,9 \text{ (6 bulon)}$$

6.4 Yataydaki çaprazların birleşimleri



Şekil 6.6: Kolon ve yatay çapraz birleşim detayı

Kolon olarak 200 ve 162 numaralı elemanlar diagoanal olarak 187 numaralı eleman kullanılmıştır.

$$P_{200min}=-60,75 \text{ kN}$$

$$P_{162min}=-209,835 \text{ kN}$$

$$P_{187min}=-21,649 \text{ kN}$$

$$P_{187max}=21,072 \text{ kN}$$

Levhada ile L profili birleşiminde;

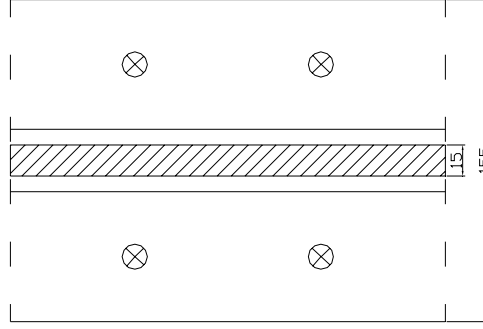
$$d=\sqrt{5}*t-0,2$$

$$d=\sqrt{5}*1,4-0,2=2,4 \text{ cm}$$

$$M 24 \text{ d}=25 \text{ mm}$$

$$c =2*4,0+1,5=9,5 \text{ cm}$$

$$M=P*c/2=2164,9*9,5/2=10283,275 \text{ kgcm}=1028327,5 \text{ kNcm}$$



Şekil 6.7: Levha ile yatay çapraz birleştirme detayı

$$I_{xn}=1,5*21^3/12+2*2,5*1,5*(9,0/2)^2=1309,5 \text{ cm}^4$$

$$W_{xn}= I_{xn}/(h/2)$$

$$W_{xn}=1309,5/(21,0/2)=124,7 \text{ cm}^3$$

$$\sigma=M/ W_{xn}=10283,275/124,7=82,5 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$=0,825 \text{ kN/cm}^2 < 14,00 \text{ kN/cm}^2$$

Bulonlarda:

$$N_{S1}=\Pi*d^2* \tau_{sem}/4$$

$$N_{S1}=\Pi*2,5^2/4*1400=6872 \text{ kg} =68,72 \text{ kN}$$

$$N_l=d*t_{min} * \sigma_{lem}$$

$$N_l=2,5*0,7*2800=4900 \text{ kg}=49,00 \text{ kN}$$

$$N_{em}=\min(N_{S1}, N_l)$$

$$N_{em}=4900 \text{ kg}=49,00 \text{ kN}$$

$$n=P/ N_{em}$$

$$n=2164,9/4900=0,4 \text{ (2 bulon)}$$

$$V=P/n$$

$$V=2164,9/2=1082,45 \text{ kg}=10,8245 \text{ kN}$$

$$\text{MaxH}=f*M/b=1,0*10283,275/9,0=1142,59 \text{ kg}=11,4259 \text{ kN}$$

$$R=\sqrt{V^2+H^2}\leq N_{em}$$

$$R=\sqrt{1082,45^2+1142,59^2}=1573,9 \text{ kg} =15,739 \text{ kN} \leq N_{em}$$

200-162 numaralı kolon:

$$P=149,085 \text{ kN}$$

Kaynakta:

Kaynak kalınlığı;

$$0,3 < a < 0,7 * t_{min}$$

$$0,3 < a < 0,7 * 7,5$$

$$a_{seç} = 5 \text{ mm}$$

Kaynak uzunluğu:

$$15a < l < 60a$$

$$75 < l < 300$$

$$l_{se\check{c}} = 210 \text{ mm}$$

Kaynak alanı:

$$F_k = 2 * 0,5 * 21,0 = 21,0 \text{ cm}^2$$

$$\tau = P / F_k < \tau_{em}$$

$$\tau = 14908,5 / 21 = 710 \text{ kg/cm}^2 = 7,10 \text{ kN/cm}^2 < 900 \text{ kg/cm}^2 = 9,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$I_{kx} = 2 * (a * l^3 / 12 + F_k * y^2)$$

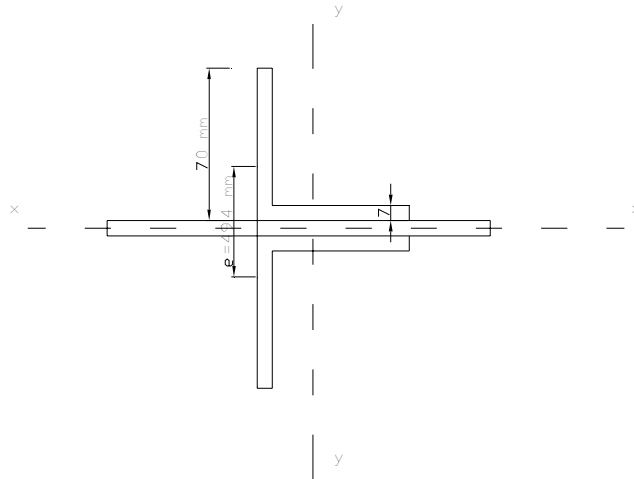
$$I_{kx} = 2 * (0,7 * 21^3 / 12 + 0,7 * 21 * 21 / 2) = 992 \text{ cm}^4$$

$$W_{kx} = 992 / (21 / 2) = 94 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_k = M / W_k = 37271,25 / 94 = 503 \text{ kg/cm}^2 = 5,03 \text{ kN/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2 = 14,00 \text{ kN/cm}^2$$

Çok parçalı basınç çubuklarında gerilme tahkiki (2L 70707 profili için)

y-y eksenine dik burkulmaya göre tahkik:



Şekil 6.8: İki korniyerle teşkil edilen basınç çubuğu

y-y eksenine dik burkulmaya göre tahkik:

$$\lambda_y = l_{ky} / i_y.$$

$$\lambda_y = 279,606 / 2,12 = 132 \quad w = 3,03$$

$$\sigma = P * w / F < \sigma_{em}.$$

$$\sigma = 2164,9 * 3,03 / 9,40 = 697,8 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2 \\ = 6,978 \text{ kN/cm}^2 < 14,00 \text{ kN/cm}^2$$

x-x eksenine dik burkulmaya göre tahkik:

$$I_x = 2 * I_1 + 2 * F_1 * (e/2)^2$$

$$e/2 = 0,75 + 1,97 = 2,72 \text{ cm}.$$

$$i_1 = i_{\min} = 1,37$$

$$I_y = 42,4 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 2 \cdot 42,4 + 2 \cdot 9,4 \cdot (2,72)^2 = 224 \text{ cm}^4$$

$$i_x = \sqrt{I_x / (2 \cdot F)}$$

$$i_x = \sqrt{224 / (2 \cdot 9,4)} = 3,45 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = l_{kx} / i_x$$

$$\lambda_x = 279,606 / 3,45 = 81$$

belirlendikten sonra bu değerin, kayma şekil değiştirmeleri sebebiyle yalnız başına kullanılmasının yetersizliği nedeniyle

$\lambda_x = l_1 / i_1$ belirlenmiştir.

$$l_{1, \max} \leq [l/3, \lambda_y / 2 \cdot i_{\min}]$$

$$l_{1, \max} \leq [279,606 / 3, 132 / 2 \cdot 1,37]$$

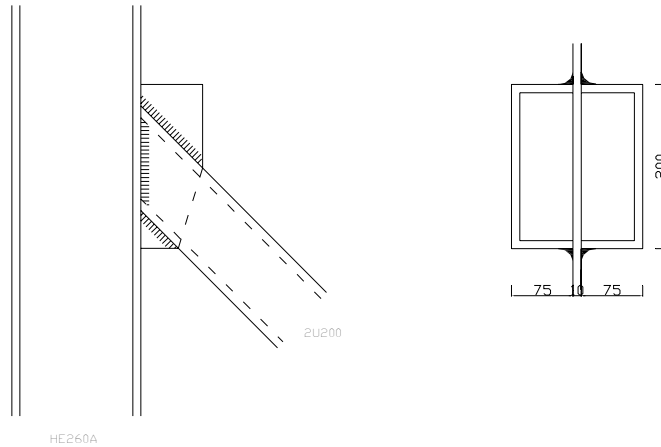
$$l_{1, \max} \leq [93 \text{ cm}, 90 \text{ cm}]$$

$$r = 279,606 / 90 = 3,10 \text{ (3,5,7)}$$

$$l_1 = l / r$$

$$l_1 = 279,606 / 5 = 56 \text{ cm}$$

6.5 Düşeydeki çaprazlarda birleşim hesabı



Şekil 6.9: Kolon ve düşey çapraz birleşim detayı

14,58 nolu kolonlar ile 15 nolu düşey diyagonalde birleşim hesabı yapılmıştır.

Kolonlar HE260A çapraz ise U 200 profili olarak alınmıştır.

15 nolu elemanda kaynak hesabı:

$$P = 122,17 \text{ kN}$$

$$0,3 < a < 0,7 t_{\min}$$

$$t_{\min} = 8,5$$

$$0,3 < a < 5,1$$

$$a_{\text{seç}} = 5 \text{ mm}$$

$$\tau_k = P/F$$

$$900 = (12217/2) / (2 * 0,5 * l_1)$$

$$l_1 = l_2 = 6,7 \text{ cm}$$

$$l_1' = l_2' = 6,7 + 2 * 0,4 = 7,6 \text{ cm}$$

14 ve 58 no'lu elemanda kaynak hesabı:

$$P_{14} = -845,775 \text{ kN}$$

$$P_{58} = -647,073 \text{ kN}$$

$$P = 198,702 \text{ kN}$$

$$\text{HE 260 } t_{\min} = 7,5 \text{ mm}$$

Kaynakta;

$$0,3 < a < 0,7 t_{\min}$$

$$0,3 < a < 5,2$$

$$a_{\text{seç}} = 5 \text{ mm}$$

$$F_k = 2 * a * l = 2 * 0,5 * l = l \text{ cm}^2$$

$$W_k = 2 * a * l^2 / 6 = 15,4 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k = P/F = 19870,2 / l = 900 \text{ kg/cm}^2 = 9,00 \text{ kN/cm}^2$$

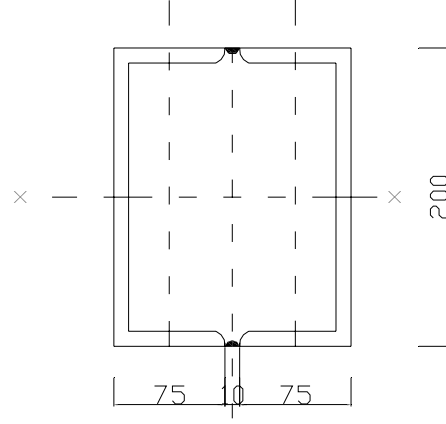
$$l = 22,1 \text{ cm}$$

$$l' = 22,1 + 2 * 0,4 = 22,9$$

$$M = 14,4909 \text{ kNm}$$

$$\sigma_k = M / W_k = 14,4909 / 836,4 = 173,2 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 1,732 \text{ kN/cm}^2 < 14,00 \text{ kN/cm}^2$$



Şekil 6.10: İki U profili ile teşkil edilen basınç çubuğu

U 200: $F=32.2\text{cm}^2$ $t_f=7,5\text{ mm}$ $t_w=8,5\text{ mm}$ $I_x=1910\text{ cm}^4$ $I_y=148\text{ cm}^4$ $i_x=7,70\text{ cm}$
 $i_y=2,14\text{ cm}$ $e_y=2,01\text{ cm}$ $w=40\text{ mm}$

x-x eksenine dik burkulmaya göre tahkik:

$$\lambda_x = l_{kx} / i_x$$

$$\lambda_x = 397,518 / 7,7 = 51,6\text{ cm}$$

y-y eksenine dik burkulmaya göre tahkik:

$$e = 200 - 2 * 2,01 = 195,95\text{ mm}$$

$$I_y = 2 * I_1 + 2 * F_1 * (e/2)^2$$

$$I_y = 2 * 148 + 2 * 32,2 * (19,595/2)^2 = 6477,8\text{ cm}^4$$

$$i_1 = i_{\min} = 1,37$$

$$\lambda_y = l_{ky} / i_y$$

$$\lambda_y = 397,518 / 7,24 = 40 \quad w = 1,14$$

$\lambda_x = l_1 / i_1$ belirlenmiştir.

$$l_{1,\max} \leq [l/3, \lambda_x / 2 * i_{\min}]$$

$$l_{1,\max} \leq [397,518/3, 51,6/2 * 2,14]$$

$$l_{1,\max} \leq [132,5\text{cm}, 55\text{cm}]$$

$$r = 397,518 / 55 = 7,2 \quad (3, \underline{5}, 7)$$

$r = 9$ aralık

$$l_1 = l / r$$

$$l_1 = 397,518 / 9 = 44\text{ cm}$$

Bağlantı aralıkları bakımından;

$$\lambda_1 = l_1 / i_1$$

$$\lambda_1 = 44 / 2,14 = 20,5 \leq 50$$

$$\lambda_{yi} = \sqrt{\lambda_y^2 + (m/2) * \lambda_1^2}$$

$$\lambda_{yi} = \sqrt{40^2 + (2/2) * 20,5^2} = 44,9$$

$$\lambda_x = 51,6$$

$$\lambda_{yi} = 44,9$$

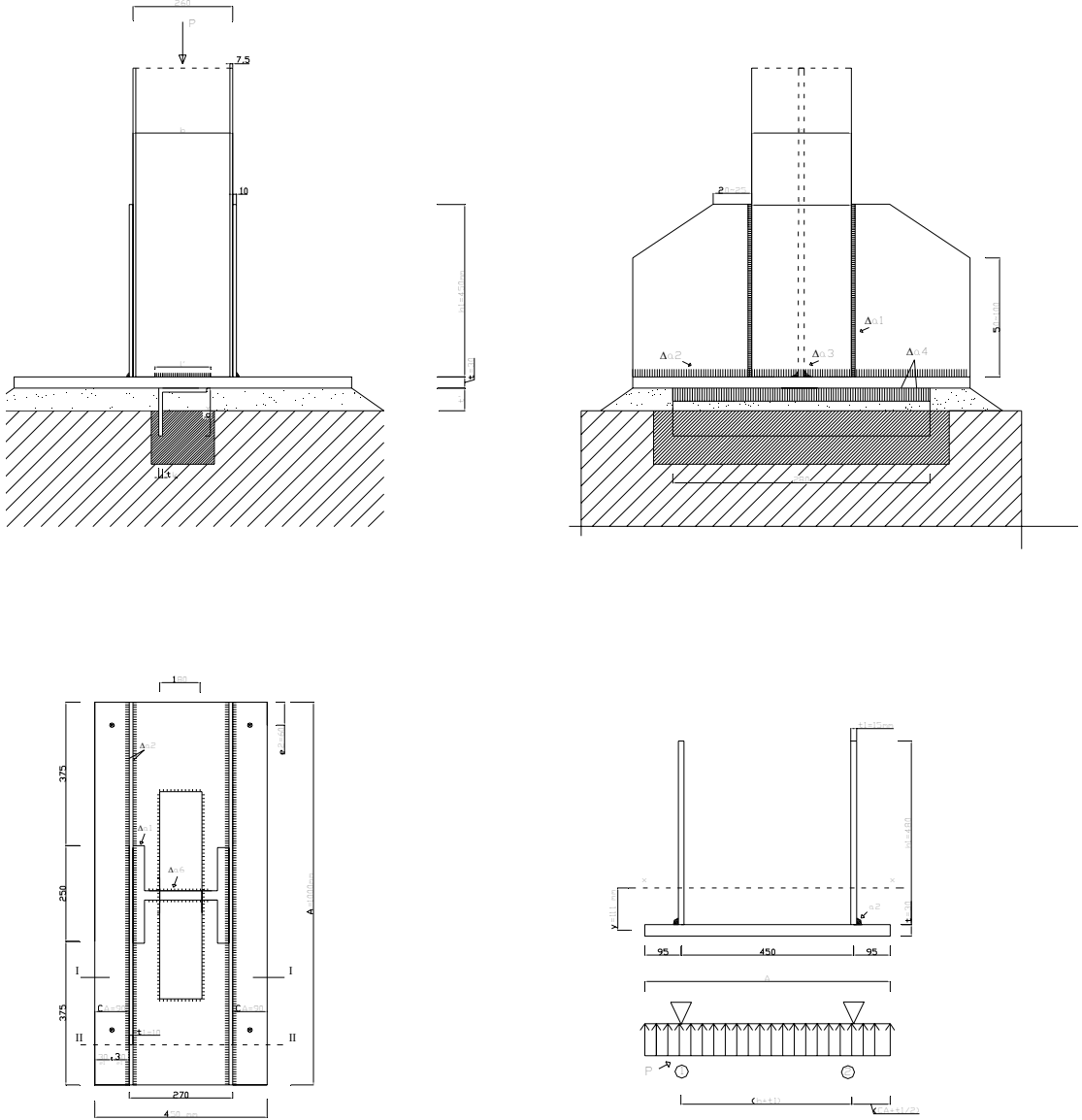
$$\lambda_{\max} = [\lambda_x; \lambda_{yi}]$$

$$\lambda_{\max} = 51,6 \quad w_{\max} = 1,23$$

$$\sigma = P * w / 2 * F$$

$$\begin{aligned} \sigma &= 12217 * 1,23 / (2 * 32,2) = 233 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2,33 \text{ kN/cm}^2 < 14,00 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

7.TEMEL HESABI



Şekil 7.1: Mafsallı kolon ayağı detayı

Kolonun temel blokuna bağlantısı 'kolon ayağı teşkili şeklinde adlandırılır. Düşey kuvvet ve yatay kuvvet aktarılması söz konusudur. Moment etkili olmadığından mafsallı kolon ayağı teşkil edilmiştir. [1,2]

Gerekli kontrollerin yapılmasında aşağıdaki yol izlenmiştir.

Seçilen (A,B) boyutlarına göre taban levhası altındaki beton basınç gerilmesi tahkiki:

$$F=A*B$$

$$F=45*100=4500 \text{ cm}$$

$$p=P/F \leq p_{em}$$

$$p_{em} \text{ BS 20 için } 55 \text{ kg/cm}^2 = 0,55 \text{ kN/cm}^2$$

$$p=171923,3/4500=38,2 \text{ kg/cm}^2 = 0,382 \text{ kN/cm}^2$$

Taban levhasında eğilme gerilmesi tahkiki:

Konsol momenti:

$$M_1=p*c^2/2 \text{ (} c=c_A+t_1/2 \text{)}$$

c:konsol boyu

$$c=c_A+t_1/2$$

$$M_1=38,2*9,5^2/2=1724 \text{ kgcm}=17,24 \text{ kNcm}$$

$$M_2=p*A/2*(A/4-c)$$

$$M_2=38,2*45/2*(45/4-9,5)=1504 \text{ kgcm}=15,04 \text{ kNcm}$$

$$M_{max}=[M_1, M_2] \text{ (kgcm/cm)}$$

$$M_{max}=1724 \text{ kgcm} = 17,24 \text{ kNcm}$$

t:levha kalınlığı

$$t \geq 2,45 * \sqrt{M_{max} / \sigma_{cem}}$$

$$t \geq 2,45 * \sqrt{1724 / 1440} = 2,7$$

$$t = 3,0 \text{ cm}$$

Mukavemet momentini:

$$w = t^2 / 6$$

$$\sigma = M / W < 1440 \text{ kg/cm}^2 < 14,40 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma = 1724 / 1,5 = 1149 \text{ kg/cm}^2 = 11,49 \text{ kN/cm}^2 < 1440 \text{ kg/cm}^2 = 14,40 \text{ kN/cm}^2$$

Guse levhasının yüksekliği:

$$h_1 \geq P / (4 * a_1 * \tau_{kemn}) + 2 * a_1$$

$$h_1 \geq 171923,3 / (4 * 1,0 * 1100) + 2 * 1,0$$

$$h_1 \geq 41$$

$$h_1 = 450 \text{ mm}$$

$$3 \leq a \leq 0,7 * t_1$$

$$3 \leq a \leq 0,7 * 1,5$$

$$a \leq 10,5 \text{ mm}$$

$$a_{\text{seç}} = 10 \text{ mm}$$

$$F_k = 4 * 1,0 * (45 - 2 * 1,0) = 172 \text{ cm}^2$$

$$\tau = P / F_{\text{kay}} < 1100 \text{ kg/cm}^2 < 11,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau = 171923,3 / 172 = 999 \text{ kg/cm}^2 < 1100 \text{ kg/cm}^2 \\ = 9,99 \text{ kN/cm}^2 < 11,00 \text{ kN/cm}^2$$

Tarafsız eksenin taban levhasının alt kenarına olan y mesafesi, bu tarafsız eksene göre atalet momenti aşağıda bulunmuştur.

$$y = (2 * 45 * 25,5 + 3 * 45 * 1,5) / (2 * 45 + 3 * 45) = 11,1 \text{ cm.}$$

$$I_x = 2 * 1,5 * 45^3 / 12 + 2 * 45 * (25,5 - 11,1)^2 + 3 * 45 * (11,1 - 1,5)^2 = 53885,25 \text{ cm}^4$$

Guse levhaları uç kesitinde gerilme:

$$M = (P * A) * C_B^2 / 2$$

$$M = (38,2 * 45) * [(100 - 26,0) / 2]^2 / 2 = 838512,5 \text{ kgcm} = 8385,125 \text{ kNcm}$$

$$\sigma = M * (h_1 + t - y) / I_x \leq \sigma_{\text{çem}}$$

$$\sigma = 838512,5 * (45 + 3 - 11,1) / 53885,25 = 574,2 \text{ kg/cm}^2 \leq 1400 \text{ kg/cm}^2 \\ = 5,742 \text{ kN/cm}^2 \leq 14,00 \text{ kN/cm}^2$$

Guse levhalarını taban levhasına bağlayan kaynak kordonlarında gerilme:

$$Q = p * A * C_B$$

$$Q = 38,2 * 45 * 9,5 = 16330,5 \text{ kg} = 163,305 \text{ kN}$$

$$S_x = A * t * (y - 1/2) \text{ (Taban levhasının statik momenti)}$$

$$S_x = 45 * 3,0 * (11,1 - 1/2) = 1431 \text{ cm}^3$$

$$\tau_k = Q * S_x / (I_x * 2 * a_2)$$

$$\tau_k = 16330,5 * 1431 / (53885,25 * 2 * 1,0) = 216 \text{ kg/cm}^2 = 2,16 \text{ kN/cm}^2$$

Kolon gövdesini taban levhasına bağlayan a₃ kaynak dikişlerinde tahkik:

$$\tau_k = H / (2 * a_3 * (l^2 - 2 * a_3)) \leq \tau_{\text{kemn}}$$

$$t = 7,5 \text{ mm}$$

$$3 \leq a \leq 0,7 * t_{\text{min}}$$

$$3 \leq a \leq 0,7 * 0,75$$

$$a_{\text{seç}} = 5 \text{ mm}$$

$$15a < l < 60a$$

$$75 < l < 300$$

$$l=230 \text{ mm}$$

$$\tau_k=23024,5/(2*0,5*(23-2*0,5))=1046 \text{ kg/cm}^2 \leq 1100 \text{ kg/cm}^2 \\ =1046 \text{ kN/cm}^2 \leq 11,00 \text{ kN/cm}^2$$

Kama boyu l_k 'nin bulunması:

$$L \ 150 \ 150 \ 14$$

$$l_k \geq H/(b_k-t')*p_{em}$$

$$l_k \geq 23024,5/(15-3,0)*55$$

$$l_k \geq 27,9$$

$$l_k=28 \text{ cm}$$

$$p'=23024,5/28*(15-3)=69 \text{ kg/cm}^2=0,69 \text{ kN/cm}^2 > 55 \text{ kg/cm}^2=0,55 \text{ kN/cm}^2$$

$$L \ 180 \ 180 \ 16$$

$$l_k \geq H/(b_k-t')*p_{em}$$

$$l_k \geq 23024,5/(18-3,0)*55$$

$$l_k \geq 27$$

$$l_k=28 \text{ cm}$$

$$p'=23024,5/28*(18-3)=54,8 \text{ kg/cm}^2=0,548 \text{ kN/cm}^2 > 55 \text{ kg/cm}^2=0,55 \text{ kN/cm}^2$$

$$M=p'*(b_k-t')^2/2$$

$$M=54,8*(18-3)^2/2=6156 \text{ kg/cm}^2=61,56 \text{ kN/cm}^2$$

$$W=1,6^2/6=0,427 \text{ cm}^3$$

$$\sigma=M/W < 14,40 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma=M/W=6165/11,9=518 \text{ kg/cm}^2=51,8 \text{ kN/cm}^2$$

Kamayı taban levhasına bağlayan kaynak a_4 dikişlerinde gerilme kontrolü:

$$I_k=(l_k+2*a_4)*(b_k+2*a_4)^3/12-(l_k*b_k^3/12)$$

$$I_k=(28+2*0,7)*(18+2*0,7)^3/12-(28*18^3/12)=4280 \text{ cm}^4$$

$$F_k=2*b_k*a_4$$

$$F_k=2*18*0,7=25,2 \text{ cm}^2$$

$$\tau_k=H/F_k$$

$$\tau_k=23024,5/25,2=913,7 \text{ kg/cm}^2=9,137 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_k=M*(b_k/2+a_4)/I_k$$

$$M=H*(b_k+t')/2$$

$$M=23024,5*(18+3,0)=241757,25 \text{ kgcm}=2417,5725 \text{ kNcm}$$

$$\sigma_k=241757,25*(18/2+0,7)/4280=548 \text{ kg/cm}^2 < 1100 \text{ kg/cm}^2 \\ =5,48 \text{ kN/cm}^2 < 11,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_k^2 + \tau_k^2} \leq \sigma_{\text{vemn}}$$

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \sqrt{548^2 + 913,7^2} = 1065 \text{ kg/cm}^2 \leq 1100 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 10,65 \text{ kN/cm}^2 \leq 11,00 \text{ kN/cm}^2\end{aligned}$$

8.SONUÇ

Su kulesi yapısı eşdeğer kütle yay sistemi modeli ile çözümlenmiştir. Ayrıca yay-kütle sisteminin etkisinin belirlenebilmesi için sadece su yükü, tank yükü ve diğer yüklerin etkimesi göz önüne alınarak ikinci bir analiz yapılmıştır. Her iki durum için elde edilen periyot ve yer değiştirme değerleri aşağıda verilmiştir. Eşdeğer kütle yay sistemi modeli ile yapılan analiz sonucunda çıkan periyot değerleri sadece yüklerin etkimesi sonucu elde edilen periyot değerlerinden daha büyük çıkmıştır. Periyodun büyümesi spektral ivme değerini azaltmaktadır. Seçilen uygun profiller doğrultusunda tepe noktasında yerdeğiştirme, standartlarda verilen sınırların altında kalmıştır.

	T1	T2	T3
Durum1	2,9082	1,7264	0,59
Durum2	0,343	0,335	0,245

	Durum1	Durum2
	U1	U2
1.kat	0,132	0,002
6.kat	0,2088	0,021
7.kat	0,2575	0,0025

Su kulesi yapısı çalışmalarında afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelikten, TS 498 ve TS 648 yararlanılmıştır En elverişsiz yüklemeyi depremli durum oluşturduğundan dolayı emniyet gerilmesi $18,62 \text{ kN/cm}^2$ alınmıştır Deprem yükü hesabında modların süperpozisyonu yöntemi esas alınarak analiz yapılmış ve elde edilen sonuçlar eşdeğer deprem yükü yöntemindekilerle karşılaştırılmıştır. Boyutlandırma, en elverişsiz yükleme durumuna göre yapılmıştır.

Binanın yaklaşık birinci titreşim periyodu $T_1=Ct \cdot H_N^{3/4}$ formülü ile hesaplanmıştır.

$T_1=Ct \cdot H_N^{3/4}=0,67$ sn elde edilmiştir. Sap 2000 programı ile yapılan analiz sonucunda $T_1=2,9082$ sn ve $T_2=1,7264$ sn bulunmuştur. Periyotlardaki bu farklılığın nedeni; $T_1=Ct \cdot H_N^{3/4}$ formülü ampirik formül olmasıdır. Bina türü yapılarda uygulanmış olan

Çalışmaların sonucunda bulunmuştur. Bölme duvarların etkisini de içermektedir. Betonarme yapılarda yakın değerler vermektedir. Bina türü olmayan elik yapılarda yeterli yaklaşım elde edilemez. Bundan dolayı eşdeğer deprem yüklerine göre hesap yapılacak olsa bile sistemin modelinin kurulup, modal analiz yapılması tavsiye edilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Deren, H., Uzgider E. ve Pirođlu F.**, 2005. elik Yapılar, ađlayan Basımevi, İstanbul.
- [2] **Odabaşı, Y.**,1997. Ahşap ve elik Yapı Elemanları,Beta Basım A.Ş.,İstanbul.
- [3] **Erşen, N.**,1998. elik Yapılar ve çözümlenmiş Problemler, Birsen Yayınevi Ltd.Şti.,İstanbul.
- [4] **Celep, Z., Kumbasar N.**, 2000.Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [5] **Celep, Z.,Kumbasar N.**, 2001.Yapı Dinamiđi, Beta Dağıtım, İstanbul
- [6] **ABYYHY**,1998.Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara,
- [7] **TS 648**, 1982.elik yapıların hesap ve kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [8] **TS 498**, 1997.Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değeri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [9] **Davidovici, V. And Haddadi A.**,1982.Calcul Pratique De Reservoirs En Zone Sismique.
- [10] **Haroun, M.A.**,1983.Vibration Studies and Tests of Liquid Storage Tanks.,11,p.179-206.
- [11] **Ramiah, B.K.and Rajata D.S.**,1966. Factors Effecting Seismic Design of WaterTowers.
- [12] **Haroun, M.A.,Ellaithy H.M.**,1985.Model For Flexible Tanks Undergoing Rocking.
- [13] **Haroun, M.A.,Temraz M.K.**,1991. Effects of soil-structure interaction on seismic Response of elevated Tanks.
- [14]**Veletsos, A.S.,Tang Y.,Tang T.**,1992. Dynamic Response of Flexibly Supported Liquid-Storage Tanks.

ÖZGEÇMİŞ

Asuman Işıl Çarhoğlu 1976 yılında Şanlıurfa'da doğdu.2002'de Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu.2002 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Deprem Mühendisliği Programı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.