

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KUTU KESİTLİ ÖNGERİLMELİ PREFABRİKE KİRİŞLİ
VİYADÜK TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Murat Emre BATMAZ**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

MAYIS 2002

**KUTU KESİTLİ ÖNGERİLMELİ PREFABRİKE KİRİŞLİ
VİYADÜK TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Murat Emre BATMAZ
(501001165)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Mayıs 2002

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Metin AYDOĞAN
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Zekeriya POLAT (Y.T.Ü.)
Doç.Dr. Kadir GÜLER (İ.T.Ü.)

MAYIS 2002

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tezi, kutu kesitli öngerilmeli prefabrike kirişli bir viyadüğün analizini ve boyutlandırılmasını içermektedir. Yüksek lisans tezim sırasında bilgi ve düşüncelerini esirgemedi bana yardımcı olan danışman hocam Sn. Prof. Dr. Metin AYDOĞAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca öğrenimim esnasında desteklerini benden esirgemeyen İnş Yük. Müh. Mustafa Ali GÜLVER, İnş Yük. Müh. Caner ÇAKIR ve tüm CSM İnşaat çalışanlarına, aileme ve projemde bana yardımcı olan Altınok Mühendislik Firmasına teşekkür ederim.

Mayıs 2002

Murat Emre BATMAZ

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KUTU KESİTLİ PREFABRİKE KİRİŞE AİT KESİT ÖZELLİKLERİ	4
2.1 A-A Kesitine Ait Değerler	4
2.2.1 A-A kompozit kirişe ait bürüt enkesit değerleri	4
2.1.2 A-A kompozit kesitine ait değerler	13
2.2 B-B Kesitine Ait Değerler	13
2.2.1 B-B kompozit kesitine ait değerler	14
2.3 C-C Kesitine Ait Değerler	14
2.3.1 C-C kompozit kesitine ait değerler	15
2.4 D-D Kesitine Ait Değerler	15
3. SAP90 PROGRAMI İÇİN YAPILAN MODELLEMEDE KULLANILACAK BİLGİLER	17
3.1 Çubuk Elemanların Kesit Özellikleri	17
3.2 Kesitlere Ait Zati Yükler	18
3.3 Taşıt Yükleri	19
3.3.1 Standart kamyon ve şerit yükleri	19
3.3.2 Dinamik etki katsayısı	20
3.4 İlave Daimi Yükler	20
3.5 SAP90 Yüklemelemleri	21
3.5.1 1 No'lu yükleme (ilave daimi yük)	21
3.5.2 2 No'lu yükleme (yaya yükü)	22
3.5.3 3 No'lu yükleme (şerit yüklemesi – L/2)	23
3.5.4 4 No'lu yükleme (s.k.y. – L/2)	24
3.5.5 5 No'lu yükleme (s.k.y. – L/2)	25
3.5.6 6 No'lu yükleme (s.k.y. – L/2)	26
3.5.7 7 No'lu yükleme (şerit yüklemesi – 0,1 m.)	27
3.5.8 8 No'lu yükleme (s.k.y. – 0,1 m.)	28
3.5.9 9 No'lu yükleme (s.k.y. – 0,1 m.)	29
3.5.10 10 No'lu yükleme (s.k.y. – 0,1 m.)	30
3.5.11 11 No'lu yükleme (şerit yüklemesi – L/4)	31
3.5.12 12 No'lu yükleme (s.k.y. – L/4)	32
3.5.13 13 No'lu yükleme (s.k.y. – L/4)	33

3.5.14	14 No'lu yükleme (s.k.y. – L/4)	34
3.5.15	15 No'lu yükleme (şerit yüklemesi – 1,5 m.)	35
3.5.16	16 No'lu yükleme (s.k.y. – 1,5 m.)	36
3.5.17	17 No'lu yükleme (s.k.y. – 1,5 m.)	37
3.5.18	18 No'lu yükleme (s.k.y. – 1,5 m.)	38
3.6	SAP90 Datasında kullanılacak yükler	39
3.6.1	Yayıllı yükler	39
3.6.2	Çubuk elemana ait yükler	39
3.6.3	Düğüm noktalarına ait yükler	40
4.	ÖNGERİLMELİ KUTU KESİTLİ PREFABRİKE KİRİŞ HESABI	66
4.1	Hesapta Kullanılacak Bilgiler	66
4.2	Öngerilmeli Kutu Kesitli Prefabrike Kirişte Oluşan Kesit Tesirleri	67
4.2.1	İmalat esnasında oluşan kesit tesirleri	67
4.2.2	Taşınma esnasında oluşan kesit tesirleri	68
4.2.3	Yerinde dökme döşeme ve fligran yükünden oluşan kesit tesirleri	69
4.2.4	Montaj esnasındaki hareketli yüklerden oluşan kesit tesirleri	70
4.3	Öngerilme durumunda emniyet gerilmeleri	74
4.3.1	Çekme durumuna ait beton emniyet gerilmeleri	74
4.3.2	Basınç durumuna ait beton emniyet gerilmeleri	75
4.4	Öngerilme Kablolarının Seçimi	75
4.5	Prefabrike Kirişin Açıklık Ortasında (A-A Kesitinde)	
	Öngerilme Hesapları	77
4.5.1	Eksantrisine ve öngerilme kuvvetinin hesabı	77
4.5.2	Öngerilme kayıplarının hesaplanması	77
4.5.3	Gerilme tahkikleri	80
4.5.3.1	imalat fazı	81
4.5.3.2	yerinde dökme tabliyeden meydana gelen gerilmeler	81
4.5.3.3	montaj esnasındaki hareketli yükten kaynaklanan gerilmeler	82
4.5.3.4	ilave daimi yükten oluşan gerilmeler	82
4.5.3.5	hareketli yükten meydana gelen gerilmeler	83
4.5.3.6	zamana bağlı öngerme kaybı	84
4.5.3.7	kompozit kesitte öngerilme kaybı sonrası gerilmeler	86
4.5.4	Gerilme kombinasyonları	87
4.6	Prefabrike Kirişte Mesnetten 9,125 m. Uzakta (A-A Kesitinde)	
	Yapılan Öngerilme Hesapları	89
4.6.1	Eksantrisine ve öngerilme kuvvetinin hesabı	89
4.6.2	Öngerilme kayıplarının hesaplanması	89
4.6.3	Gerilme tahkikleri	92
4.6.3.1	imalat fazı	93
4.6.3.2	yerinde dökme tabliyeden meydana gelen gerilmeler	93
4.6.3.3	montaj esnasındaki hareketli yükten kaynaklanan gerilmeler	94
4.6.3.4	ilave daimi yükten oluşan gerilmeler	94
4.6.3.5	hareketli yükten meydana gelen gerilmeler	95
4.6.3.6	zamana bağlı öngerme kaybı	96
4.6.3.7	kompozit kesitte öngerilme kaybı sonrası gerilmeler	98
4.6.4	Gerilme kombinasyonları	99
4.7	Prefabrike Kirişte Mesnetten 0,76 m. Uzakta (A-A Kesitinde)	
	Yapılan Öngerilme Hesapları	101
4.7.1	Eksantrisine ve öngerilme kuvvetinin hesabı	101

4.7.2	Öngerilme kayıplarının hesaplanması	101
4.7.3	Gerilme tahkikleri	104
4.7.3.1	imalat fazı	105
4.7.3.2	yerinde dökme tabliyeden meydana gelen gerilmeler	105
4.7.3.3	montaj esnasındaki hareketli yükten kaynaklanan gerilmeler	106
4.7.3.4	ilave daimi yükten oluşan gerilmeler	106
4.7.3.5	hareketli yükten meydana gelen gerilmeler	107
4.7.3.6	zamana bağlı öngerme kaybı	108
4.7.3.7	kompozit kesitte öngerilme kaybı sonrası gerilmeler	110
4.7.4	Gerilme kombinasyonları	111
4.8	Açıklık Ortasında Sehim Tahkiki	126
4.9	Kesme Kuvveti Tahkiki	128
4.9.1	Kesme kuvveti tahkikinde kullanılacak yüklerin belirlenmesi	128
4.9.1.1	çubuk elemana ait yükler	128
4.9.1.2	düğüm noktalarına ait yükler	129
4.9.1.3	hesapta kullanılacak değerler	131
4.9.2	Hesaplar	132
4.9.2.1	yatay kayma dayanımı	136
4.10	Yerinde Dökme Tabliye Analizi	137
4.10.1	Hareketli yükten meydana gelen nominal momentin belirlenmesi	137
4.10.2	Ölü yükten meydana gelen nominal momentin belirlenmesi	137
4.10.3	Grup 1 faktörlü yüklerin belirlenmesi	137
4.10.4	Eğilme donatısı hesabı	138
4.11	Fligran Analizi	139
4.11.1	Momentlerin belirlenmesi	139
4.11.2	Grup 1 faktörlü yüklerin belirlenmesi	139
4.11.3	Eğilme donatısı hesabı	140
4.12	Elastomer Mesnet (Neopren) Hesabı	141
4.12.1	Mesnet fonksiyonlarının belirlenmesi	141
4.12.2	Toplam dönme miktarının belirlenmesi	141
4.12.3	Deplasmanların belirlenmesi	142
5.	DEPREM HESABI	143
5.1	İvme-Spektrum Eğrisi	143
5.2	Tabliye Minimum Sismik Oturma Mesafeleri	148
5.3	Neoprenlere Ait Yay Katsayılarının Belirlenmesi	149
5.4	SAP2000 Program Datasının Oluşturulması	150
5.4.1	Zati ağırlıkların belirlenmesi	150
5.4.2	Yük kombinasyonları	151
5.4.3	Eşdeğer kuvvet metodu ile deprem hesabı	151
5.5	Orta Ayak İçin Hesap	158
5.5.1	$1,3 \cdot G + 2,17 \cdot Q$ kombinasyonuna göre hesap	158
5.5.2	$G + 0,3 \cdot E_x + E_y$ kombinasyonuna göre hesap	161
5.6	Orta Ayak İçin Kazıklı Temel Hesabı	164
5.6.1	SAP2000 modeli için gerekli olan yüklemeler	164
5.6.2	Kazık taşıma gücünün belirlenmesi	167
5.6.3	Kazıklara etkiyen yatay yayların hesabı	168
5.6.4	Sonuçların değerlendirilmesi	168
5.6.5	Kazık donatı hesabı	168
5.6.6	Kazık başlık plağı donatı hesabı	171

5.7 Orta Ayak Başlık Kirişı Hesabı	174
5.7.1 Zati ağırlıkların belirlenmesi	175
5.7.2 Başlık kirişi konsol hesabı	177
5.7.3 Başlık kirişinin analizi	178
5.8 Kenar Ayak Hesabı	182
5.8.1 G+Q yüklemesi	183
5.8.1.1 statik toprak itkisi hesabı	185
5.8.1.2 hesapta kullanılacak yüklerin belirlenmesi	186
5.8.1.3 kenar ayak kesitlerinde oluşan kesit tesirleri	187
5.8.2 G+E yüklemesi	189
5.8.2.1 statik+dinamik toprak itkisi hesabı	189
5.8.2.2 hesapta kullanılacak yüklerin belirlenmesi	190
5.8.2.3 kenar ayak kesitlerinde oluşan kesit tesirleri	191
5.8.3 Kenar ayak için kazıklı temel hesabı	192
5.8.3.1 SAP2000 modeli için gerekli olan yüklemeler	192
5.8.3.2 Kazık taşıma gücünün belirlenmesi	192
5.8.3.3 Kazıklara etkiyen yatay yayların hesabı	195
5.8.3.4 Sonuçların değerlendirilmesi	195
5.8.3.5 Kazık donatı hesabı	195
5.8.3.6 Kazık başlık plağı donatı hesabı	197
5.8.4 Kenar ayak donatı hesabı	201
5.8.4.1 $1,3 \cdot G + 2,17 \cdot Q$ yüklemesi için donatı hesabı	202
5.8.4.2 G+E yüklemesi için donatı hesabı	204
5.8.5 Geçiş Plağı Analizi	208
5.8.5.1 Grup 1 faktörlü yüklerin belirlenmesi	209
5.8.5.2 Eğilme donatısı hesabı	209
6. SONUÇLAR	210
KAYNAKLAR	211
EKLER	212
ÖZGEÇMİŞ	222

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1.	Kesitlere ait mukavemet değerleri.....	16
Tablo 3.1.	Standart kamyon yükleri.....	19
Tablo 4.1.	İmalat esnasında prefabrike kirişte oluşan kesit tesirleri.....	67
Tablo 4.2.	Taşıma esnasında prefabrike kirişte oluşan kesit tesirleri.....	68
Tablo 4.3.	Yerinde dökme tabliyeden dolayı prefabrike kirişte oluşan kesit tesirleri.....	69
Tablo 4.4.	Montaj esnasında prefabrike kirişte oluşan kesit tesirleri.....	70
Tablo 4.5.	L/2 kesitinde oluşan momentler.....	71
Tablo 4.6.	L/4 kesitinde oluşan momentler.....	72
Tablo 4.7.	Mesnetten 50φ uzaklıktaki kesitte oluşan momentler.....	73
Tablo 4.8.	Kesitlere ait mukavemet değerleri.....	113
Tablo 4.9.	Mesnetten 0,1 m. uzaklıktaki kesitte oluşan kesme kuv.....	130
Tablo 4.10.	C-C kesiti mukavemet özellikleri.....	131
Tablo 5.1.	Zemin katsayıları.....	144
Tablo 5.2.	İvme katsayıları.....	144
Tablo 5.3.	Period-İvme değerleri.....	145
Tablo 5.4.	Kolon kayma hesabı.....	163
Tablo 5.5.	Başlık kirişinde oluşan kesit tesirleri.....	179
Tablo 5.6.	Başlık kirişi kayma hesabı.....	181

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1	: Viyadük genel yerleşim planı.....	3
Şekil 2.1	: A-A kesiti geometrisi.....	5
Şekil 2.2	: B-B kesiti geometrisi.....	6
Şekil 2.3	: C-C kesiti geometrisi.....	7
Şekil 2.4	: D-D görünüşü geometrisi.....	8
Şekil 2.5	: A-A kesitinin Cross hesabı için gerekli olan koordinatlar.....	9
Şekil 2.6	: B-B kesitinin Cross hesabı için gerekli olan koordinatlar.....	10
Şekil 2.7	: C-C kesitinin Cross hesabı için gerekli olan koordinatlar.....	11
Şekil 2.8	: D-D kesitinin Cross hesabı için gerekli olan koordinatlar.....	12
Şekil 3.1	: Tip 2 enkesit.....	17
Şekil 3.2	: Tip 3 enkesit.....	18
Şekil 3.3	: H30-S24 Standart kamyon.....	19
Şekil 3.4	: İlave daimi yükler.....	20
Şekil 3.5	: 1 No'lu yükleme boykesit	21
Şekil 3.6	: 1 No'lu yükleme plan.....	21
Şekil 3.7	: 1 No'lu yükleme enkesit	21
Şekil 3.8	: 2 No'lu yükleme boykesit	22
Şekil 3.9	: 2 No'lu yükleme plan.....	22
Şekil 3.10	: 2 No'lu yükleme enkesit	22
Şekil 3.11	: 3 No'lu yükleme boykesit	23
Şekil 3.12	: 3 No'lu yükleme plan.....	23
Şekil 3.13	: 3 No'lu yükleme enkesit	23
Şekil 3.14	: 4 No'lu yükleme boykesit	24
Şekil 3.15	: 4 No'lu yükleme plan.....	24
Şekil 3.16	: 4 No'lu yükleme enkesit	24
Şekil 3.17	: 5 No'lu yükleme boykesit	25
Şekil 3.18	: 5 No'lu yükleme plan.....	25
Şekil 3.19	: 5 No'lu yükleme enkesit	25
Şekil 3.20	: 6 No'lu yükleme boykesit	26
Şekil 3.21	: 6 No'lu yükleme plan.....	26
Şekil 3.22	: 6 No'lu yükleme enkesit	26
Şekil 3.23	: 7 No'lu yükleme boykesit	27
Şekil 3.24	: 7 No'lu yükleme plan.....	27
Şekil 3.25	: 7 No'lu yükleme enkesit	27
Şekil 3.26	: 8 No'lu yükleme boykesit	28
Şekil 3.27	: 8 No'lu yükleme plan.....	28
Şekil 3.28	: 8 No'lu yükleme enkesit	28
Şekil 3.29	: 9 No'lu yükleme boykesit	29
Şekil 3.30	: 9 No'lu yükleme plan.....	29
Şekil 3.31	: 9 No'lu yükleme enkesit	29
Şekil 3.32	: 10 No'lu yükleme boykesit	30
Şekil 3.33	: 10 No'lu yükleme plan.....	30

Şekil 3.34	: 10 No'lu yükleme enkesit	30
Şekil 3.35	: 11 No'lu yükleme boykesit	31
Şekil 3.36	: 11 No'lu yükleme plan.....	31
Şekil 3.37	: 11 No'lu yükleme enkesit	31
Şekil 3.38	: 12 No'lu yükleme boykesit	32
Şekil 3.39	: 12 No'lu yükleme plan.....	32
Şekil 3.40	: 12 No'lu yükleme enkesit	32
Şekil 3.41	: 13 No'lu yükleme boykesit	33
Şekil 3.42	: 13 No'lu yükleme plan.....	33
Şekil 3.43	: 13 No'lu yükleme enkesit	33
Şekil 3.44	: 14 No'lu yükleme boykesit	34
Şekil 3.45	: 14 No'lu yükleme plan.....	34
Şekil 3.46	: 14 No'lu yükleme enkesit	34
Şekil 3.47	: 15 No'lu yükleme boykesit	35
Şekil 3.48	: 15 No'lu yükleme plan.....	35
Şekil 3.49	: 15 No'lu yükleme enkesit	35
Şekil 3.50	: 16 No'lu yükleme boykesit	36
Şekil 3.51	: 16 No'lu yükleme plan.....	36
Şekil 3.52	: 16 No'lu yükleme enkesit	36
Şekil 3.53	: 17 No'lu yükleme boykesit	37
Şekil 3.54	: 17 No'lu yükleme plan.....	37
Şekil 3.55	: 17 No'lu yükleme enkesit	37
Şekil 3.56	: 18 No'lu yükleme boykesit	38
Şekil 3.57	: 18 No'lu yükleme plan.....	38
Şekil 3.58	: 18 No'lu yükleme enkesit	38
Şekil 3.59	: SAP90 modeli prefabrike kiriş yerleşimi.....	39
Şekil 3.60	: 3 No'lu yüklemenden oluşan çubuk eleman yükleri	40
Şekil 3.61	: 11 No'lu yüklemenden oluşan çubuk eleman yükleri	40
Şekil 3.62	: 4 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	41
Şekil 3.63	: 4 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	41
Şekil 3.64	: 4 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	42
Şekil 3.65	: 5 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	42
Şekil 3.66	: 5 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	43
Şekil 3.67	: 5 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	43
Şekil 3.68	: 6 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	44
Şekil 3.69	: 6 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	44
Şekil 3.70	: 6 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	45
Şekil 3.71	: 7 No'lu yüklemenin tekil yükünden oluşan düğüm nok. yükler	45
Şekil 3.72	: 8 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	46
Şekil 3.73	: 8 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	46
Şekil 3.74	: 8 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	47
Şekil 3.75	: 9 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	47
Şekil 3.76	: 9 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	48
Şekil 3.77	: 9 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	48
Şekil 3.78	: 10 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	49
Şekil 3.79	: 10 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	49
Şekil 3.80	: 10 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	50
Şekil 3.81	: 12 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	50
Şekil 3.82	: 12 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	51
Şekil 3.83	: 12 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	51

Şekil 3.84	: 13 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	52
Şekil 3.85	: 13 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	52
Şekil 3.86	: 13 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	53
Şekil 3.87	: 14 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	53
Şekil 3.88	: 14 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	54
Şekil 3.89	: 14 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	54
Şekil 3.90	: 15 No'lu yüklemenin tekil yükünden oluşan düğüm nok. yükleri	55
Şekil 3.91	: 16 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	55
Şekil 3.92	: 16 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	56
Şekil 3.93	: 16 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	56
Şekil 3.94	: 17 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	57
Şekil 3.95	: 17 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	57
Şekil 3.96	: 17 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	58
Şekil 3.97	: 18 No'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm nok. yükleri	58
Şekil 3.98	: 18 No'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm nok. yükleri	59
Şekil 3.99	: 18 No'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm nok. yükleri	59
Şekil 3.100	: SAP90 modelindeki düğüm noktaları	60
Şekil 3.101	: SAP2000 modelindeki çubuk numaraları.....	61
Şekil 3.102	: SAP2000 modelinde 4 No'lu yüklemeye ait moment diagramı	62
Şekil 3.103	: SAP2000 modelinde 6 No'lu yüklemeye ait moment diagramı	63
Şekil 3.104	: SAP2000 modelinde 8 No'lu yüklemeye ait moment diagramı	64
Şekil 3.105	: SAP2000 modelinde 14 No'lu yüklemeye ait deformasyon.....	65
Şekil 4.1	: Prefabrike giriş zati ağırlığı.....	67
Şekil 4.2	: Prefabrike girişin taşınması esnasında oluşan kesit tesirleri.....	68
Şekil 4.3	: Tabliye ve fligran yükleri.....	69
Şekil 4.4	: Montaj esnasında oluşan yükler	70
Şekil 4.5	: Öngerme halatlarının yerleşimi.....	76
Şekil 4.6	: Prefabrike giriş ve kompozit girişte oluşan gerilmeler.....	80
Şekil 4.7	: Öngerilme kuvveti ve eksantrisine.....	126
Şekil 4.8	: Öngerilme momenti.....	126
Şekil 4.9	: 3 No'lu yüklemeden oluşan çubuk eleman yükleri	128
Şekil 4.10	: 11 No'lu yüklemeden oluşan çubuk eleman yükleri	129
Şekil 4.11	: 7 No'lu yüklemenin tekil yükünden oluşan düğüm nok. yükleri	129
Şekil 4.12	: 11 No'lu yüklemenin tekil yükünden oluşan düğüm nok. yükleri	131
Şekil 4.13	: Gerilme dağılımı.....	134
Şekil 4.14	: Yerinde dökme tabliye hesap açıklığı	137
Şekil 4.15	: Fligran hesap açıklığı.....	139
Şekil 4.16	: Elastomer mesnet.....	142
Şekil 5.1	: İvme-Spektrum eğrisi.....	145
Şekil 5.2	: SAP2000 modeli için viyadüğün boyutları (planda).....	146
Şekil 5.3	: SAP2000 modeli için viyadüğün ayak uzunlukları.....	147
Şekil 5.4	: Elastomer mesnet kayma deformasyonu.....	149
Şekil 5.5	: Viyadüğün 3 boyutlu SAP2000 modeli.....	152
Şekil 5.6	: Viyadüğün 3 boyutlu SAP2000 modeli.....	153
Şekil 5.7	: Viyadüğün 3 boyutlu SAP2000 modelinin 1. mod şekli.....	154
Şekil 5.8	: Viyadüğün 3 boyutlu SAP2000 modelinin 2. mod şekli.....	155
Şekil 5.9	: Viyadüğün 3 boyutlu SAP2000 modelinin 6. mod şekli.....	156
Şekil 5.10	: Viyadüğün $G+0,3 \cdot E_x + E_y$ yüklemesinin M_{2-2} Moment Diagramı	157
Şekil 5.11	: Orta ayak.....	158
Şekil 5.12	: Orta ayak etkili boyu	159

Şekil 5.13	: Orta ayak kazıklı temeli Sap2000 modelinde G+E yüklemesi..	165
Şekil 5.14	: Orta ayak kazıklı temeli Sap2000 modelinde G+E deformasyonu	166
Şekil 5.15	: Kazık başlık plağının 1,3*G+2,17*Q yüklemesindeki M ₂₋₂ Momenti.....	170
Şekil 5.16	: Orta ayak başlık kirişi.....	174
Şekil 5.17	: Başlık kirişi enkesiti.....	175
Şekil 5.18	: İlave daimi yüklerin başlık kirişi üzerinde yayılışı.....	175
Şekil 5.19	: Hareketli yüklerin başlık kirişi üzerinde yayılışı.....	176
Şekil 5.20	: Yaya yüklerinin başlık kirişi üzerinde yayılışı.....	176
Şekil 5.21	: Başlık kirişi (1 m. genişlik için).....	177
Şekil 5.22	: Başlık kirişi analizi yapılan kesitler.....	178
Şekil 5.23	: Kenar ayak geometrisi.....	182
Şekil 5.24	: Kenar ayağa etkileyen yükler	184
Şekil 5.25	: Kenar ayak kazıklı temeli Sap2000 modeli.....	193
Şekil 5.26	: Kenar ayak kazıklı temeli G+E yüklemesine ait deformasyon..	194
Şekil 5.27	: Kazık başlık plağının G+E yüklemesindeki M ₂₋₂ Momenti.....	198
Şekil 5.28	: Kenar ayak donatıları	206
Şekil 5.29	: Geçiş plağı	208

SEMBOL LİSTESİ

β	: Duvar-zemin arakesitinin düşeyle yaptığı açı
ϕ	: Dayanım azaltma katsayısı; zeminin içsel sürtünme açısı
γ	: Zeminin birim hacim ağırlığı
φ	: Dinamik etki katsayısı
A	: İvme katsayısı
a	: İvme
A_0	: Prefabrike kiriş kesit alanı
A_{pc}	: Kompozit kiriş kesit alanı
b_b	: Geçiş plağının eğilmeye çalıştığı açıklık
C_{sm}	: Deprem davranış katsayısı
f_c'	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{cd}	: Beton tasarım basınç dayanımı
f_s	: Kazıklarda çevre sürtünmesi
f_y	: Donatı karakteristik akma gerilmesi
f_{yd}	: Donatı tasarım akma gerilmesi
I_0	: Prefabrike kiriş atalet momenti
I_{pc}	: Kompozit kiriş atalet momenti
K_{as}	: Statik aktif basınç katsayısı
K_{ea}	: Dinamik aktif basınç katsayısı
k_h	: Yatay yay katsayısı; deprem yüklemesinde yatay ivme katsayısı
k_x, k_y, k_z	: Yay katsayıları
k_v	: Deprem yüklemesinde düşey ivme katsayısı
M_d	: Hesap eğilme momenti
N	: Minimum mesnet uzunluğu
N_d	: Hesap eksenel kuvveti
q_0	: Sürşarj yükü
$q_{uç}$	: Kazıklarda uç direnci
r	: Atalet yarıçapı
R_x	: Yapının x yönündeki davranış modifikasyon faktörü
R_y	: Yapının y yönündeki davranış modifikasyon faktörü
S	: Zemin katsayısı
T_m	: Yapının m. moduna ait period
V_d	: Hesap kesme kuvveti

KUTU KESİTLİ ÖNGERİLMELİ PREFABRİKE KİRİŞLİ VİYADÜK TASARIMI

ÖZET

Bu çalışmada, kutu kesitli öngerilmeli prefabrike kirişli 9 açıklıklı bir viyadüğün analizi ve boyutlandırması yapılmıştır. Tasarım esnasında A.A.S.H.T.O. , Karayollarında Yapılacak Köprüler Hakkında Teknik Şartname, TS500, TS3233 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik'te belirtilen yöntemler ve konstrüktif kurallar uygulanmıştır.

Kutu kesitli prefabrike kirişlerin SAP90 programında modeli hazırlanmıştır. Bu model üzerinde hareketli yükler gezdirilerek en elverişsiz duruma ait kesit tesirleri elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre öngerilme hesapları yapılmış ve kirişlere donatıları verilmiştir. Ayrıca prefabrike kirişlerin üzerine oturacağı neoprenler boyutlandırılmıştır. Öngerilmeli halatlar, 15,24 mm. (0,6") çaplı 7 telli kopma dayanımı 1724 N/mm^2 olan halatlardan seçilmiştir. Prefabrike kiriş için beton sınıfı BS40 (C40) donatı çeliği olarak BÇIII (S420) kullanılmıştır.

Viyadüğün kurbolu olması nedeniyle sismik analiz için yapının 27 modu gözönüne alınmıştır. Yapının üç boyutlu modeli SAP2000 programı ile oluşturulmuş ve I. derece deprem bölgesi için A.A.S.H.T.O.98 LRFD'de belirtilen koşullara göre dinamik analizi yapılmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda orta ayak, ve kenar ayaklar boyutlandırılmıştır. Orta ayak ve kenar ayak yükleri belirlendikten sonra SAP2000 programı için üç boyutlu kazıklı temel modelleri hazırlanmıştır. Bu modellerin analizi sonucu kazık taşıma güçleri belirlenmiş ve kazıklar boyutlandırılmıştır. Daha sonra kazık başlık plakları için hesap yapılmıştır. Orta ayak, kenar ayak ve temeller için beton sınıfı BS25 (C25) donatı çeliği olarak BÇIII (S420) kullanılmıştır.

PRESTRESSED PREFABRICATED BOX BEAMED VIADUCT DESIGN

SUMMARY

In this thesis, a prestressed prefabricated box beamed viaduct which has 9 bays is designed and analyzed. In During the design, A.A.S.H.T.O. Bridge Design Specification, Turkish Highway Bridge Design Specification, TS500, TS3233 and Specification For The Buildings To Be Built In Natural Disaster Areas codes are used for the constructional rules.

Prefabricated box beams are modeled by using SAP90 structural analysis program. Live loads are moved across the model for the unsuitable element forces. According to the results, prestress analysis of the section is carried out and beams are reinforced. Elastomeric bearings are also designed. Prestress tendons are at 15.24 mm. (0.6") diameter and its' yield strength is 1724 N/mm^2 . For the prefabricated beam, concrete grade is chosen as BS40 (C40) and reinforced steel grade is chosen as BÇIII (S420).

Since the viaduct is curved, its' first 27 modes are considered for the seismic analysis. Three dimensional model is prepared by using SAP2000 and according to A.A.S.H.T.O.98 LRFD Bridge Design Specification the dynamic analysis is done. Using the results, the pier and the abutment is designed. According to the pier and the abutment loads, the three dimensional pile foundations are modeled by using SAP2000 then pile bearing capacities are calculated. Then pile caps are designed. For the pier, abutment and the foundations, concrete grade is chosen as BS25 (C25) and reinforced steel grade is chosen as BÇIII (S420).

1. GİRİŞ

Bu yüksek lisans tezinin amacı, kutu kesitli prefabrike kirişli öngerilmeli 9 açıklıklı bir viyadüğün analizini yapmak ve boyutlandırmaktır.

Prefabrike kirişlerde malzeme olarak beton sınıfı BS40 (C40), donatı sınıfı BÇIII (S420) kullanılmıştır. Yerinde dökme tabliye ve diğer köprü elemanları için beton sınıfı BS25 (C25), donatı sınıfı BÇIII (S420) kullanılmıştır. Öngerilme halatları 15,24 mm. (0,6") çaplı 7 telli kopma dayanımı 1724 N/mm^2 olan halatlardan seçilmiştir.

Öngerilme hesapları A.A.S.H.T.O.'ya göre yapılmıştır. A.A.S.H.T.O.'da belirtilen öngerilme kayıpları hesaplanmıştır. Öngerilme kablosunda oluşan nihai gerilmeler bulunmuştur. Prefabrike kirişte imalat fazında öngerilme kuvveti ve kirişin kendi ağırlığı söz konusudur. Daha sonra üzerinde yerinde dökme tabliye dökülmektedir. Bu esnada tüm yükleri prefabrike kiriş taşımaktadır. Yerinde dökme tabliye prizini aldıktan sonra kesitin kompozit çalıştığı düşünülerek hesaplar yapılmıştır. Hareketli yükler kompozit kesit tarafından karşılanmaktadır. Mesnete yakın bölgelerde momentin azaldığı düşünülürse verilen öngerme kuvveti bu bölgelerde negatif momentlere yol açmaktadır böylece kesitte çatlama meydana gelmektedir. Bunu önlemek amacıyla mesnete yakın bölgelerde halatlarda kılıflama (debounding) yapılmaktadır.

Viyadüğün kurbolu olması ve açıklık sayısının fazla olması nedeniyle çok modlu dinamik analiz yapılmıştır. A.A.S.H.T.O.98 LRFD köprü dizayn şartnamesinde dinamik analiz için açıklık sayısının 3 katı kadar mod adedi öngörülmektedir. Aynı şartnamede I. Derece deprem bölgeleri için eşivme eğrileri verilmiştir. Bu eğrilere göre ivme katsayıları belirlenmektedir. Ayrıca zemin profiline göre zemin katsayıları da belirlenmiştir. Bu katsayılar kullanılarak deprem davranış katsayıları belirlenmiştir. İvme-spektrum eğrisi çizilip bu eğri SAP2000'de hazırlanan modele verilerek dinamik analiz yapılmıştır. Dinamik analiz sonucu bulunan kesit tesirleri kullanılarak orta ayak ve kenar ayaklar boyutlandırılmıştır. Kenar ayak

boyutlandırması Mononobe-Okabe ile yapılmıştır. Bu analiz ile deprem esnasında oluşan dinamik aktif toprak itkisi tespit edilmiş ve yapıya uygulanmıştır.

2. KUTU KESİTLİ PREFABRİKE KİRİŞE AİT KESİT ÖZELLİKLERİ

2.1 A-A Kesitine Ait Değerler

Nokta	X	Y	Brüt kesit :
1	0	190	Alan = 12782,5
2	43	190	S(x) = 1135471
3	68	185	S(y) = 2505370
4	75,5	170	I(x) = 1,678136E+08
5	101	0	I(y) = 6,182251E+08
6	291	0	I(xy) = 2,225524E+08
7	316,5	170	x(s) = 196
8	324	185	y(s) = 88,83009
9	349	190	I(xs) = 6,694967E+07
10	392	190	I(ys) = 1,271727E+08
11	392	200	I(xys) = 128
12	303	200	A C I = 1,217783E-04 derece
13	301,5	190	I(ksi) = 6,694967E+07
14	297	190	I(eta) = 1,271727E+08
15	292,5	130	
16	277,5	30	
17	227,5	20	
18	164,5	20	
19	114,5	30	
20	99,5	130	
21	95	190	
22	90,5	190	
23	89	200	
24	0	200	

2.1.1 A-A Kompozit Kiriş Ait Büt Enkesit Değerleri

$$b_1 = \frac{E_{c,25}}{E_{c,40}} \quad (2.1)$$

$$b_1 = \frac{30300 \text{ N/mm}^2}{34500 \text{ N/mm}^2} = 0,8783 \quad (\text{TS 3233 çizelge 5})$$

üst tabaka genişliği=0,8783*392= 344 cm.

2.1.2 A-A Kompozit Kesitine Ait Değerler

$$Y_G = \frac{12782,5 * 88,83 + 344 * 25 * 212,5}{12782,5 + 344 * 25} = 138,57 \text{ cm.}$$

$$X_G = 196 \text{ cm.}$$

$$h - Y_G = 225 - 138,57 = 86,43 \text{ cm.}$$

$$\text{Alan} = 12782,5 + 344 * 25 = 21382,5 \text{ cm}^2 = 2,1383 \text{ m}^2$$

$$I_X = 6,694967 * 10^7 + 12782,5 * (138,57 - 88,83)^2 + \frac{344 * 25^3}{12} + 344 * 25 * (212,5 - 138,57)^2 = 146026901,9 \text{ cm}^4$$

$$I_Y = 1,271727 * 10^8 + \frac{25 * 344^3}{12} = 211980166,7 \text{ cm}^4$$

2.2 B-B Kesitine Ait Değerler

Nokta	X	Y	Brüt kesit :
1	0	190	Alan = 15082,5
2	43	190	S(x) = 1277054
3	68	185	S(y) = 2956170
4	75,5	170	I(x) = 1,8121E+08
5	101	0	I(y) = 7,173265E+08
6	291	0	I(xy) = 2,503026E+08
7	316,5	170	x(s) = 196
8	324	185	y(s) = 84,67124
9	349	190	I(xs) = 7,308022E+07
10	392	190	I(ys) = 1,379171E+08
11	392	200	I(xys) = 32
12	303	200	A C I = 2,827811E-05 derece
13	301,5	190	I(ksi) = 7,308023E+07
14	297	190	I(eta) = 1,379171E+08
15	273	30	
16	119	30	
17	95	190	
18	90,5	190	
19	89	200	
20	0	200	

2.2.1 B-B Kompozit Kesitine Ait Değerler

$$Y_G = \frac{15082,5 * 84,67 + 344 * 25 * 212,5}{15082,5 + 344 * 25} = 131,09 \text{ cm.}$$

$$X_G = 196 \text{ cm.}$$

$$h - Y_G = 225 - 131,09 = 93,91 \text{ cm.}$$

$$\text{Alan} = 15082,5 + 344 * 25 = 23682,5 \text{ cm}^2 = 2,36825 \text{ m}^2$$

$$I_X = 7,308022 * 10^7 + 15082,5 * (131,09 - 84,67)^2 + \frac{344 * 25^3}{12} \\ + 344 * 25 * (212,5 - 131,09)^2 = 163025412,7 \text{ cm}^4$$

$$I_Y = 1,379171 * 10^8 + \frac{25 * 344^3}{12} = 222724566,7 \text{ cm}^4$$

2.3 C-C Kesitine Ait Değerler

Nokta	<u>X</u>	<u>Y</u>	Brüt kesit :
1	0	190	Alan = 20322,5
2	43	190	S(x) = 1665354
3	68	185	S(y) = 3983210
4	75,5	170	I(x) = 2,231046E+08
5	101	0	I(y) = 9,414723E+08
6	291	0	I(xy) = 3,264095E+08
7	316,5	170	x(s) = 196
8	324	185	y(s) = 81,94631
9	349	190	I(xs) = 8,663501E+07
10	392	190	I(ys) = 1,60763E+08
11	392	200	I(xys) = 64
12	296	200	A C I = 4,946754E-05 derece
13	294,5	190	I(ksi) = 8,663501E+07
14	290	190	I(eta) = 1,60763E+08
15	269	50	
16	123	50	
17	102	190	
18	97,5	190	
19	96	200	
20	0	200	

2.3.1 C-C Kompozit Kesitine Ait Değerler

$$Y_G = \frac{20322,5 * 81,95 + 344 * 25 * 212,5}{20322,5 + 344 * 25} = 120,77 \text{ cm.}$$

$$X_G = 196 \text{ cm.}$$

$$h - Y_G = 225 - 120,77 = 104,23 \text{ cm.}$$

$$\text{Alan} = 20322,5 + 344 * 25 = 28922,5 \text{ cm}^2 = 2,89225 \text{ m}^2$$

$$I_X = 8,663501 * 10^7 + 20322,5 * (120,77 - 81,95)^2 + \frac{344 * 25^3}{12} + 344 * 25 * (212,5 - 120,77)^2 = 190072558,7 \text{ cm}^4$$

$$I_Y = 1,60763 * 10^8 + \frac{25 * 344^3}{12} = 245570466,7 \text{ cm}^4$$

2.4 D-D Kesitine Ait Değerler (Dolu Kesit)

Nokta	X	Y	Brüt kesit :
1	0	190	Alan = 43407,5
2	43	190	S(x) = 4894164
3	68	185	S(y) = 8507870
4	75,5	170	I(x) = 6,893166E+08
5	101	0	I(y) = 1,888804E+09
6	156	0	I(xy) = 9,592562E+08
7	156	28,5	x(s) = 196
8	236	28,5	y(s) = 112,7493
9	236	0	I(xs) = 1,375031E+08
10	291	0	I(ys) = 2,212616E+08
11	316,5	170	I(xys) = 0
12	324	185	A C I = 0 derece
13	349	190	I(ksi) = 1,375031E+08
14	392	190	I(eta) = 2,212616E+08
15	392	200	
16	0	200	

Not: Yukarıdaki değerler D-D kesitinde bulunan $\phi 80$ ve 2 adet $\phi 20$ 'lik boşluklar gözönüne alınmadan bulunmuştur.

$$\text{Alan} = 43407,5 - 2 * \frac{\pi * 20^2}{4} - \frac{\pi * 80^2}{4} = 37752,6 \text{ cm}^2$$

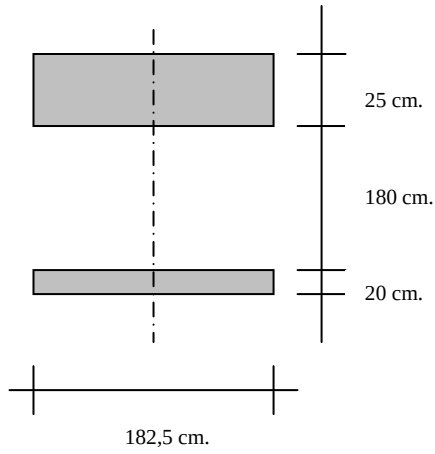
3. SAP90 PROGRAMI İÇİN YAPILAN MODELLEMEDE KULLANILACAK BİLGİLER

3.1 Çubuk Elemanların Kesit Özellikleri

Tip 1:

A-A kompozit kesitine ait değerler alınacaktır.

Tip 2:



Şekil 3.1 Tip 2 enkesit

$$Y_G = \frac{182,5 * 25 * 212,5 + 182,5 * 20 * 10}{182,5 * 25 + 182,5 * 20} = 122,5 \text{ cm.}$$

$$X_G = 91,25 \text{ cm.}$$

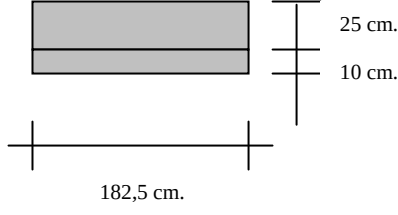
$$\text{Alan} = 25 * 182,5 + 20 * 182,5 = 8212,5 \text{ cm}^2 = 0,82125 \text{ m}^2$$

$$I_X = \frac{182,5 * 20^3}{12} + 182,5 * 20 * (122,5 - 10)^2 + \frac{182,5 * 25^3}{12}$$

$$+ 182,5 * 25 * (122,5 - 212,5)^2 = 83510859 \text{ cm}^4$$

$$I_Y = \frac{20 * 182,5^3}{12} + \frac{25 * 182,5^3}{12} = 22793965 \text{ cm}^4$$

Tip 3



Şekil 3.2 Tip 3 enkesit

$$Y_G = 17,5 \text{ cm.}$$

$$X_G = 91,25 \text{ cm.}$$

$$\text{Alan} = 182,5 * 35 = 6387,5 \text{ cm}^2 = 0,63875 \text{ m}^2$$

$$I_x = \frac{182,5 * 35^3}{12} = 652057 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{35 * 182,5^3}{12} = 17728639 \text{ cm}^4$$

3.2 Kesitlere Ait Zati Yükler

$$\text{Betonun yoğunluğu} = \gamma_{\text{beton}} = 0,025 \text{ MN/m}^3$$

Prekast kiriş zati yükü (1 kiriş için)

A-A Kesiti

$$\text{Beton Alanı} = A_c = 1,2783 \text{ m}^2$$

$$g_B = 1,2783 * 0,025 = 0,0320 \text{ MN/m} = 3,2 \text{ t/m}$$

B-B Kesiti

$$\text{Beton Alanı} = A_c = 1,5083 \text{ m}^2$$

$$g_B = 1,5083 * 0,025 = 0,0377 \text{ MN/m} = 3,77 \text{ t/m}$$

C-C Kesiti

$$\text{Beton Alanı} = A_c = 2,0323 \text{ m}^2$$

$$g_B = 2,0323 * 0,025 = 0,0508 \text{ MN/m} = 5,08 \text{ t/m}$$

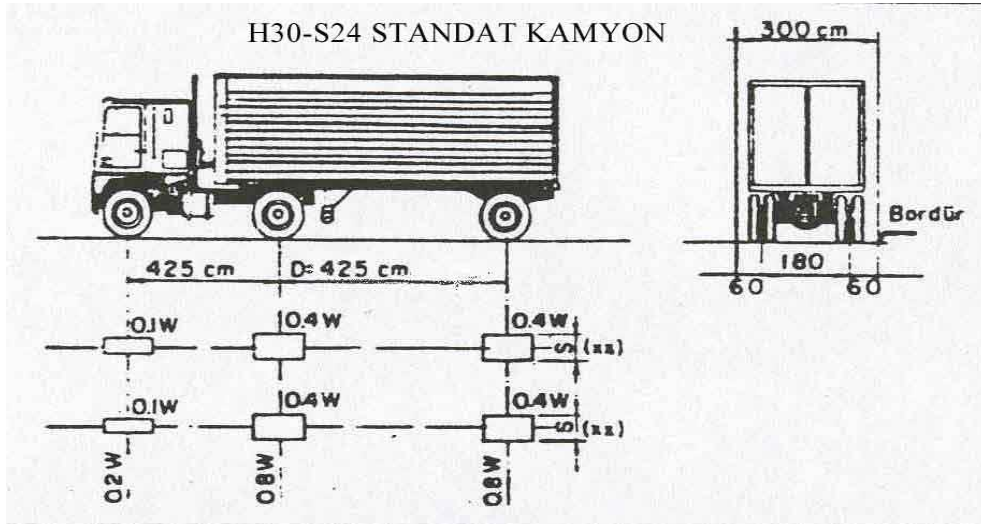
D-D Kesiti

Beton Alanı= $A_c=3,7753 \text{ m}^2$

$g_B=3,7753*0,025=0,0944 \text{ MN/m}=9,44 \text{ t/m}$

3.3 Taşıt Yükleri

3.3.1 Standart Kamyon Ve Şerit Yükleri

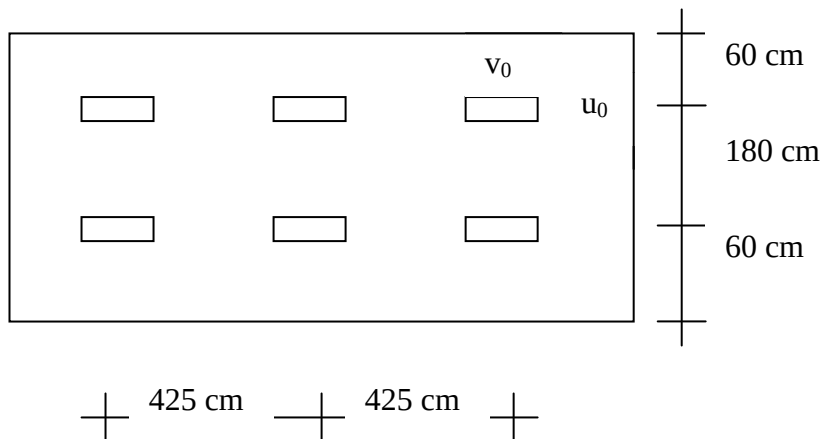


Şekil 3.3 H30-S24 Standart kamyon

$w=0,3 \text{ MN}$

Tablo 3.1 Standart kamyon yükleri

TAŞIT	AKS YÜKLERİ (MN)			$q_s(\text{MN/m})$	$F_{sm}(\text{MN})$	$F_{sq}(\text{MN})$	$u_0(\text{cm})$	$v_0(\text{cm})$
H30 – S24	0,06	0,24	0,24	0,015	0,135	0,195	75	20



Not: Yukarıdaki değerler Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan “Yol Köprüleri İçin Teknik Şartname” den alınmıştır. Moment hesabı için q_s ve F_{sm} , Kesme kuvveti hesabı için q_s ve F_{sq} kullanılır.

3.3.2 Dinamik Etki Katsayısı

$$\varphi = 1 + \left(\frac{15}{L + 37} \right) = 1 + \left(\frac{15}{36,5 + 37} \right) = 1,204 < \varphi_{\max} = 1,3 \quad (3.1)$$

olduğu için $\varphi = 1,204$ seçilmiştir. (Yol Köprüleri İçin Teknik Şartname)

φ : Dinamik etki katsayısı

L: Hesap uzunluğu

3.4 İlave Daimi Yükler

Bordür

$$g_{c1} = g_{c2} = 0,25 * 0,025 = 0,00625 \text{ MN/m}^2 = 0,625 \text{ t/m}^2$$

Asfalt

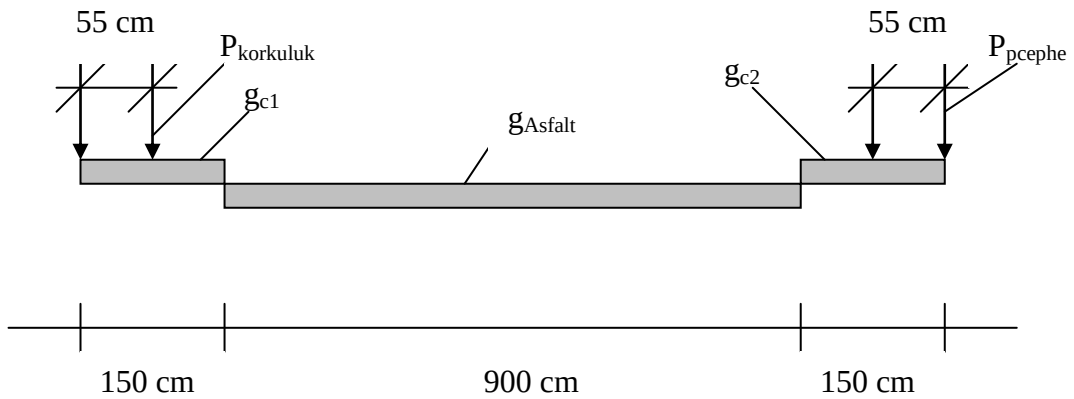
$$g_{\text{Asfalt}} = 5 * 0,0002 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ t/m}^2$$

Prefabrike Cephe Elemanı

$$P_{\text{pcephe}} = 0,75 * 0,1 * 0,025 = 0,001875 \text{ MN/m} = 0,1875 \text{ t/m}$$

Korkuluk

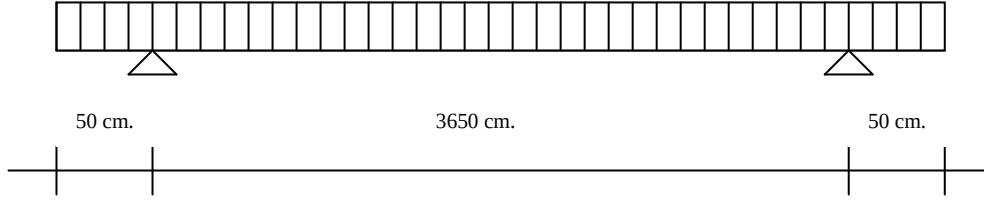
$$P_{\text{korkuluk}} = 0,00225 \text{ MN/m}^2 = 0,225 \text{ t/m}^2$$



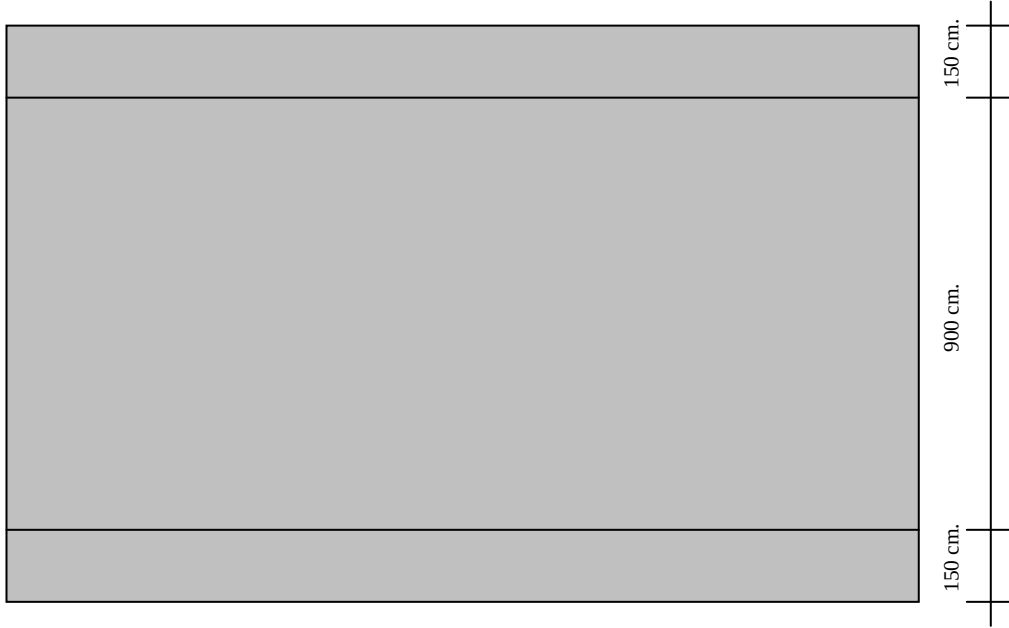
Şekil 3.4 İlave daimi yükler

3.5 SAP90 Yüklemeleri

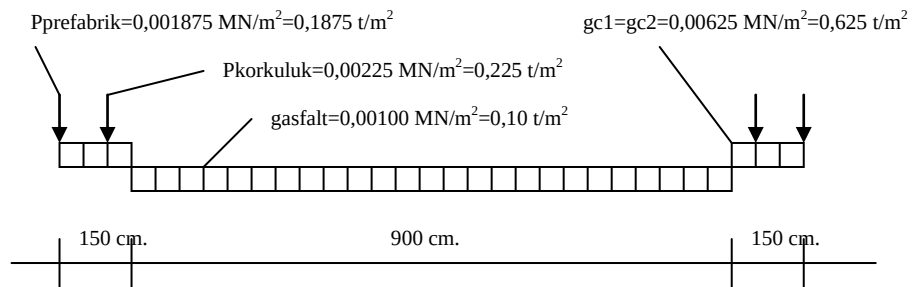
3.5.1 1 No'lu Yükleme (İlave Daimi Yük)



Şekil 3.5 1 No'lu yükleme boykesit

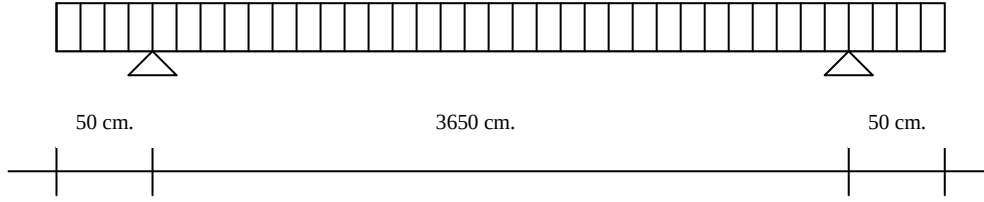


Şekil 3.6 1 No'lu yükleme plan

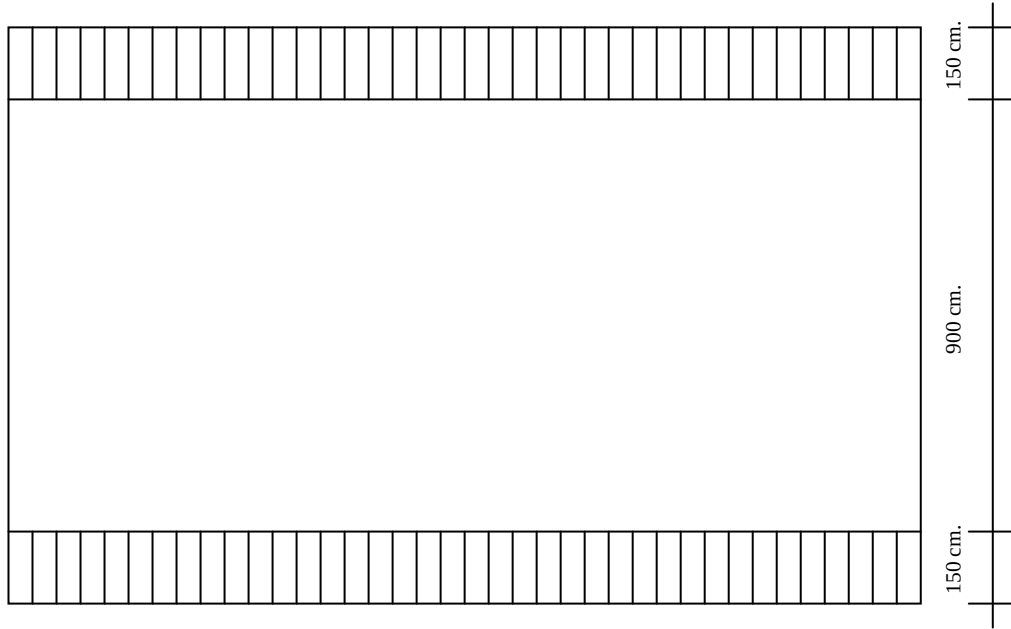


Şekil 3.7 1 No'lu yükleme enkesit

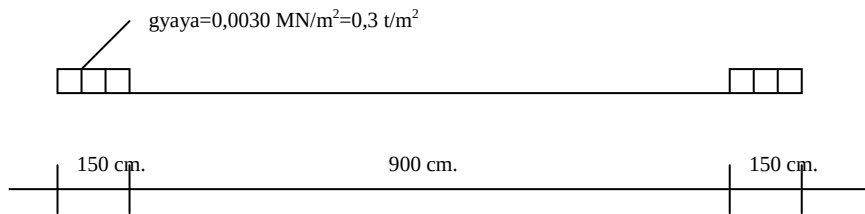
3.5.2 2 No'lu Yükleme (Yaya Yüğü)



Şekil 3.8 2 No'lu yükleme boykesit



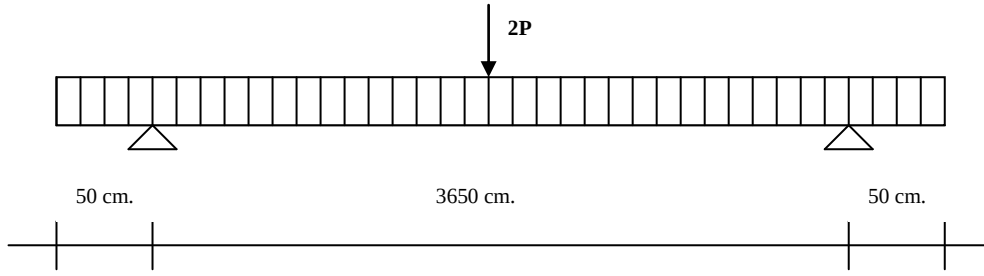
Şekil 3.9 2 No'lu yükleme plan



Şekil 3.10 2 No'lu yükleme enkesit

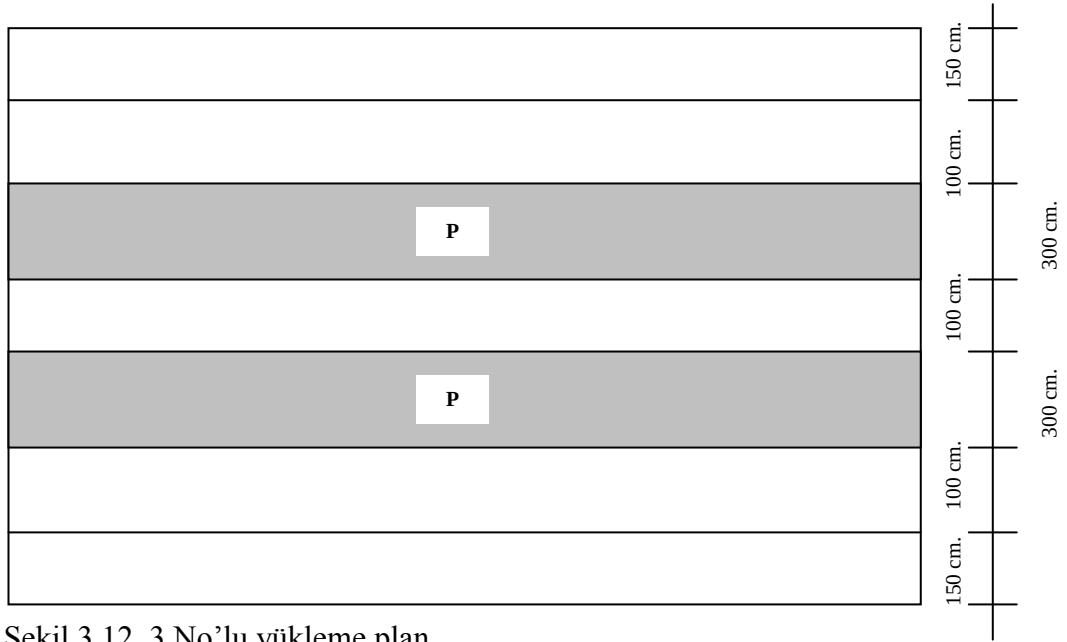
Not: Yaya yükleri, Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan “ Yol Köprüleri İçin Teknik Şartname” den alınmıştır. (1.3.13 Yaya Yükleri)

3.5.3 3 No'lu Yükleme (Şerit Yüklemesi – Mesnetten L/2 Uzaklıkta)



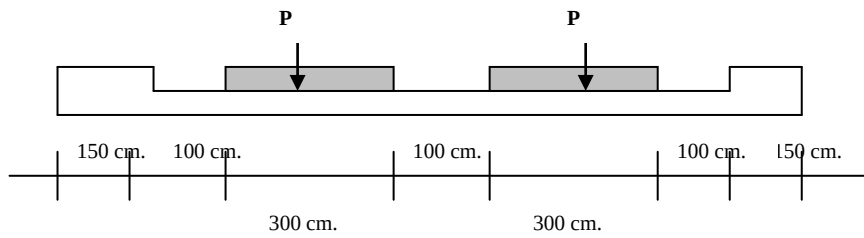
Şekil 3.11 3 No'lu yükleme boykesit

$P=0,135 \text{ MN}$
 $p=0,015 \text{ MN/m}^2$ } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3



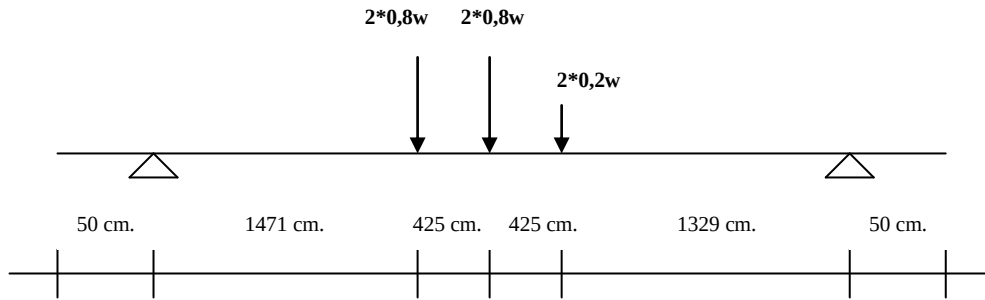
Şekil 3.12 3 No'lu yükleme plan

Not: Karayolları Genel Md. Şartnamesine göre 2 şerit alınmıştır. (Tablo 4)



Şekil 3.13 3 No'lu yükleme enkesit

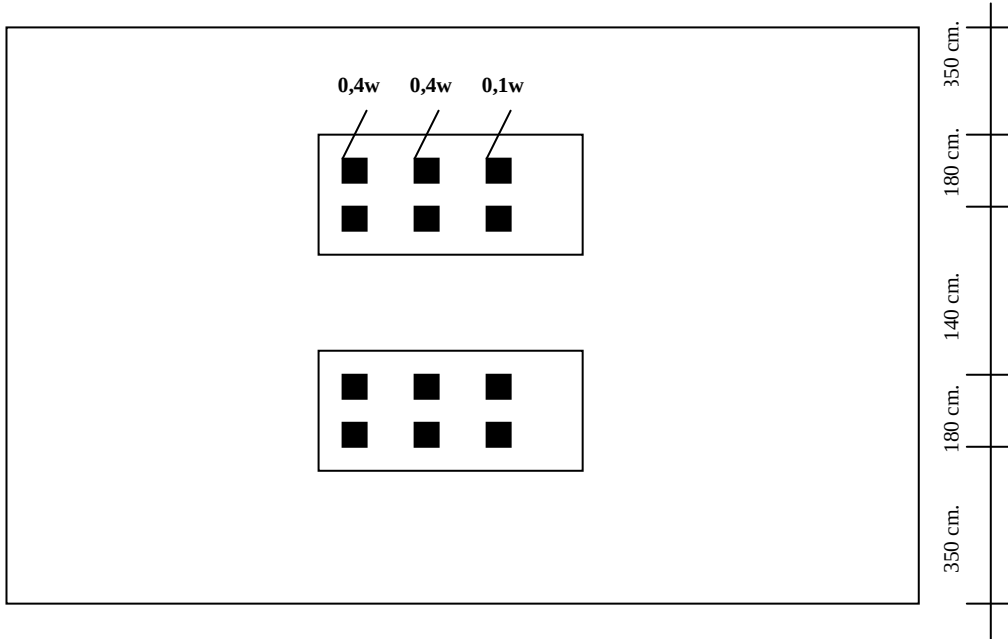
3.5.4 4 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten L/2 Uzaklıkta)



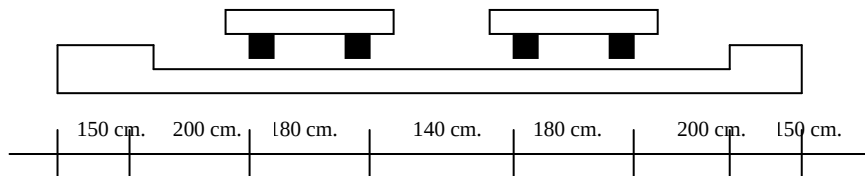
Şekil 3.14 4 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
w=0,30 MN

} Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

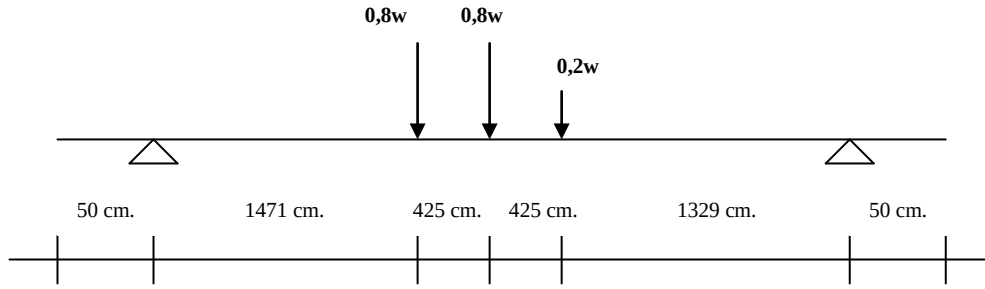


Şekil 3.15 4 No'lu yükleme plan



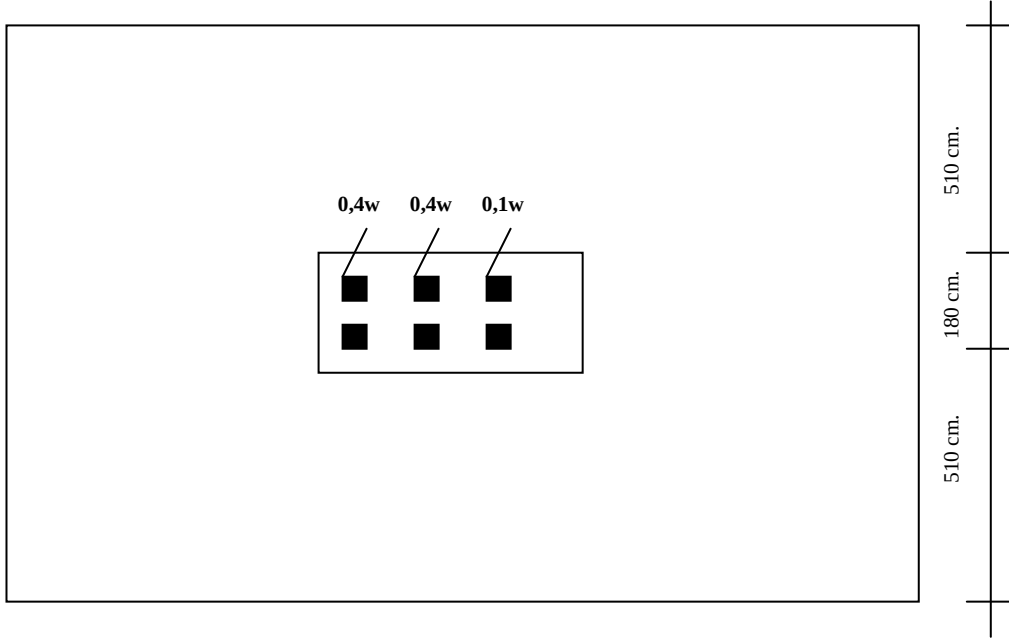
Şekil 3.16 4 No'lu yükleme enkesit

3.5.5 5 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten L/2 Uzaklıkta)

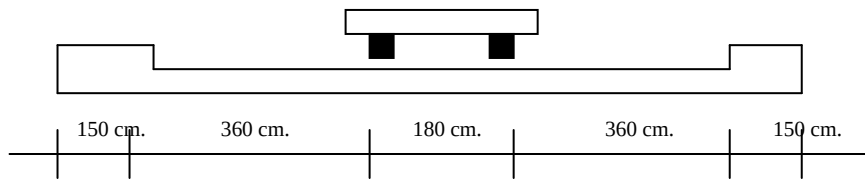


Şekil 3.17 5 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
 $w=0,30 \text{ MN}$ } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

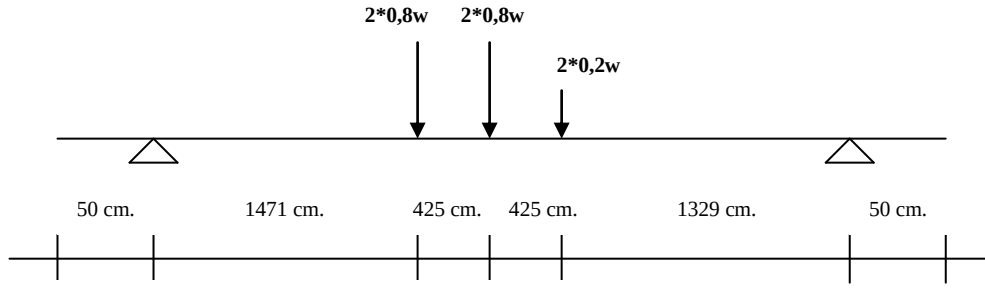


Şekil 3.18 5 No'lu yükleme plan



Şekil 3.19 5 No'lu yükleme enkesit

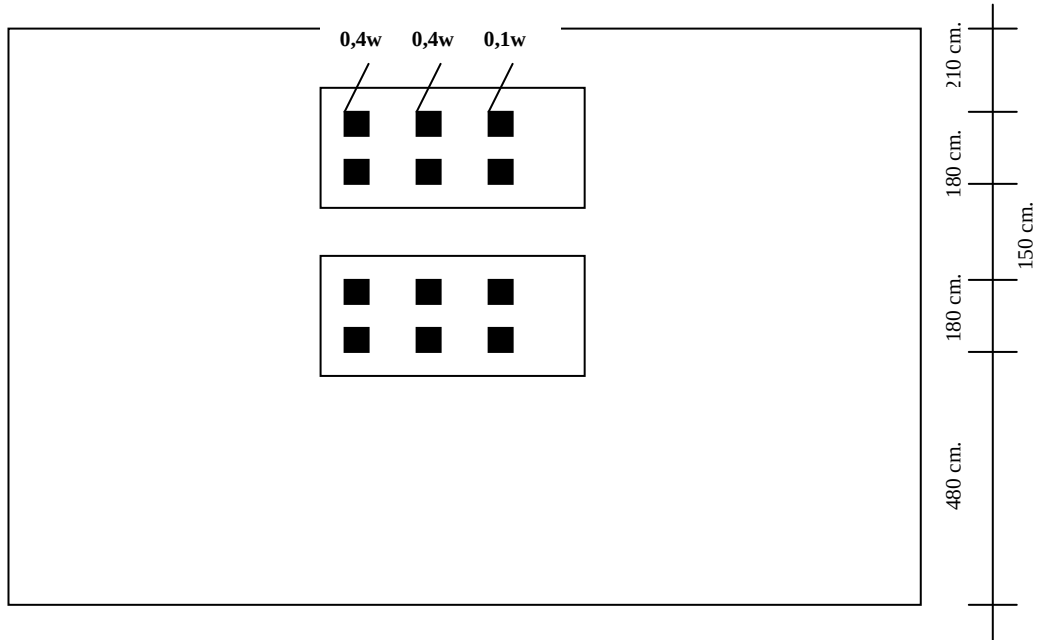
3.5.6 6 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten L/2 Uzaklıkta)



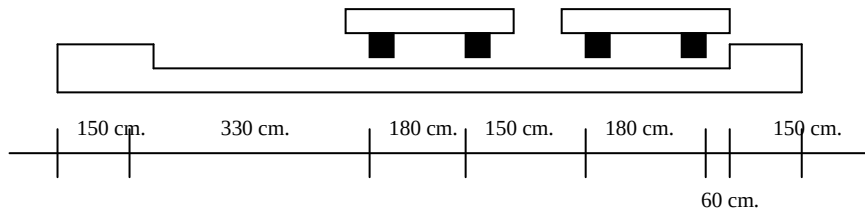
Şekil 3.20 6 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
w=0,30 MN

} Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

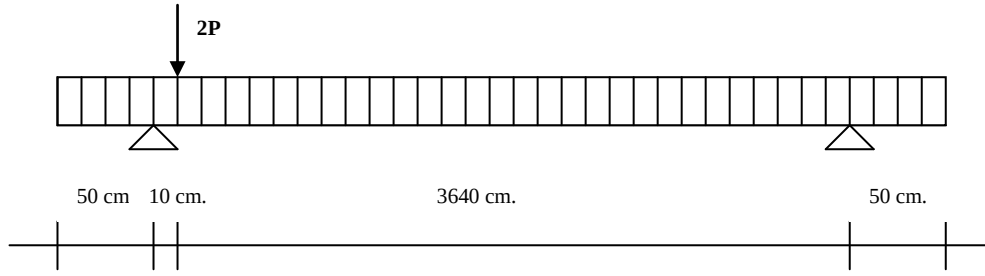


Şekil 3.21 6 No'lu yükleme plan



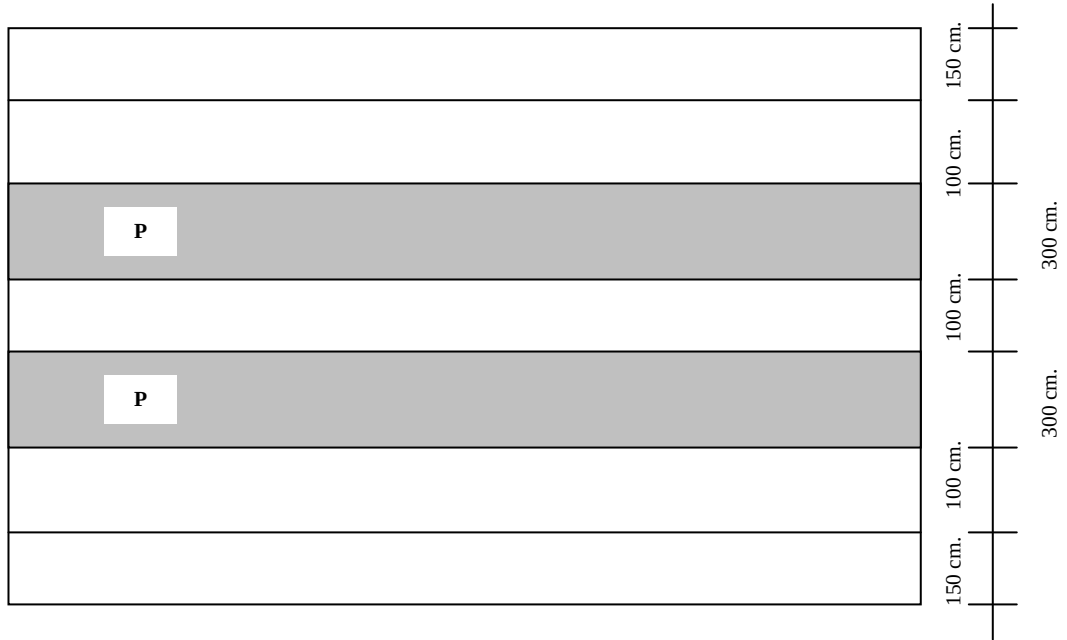
Şekil 3.22 6 No'lu yükleme enkesit

3.5.7 7 No'lu Yükleme (Şerit Yüklemesi – Mesnetten 0,1m. Uzaklıkta)



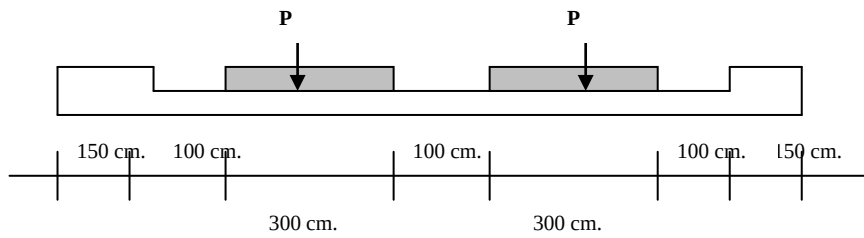
Şekil 3.23 7 No'lu yükleme boykesit

$P=0,135 \text{ MN}$
 $p=0,015 \text{ MN/m}^2$ } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3



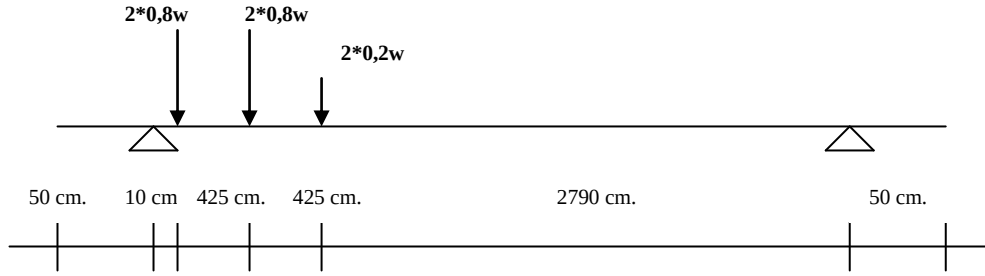
Şekil 3.24 7 No'lu yükleme plan

Not: Karayolları Genel Md. Şartnamesine göre 2 şerit alınmıştır. (Tablo 4)



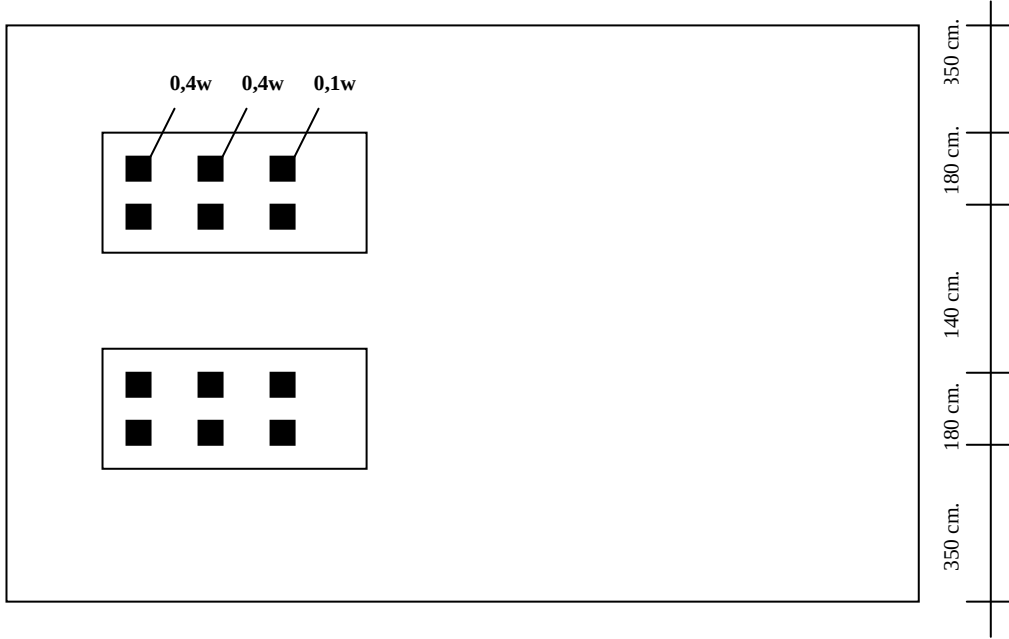
Şekil 3.25 7 No'lu yükleme enkesit

3.5.8 8 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten 0,1m. Uzaklıkta)

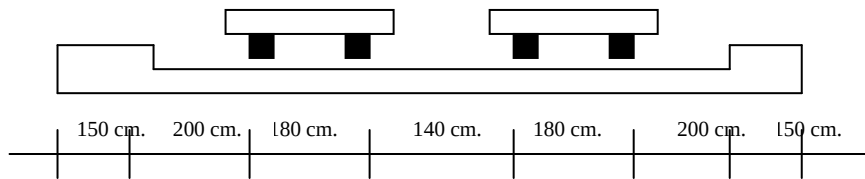


Şekil 3.26 8 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
 $w=0,30$ MN } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

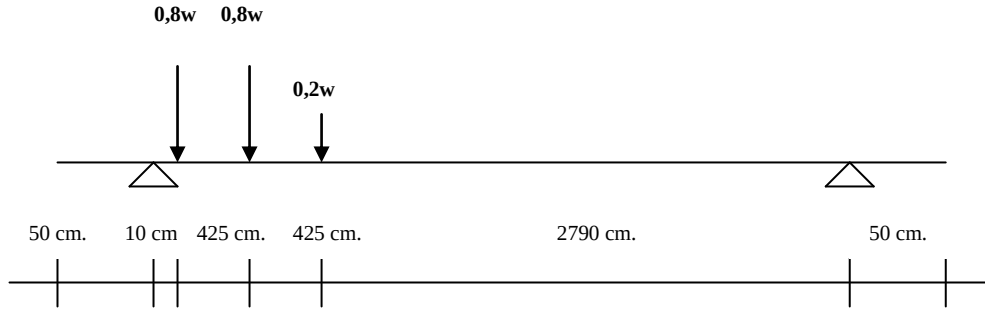


Şekil 3.27 8 No'lu yükleme plan



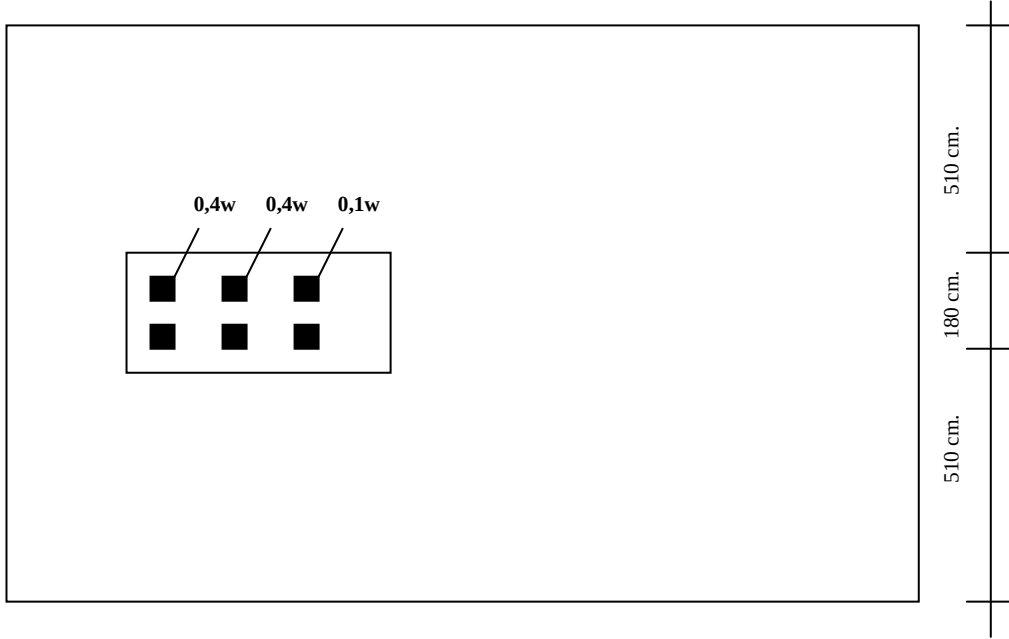
Şekil 3.28 8 No'lu yükleme enkesit

3.5.9 9 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten 0,1m. Uzaklıkta)

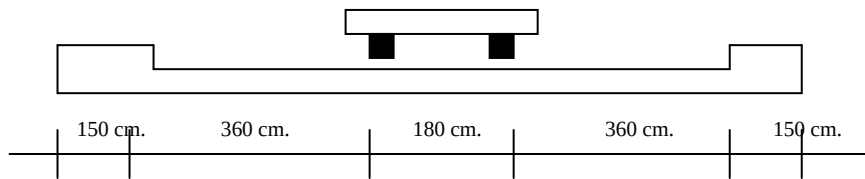


Şekil 3.29 9 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
 $w=0,30 \text{ MN}$ } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

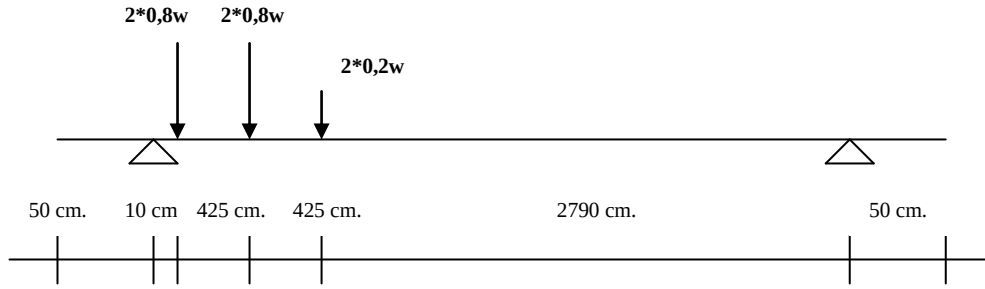


Şekil 3.30 9 No'lu yükleme plan



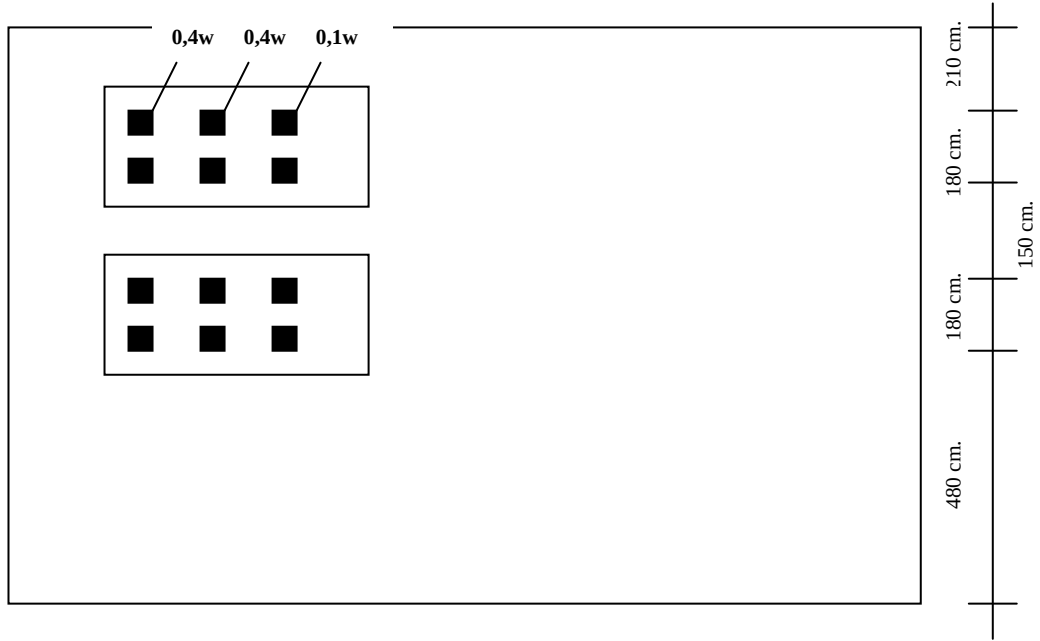
Şekil 3.31 9 No'lu yükleme enkesit

3.5.10 10 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten 0,1m. Uzaklıkta)

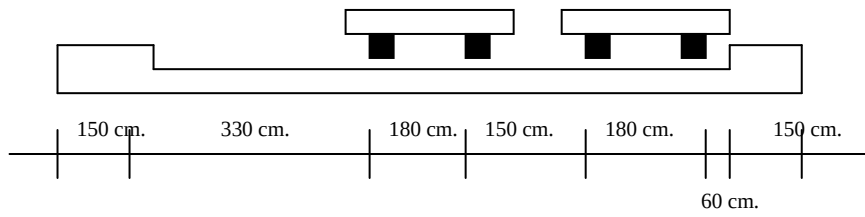


Şekil 3.32 10 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
 $w=0,30 \text{ MN}$ } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

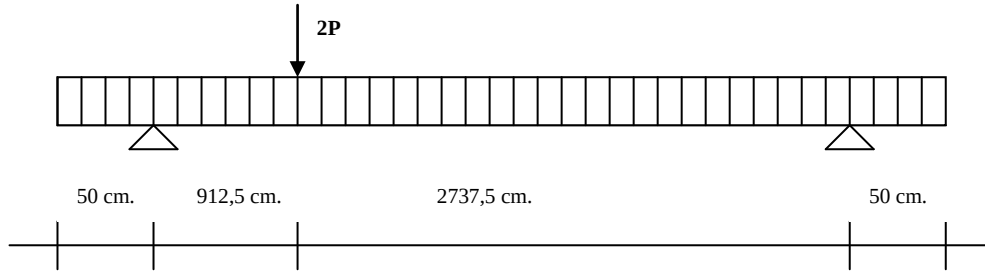


Şekil 3.33 10 No'lu yükleme plan



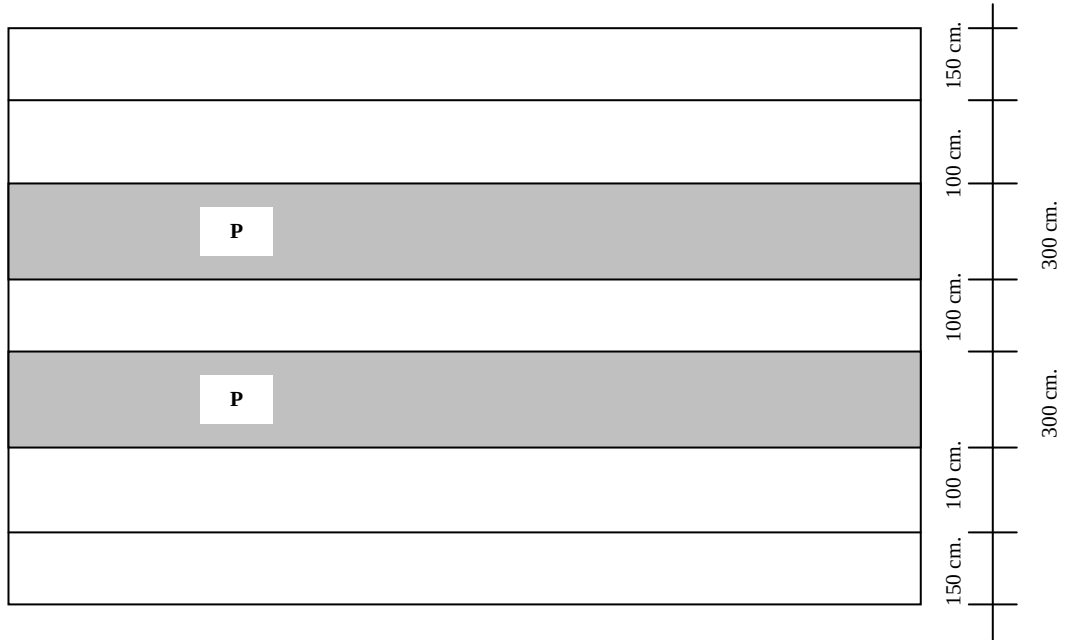
Şekil 3.34 10 No'lu yükleme enkesit

3.5.11 11 No'lu Yükleme (Şerit Yüklemesi – Mesnetten L/4 Uzaklıkta)



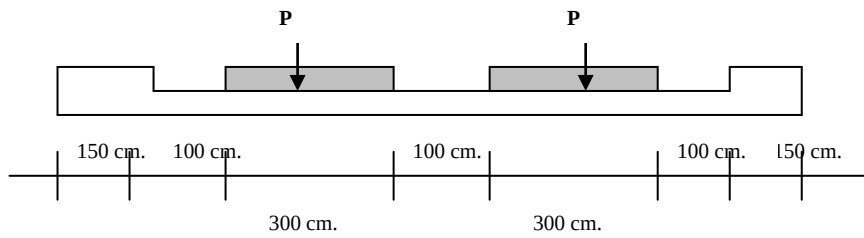
Şekil 3.35 11 No'lu yükleme boykesit

$P=0,135 \text{ MN}$
 $p=0,015 \text{ MN/m}^2$ } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3



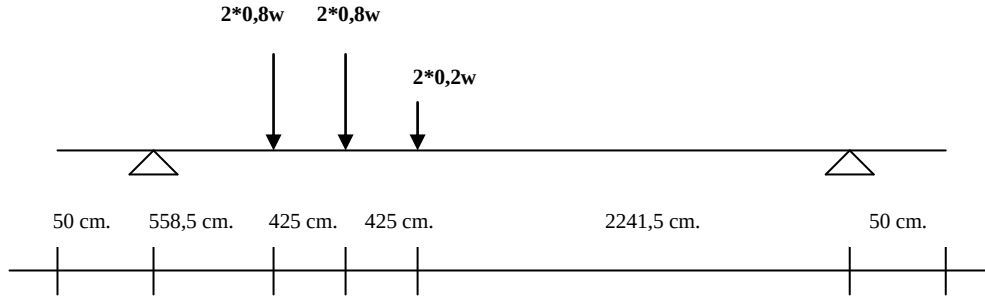
Şekil 3.36 11 No'lu yükleme plan

Not: Karayolları Genel Md. Şartnamesine göre 2 şerit alınmıştır. (Tablo 4)



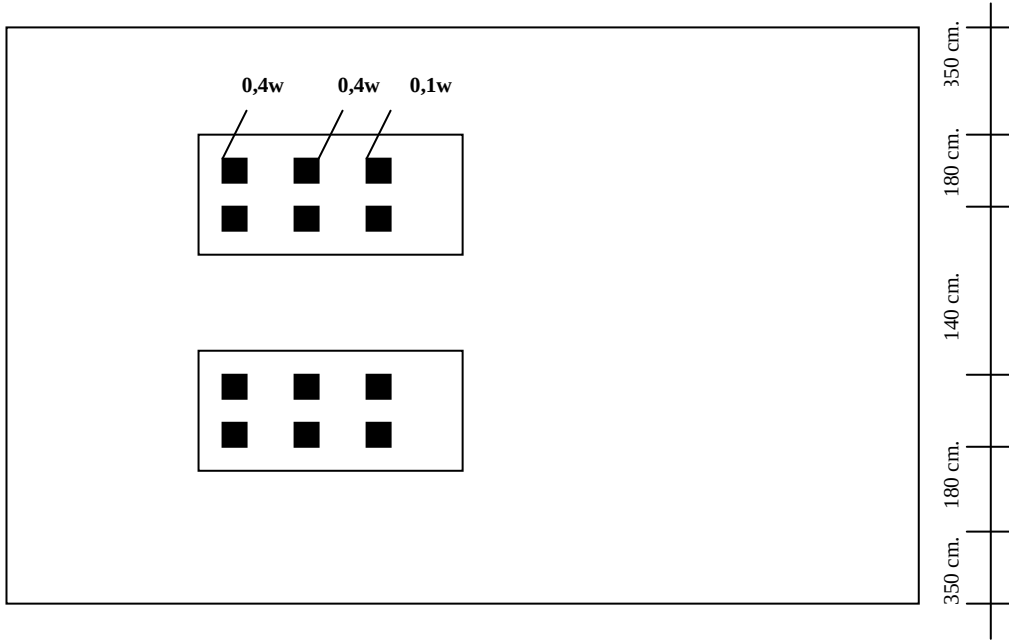
Şekil 3.37 11 No'lu yükleme enkesit

3.5.12 12 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten L/4 Uzaklıkta)

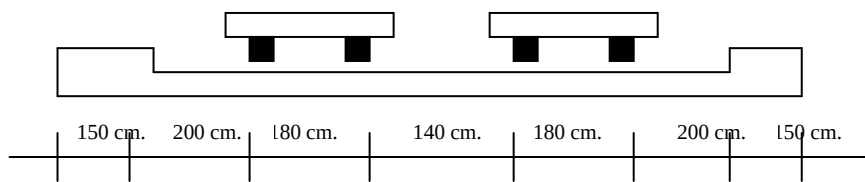


Şekil 3.38 12 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
 $w=0,30 \text{ MN}$ } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

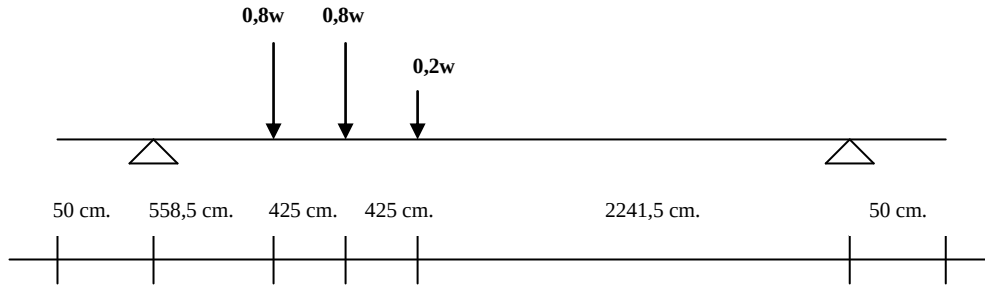


Şekil 3.39 12 No'lu yükleme plan



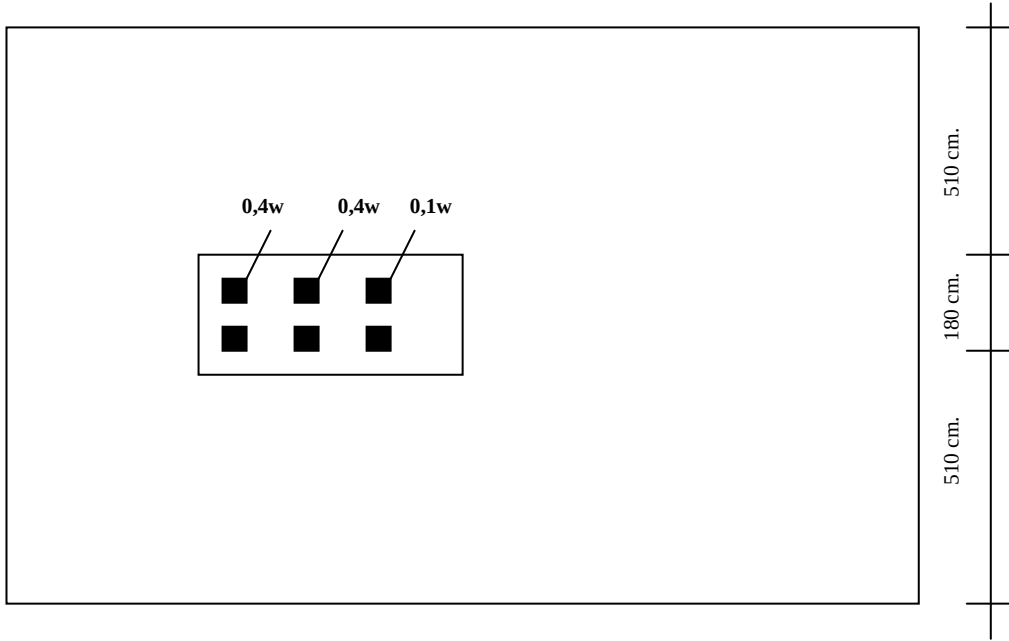
Şekil 3.40 12 No'lu yükleme enkesit

3.5.13 13 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten L/4 Uzaklıkta)

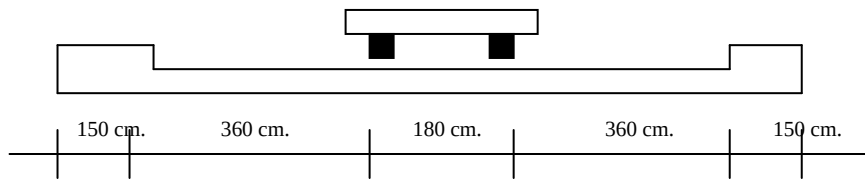


Şekil 3.41 13 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
w=0,30 MN } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

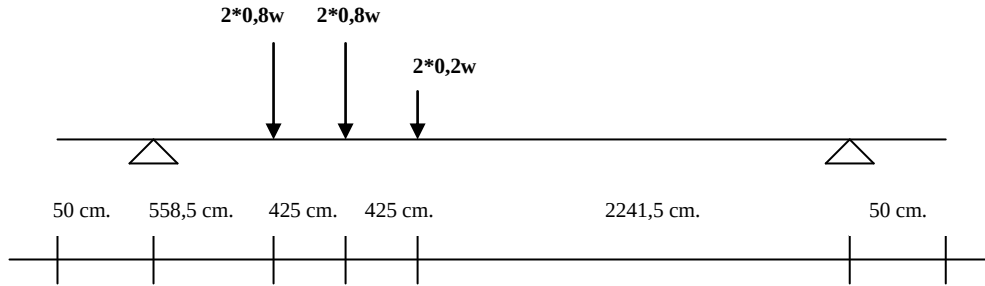


Şekil 3.42 13 No'lu yükleme plan



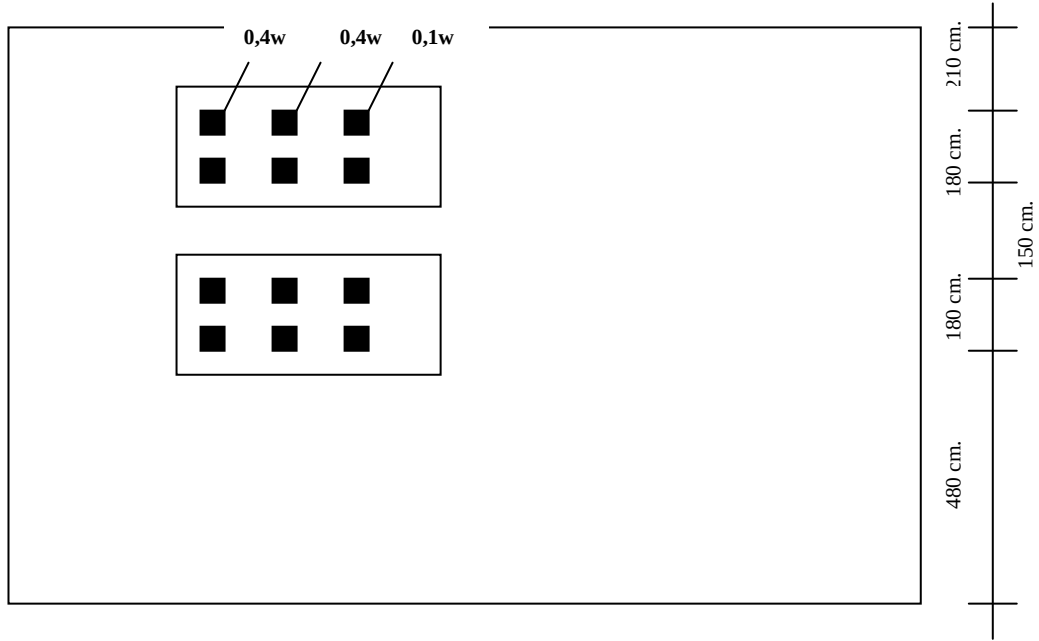
Şekil 3.43 13 No'lu yükleme enkesit

3.5.14 14 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten L/4 Uzaklıkta)

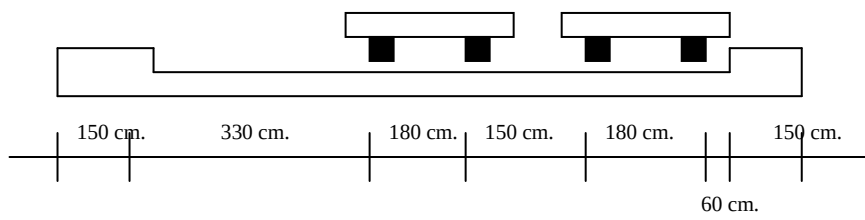


Şekil 3.44 14 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
 $w=0,30 \text{ MN}$ } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

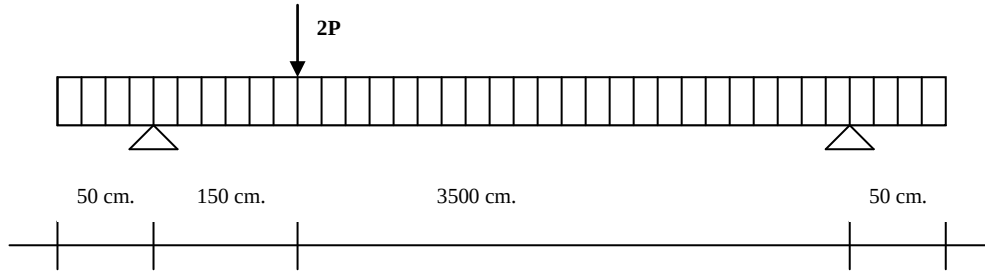


Şekil 3.45 14 No'lu yükleme plan



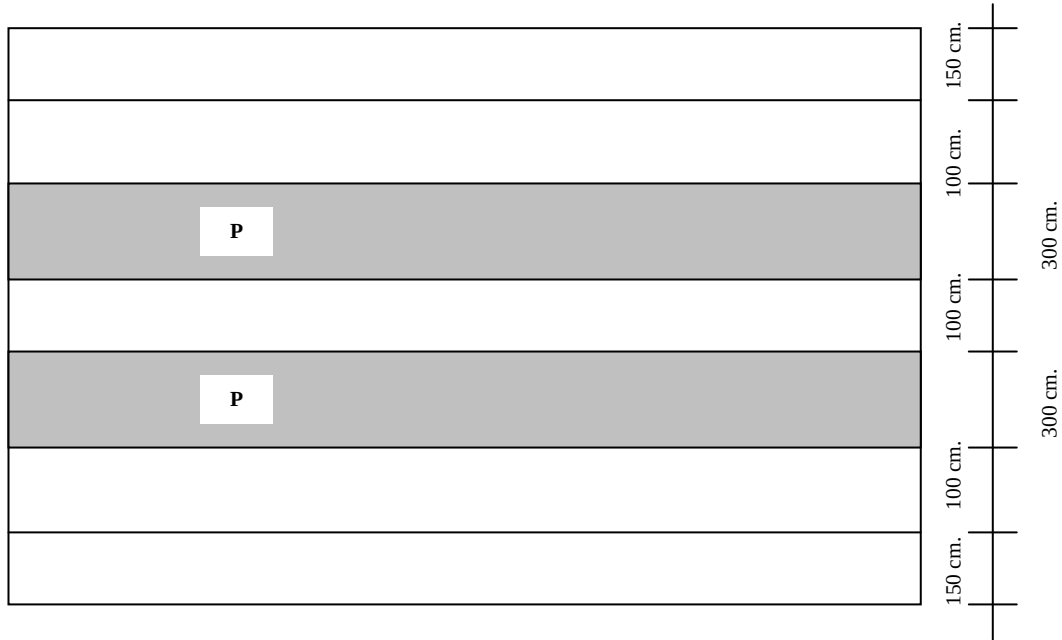
Şekil 3.46 14 No'lu yükleme enkesit

3.5.15 15 No'lu Yükleme (Şerit Yüklemesi – Mesnetten 1,5m. Uzaklıkta)



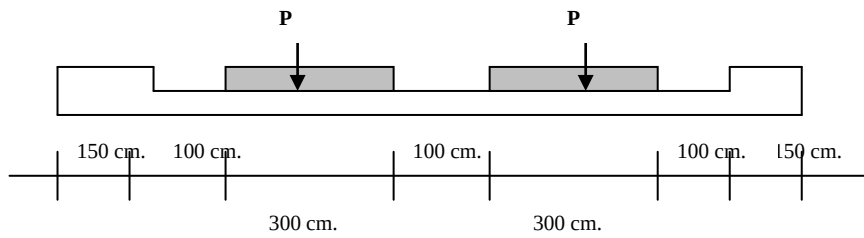
Şekil 3.47 15 No'lu yükleme boykesit

$P=0,135 \text{ MN}$
 $p=0,015 \text{ MN/m}^2$ } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3



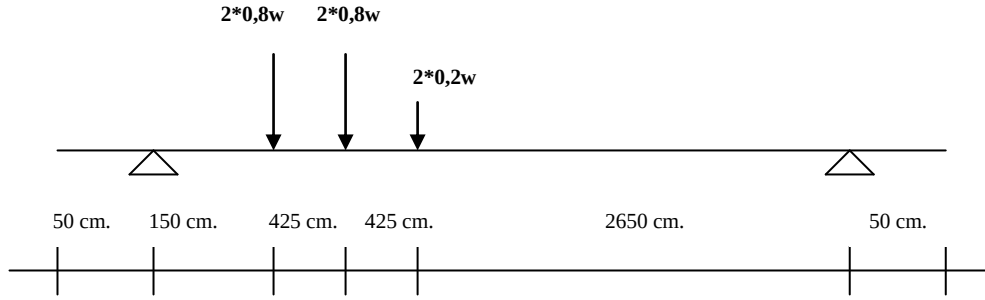
Şekil 3.48 15 No'lu yükleme plan

Not: Karayolları Genel Md. Şartnamesine göre 2 şerit alınmıştır. (Tablo 4)



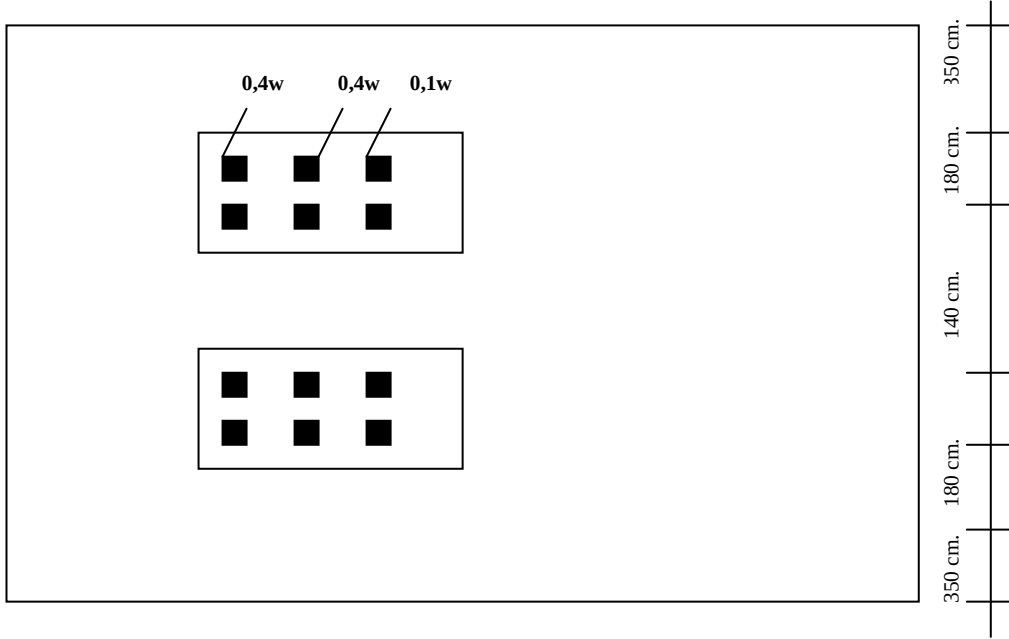
Şekil 3.49 15 No'lu yükleme enkesit

3.5.16 16 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten 1,5m. Uzaklıkta)

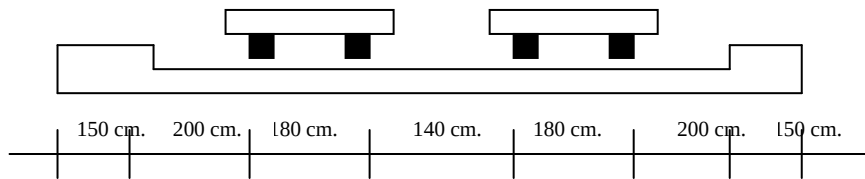


Şekil 3.50 16 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
 $w=0,30 \text{ MN}$ } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

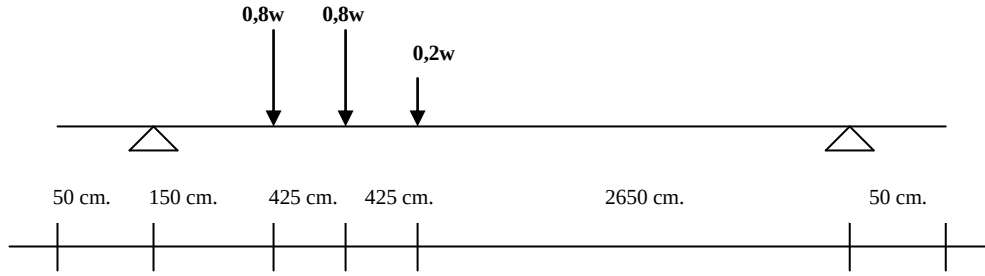


Şekil 3.51 16 No'lu yükleme plan



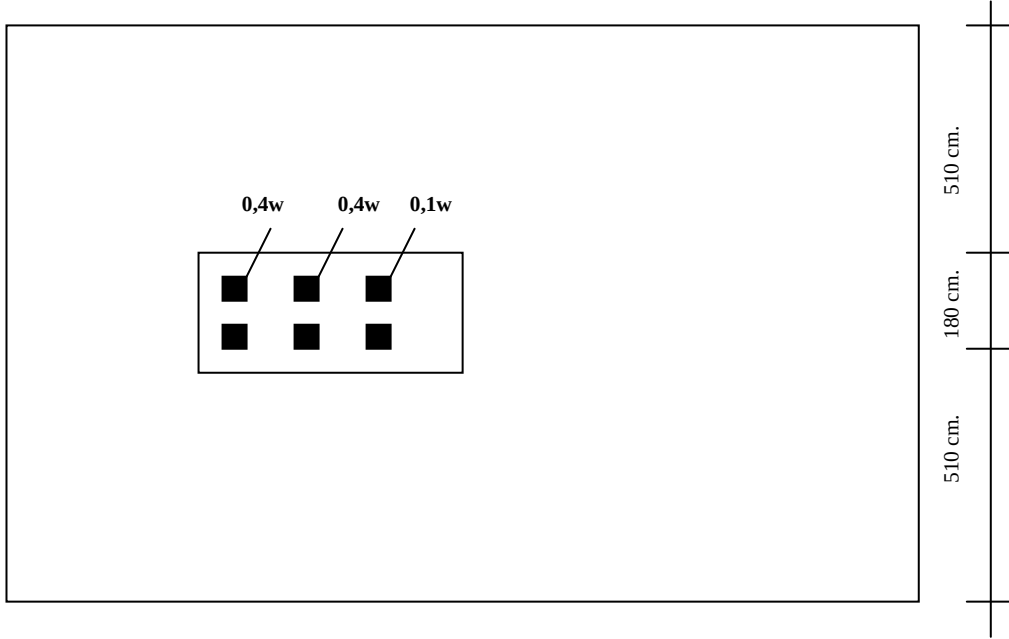
Şekil 3.52 16 No'lu yükleme enkesit

3.5.17 17 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten 1,5m. Uzaklıkta)

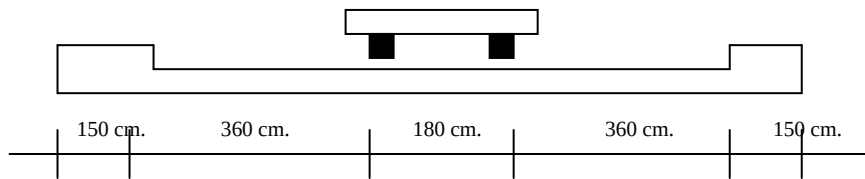


Şekil 3.53 17 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
 $w=0,30$ MN } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

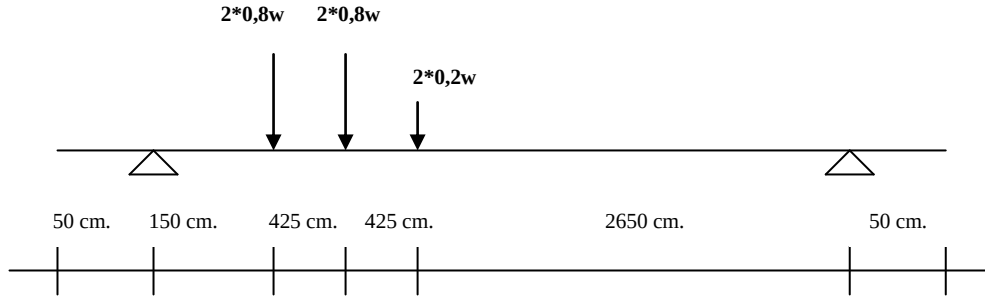


Şekil 3.54 17 No'lu yükleme plan



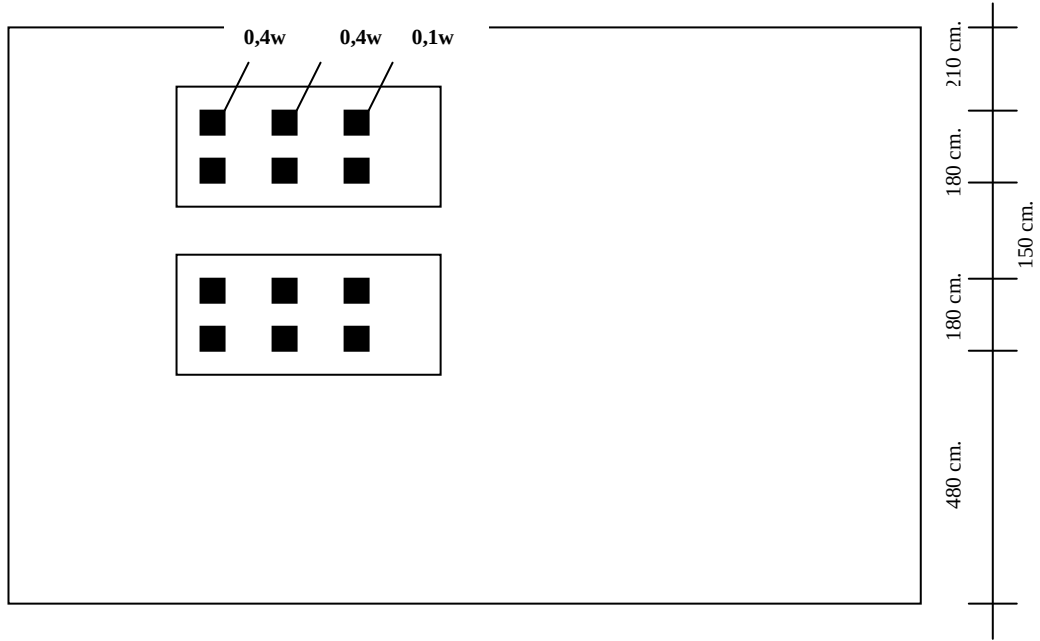
Şekil 3.55 17 No'lu yükleme enkesit

3.5.18 18 No'lu Yükleme (Standart Kamyon Yüklemesi – Mesnetten 1,5m. Uzaklıkta)

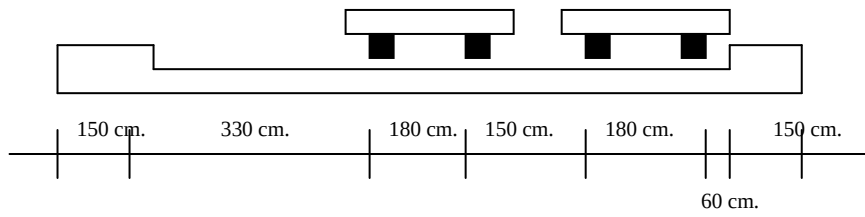


Şekil 3.56 18 No'lu yükleme boykesit

H30-S24
 $w=0,30 \text{ MN}$ } Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3

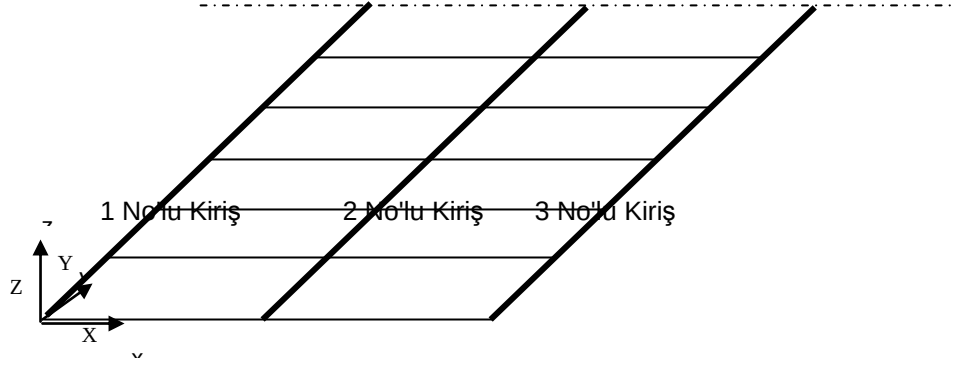


Şekil 3.57 18 No'lu yükleme plan



Şekil 3.58 18 No'lu yükleme enkesit

3.6 SAP90 Datasında Kullanılacak Yükler



Şekil 3.59 SAP90 modeli prefabrike kiriş yerleşimi

3.6.1 Yayılı Yükler

1 No'lu Yükleme İçin:

- $WG = 0,625 * 1,5 + \left[0,54 + \frac{3,96}{2} \right] * 0,1 + 0,1875 + 0,225 = 1,2317 \text{ t/m}$

(1. ve 3. kiriş için)

- $WG = 0,1 * 3,96 = 0,396 \text{ t/m}$ (2. kiriş için)

2 No'lu Yükleme İçin:

- $WG = 0,3 * 1,5 = 0,45 \text{ t/m}$ (1. ve 3. kiriş için)

3, 7, 11 ,15 No'lu Yüklemler İçin:

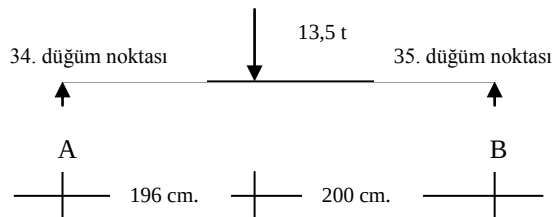
- $WG = 1,5 * 1,5 = 2,25 \text{ t/m}$ (1. ve 3. kiriş için)

- $WG = 3 * 1,5 = 4,5 \text{ t/m}$ (2. kiriş için)

3.6.2 Çubuk Elemana Ait Yükler

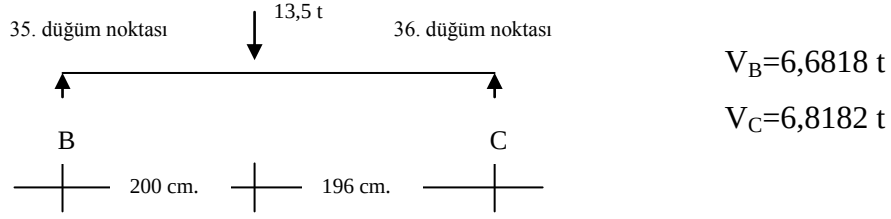
3 No'lu Yükleme İçin:

mesafe=18,75 m.



$$V_A = 6,8182 \text{ t}$$

$$V_B = 6,6818 \text{ t}$$

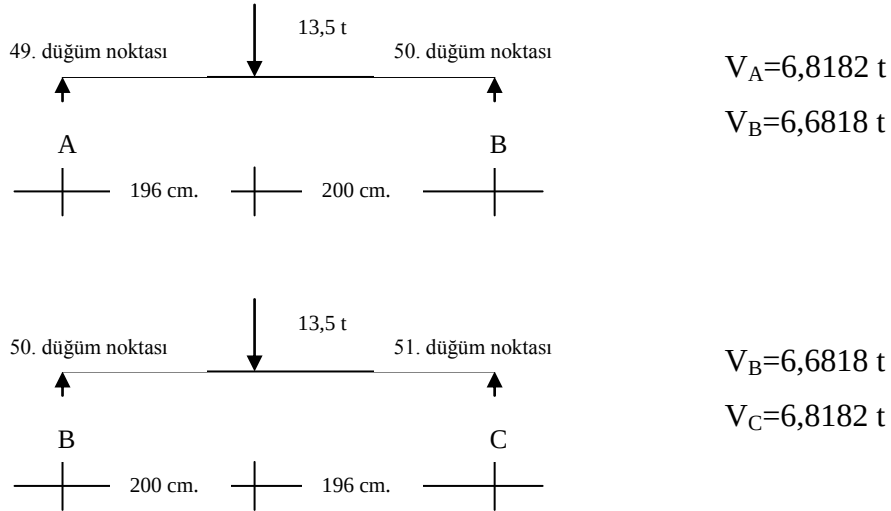


Şekil 3.60 3 no'lu yüklemeden oluşan çubuk eleman yükleri

- $PLD=6,8182 \text{ t}$ (1. ve 3. kiriş için)
- $PLD=2*6,6818=13,3636 \text{ t}$ (2. kiriş için)

11 No'lu Yükleme İçin:

mesafe=27,875 m.



Şekil 3.61 11 no'lu yüklemeden oluşan çubuk eleman yükleri

- $PLD=6,8182 \text{ t}$ (1. ve 3. kiriş için)
- $PLD=2*6,6818=13,3636 \text{ t}$ (2. kiriş için)

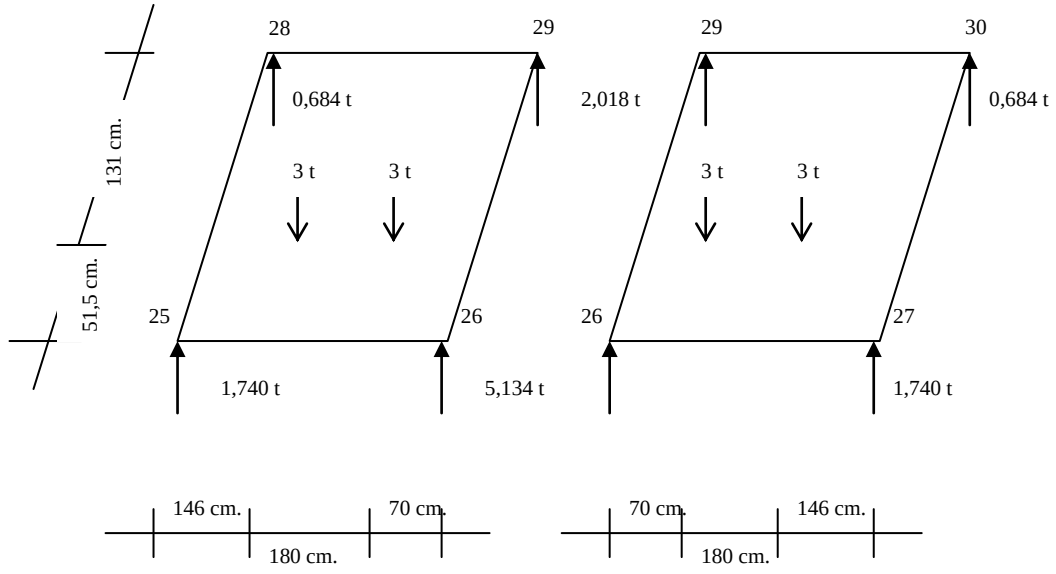
3.6.3 Düğüm Noktalarına Ait Yükler

Çubuk elemanların üzerine gelmeyen yükler komşu düğüm noktalarına açıklıkla doğru orantılı olarak dağıtılacaktır.

Not: 64, 65 ve 66 no'lu düğüm noktaları mesnetlerin bulunduğu noktalar olduğu için bu düğüm noktalarına gelen yükleri SAP90 programı kabul etmemektedir. Bu nedenle 64, 65 ve 66 no'lu düğüm noktalarına gelen yükler ilgili çubukların üzerine verilecektir.

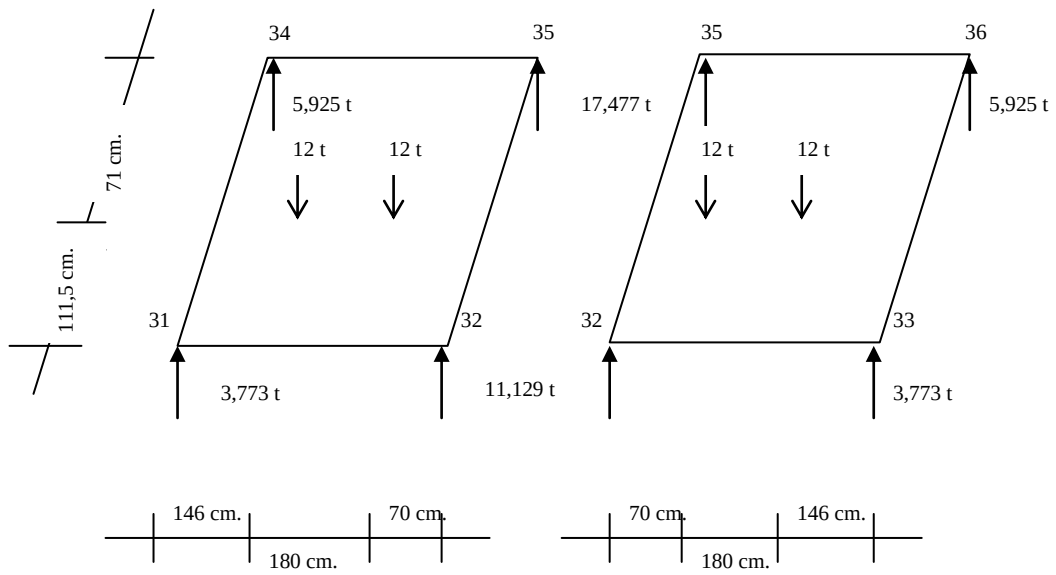
4 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



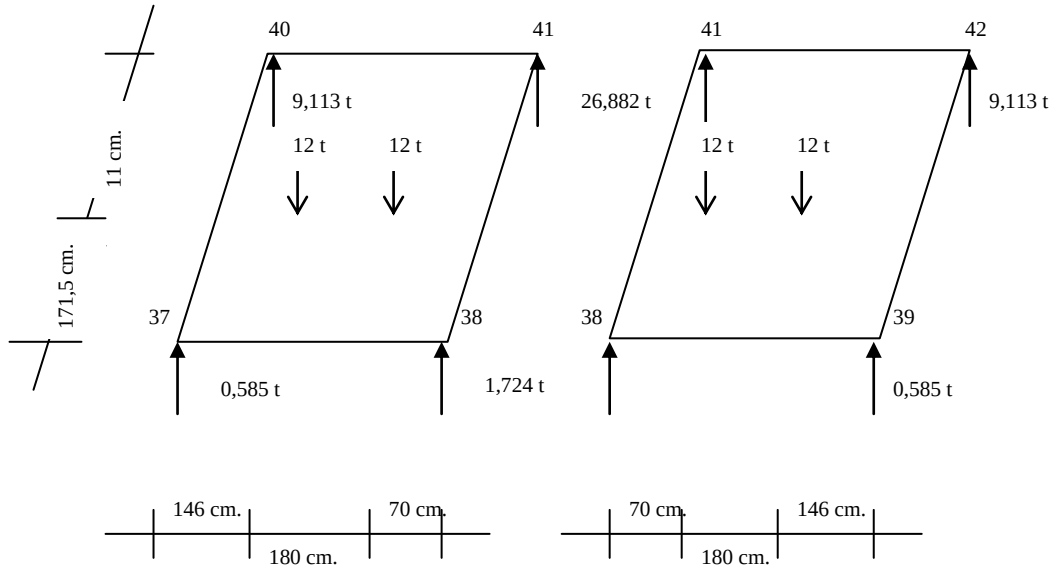
Şekil 3.62 4 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.63 4 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

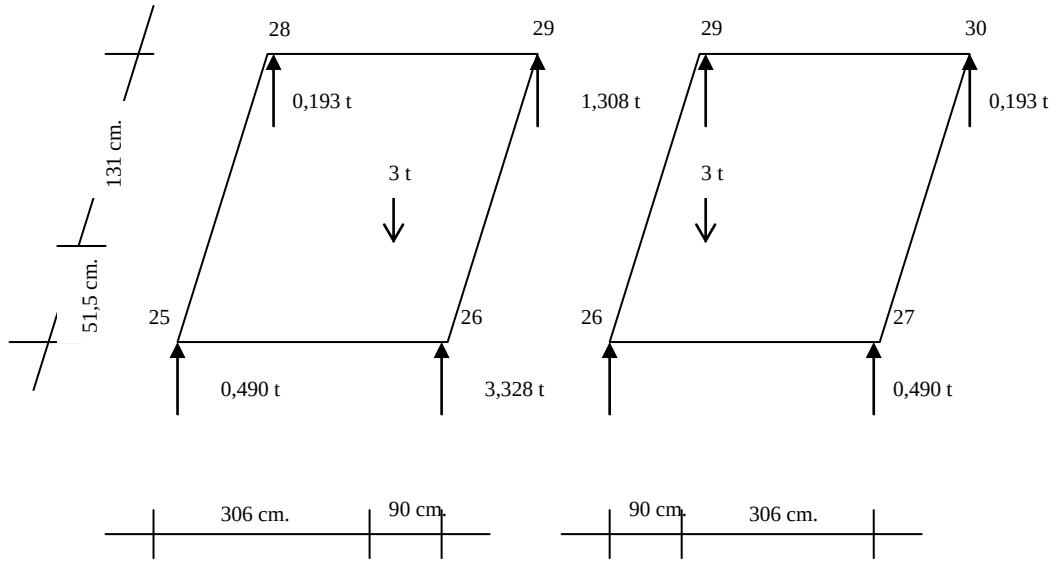
Arka Aks



Şekil 3.64 4 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

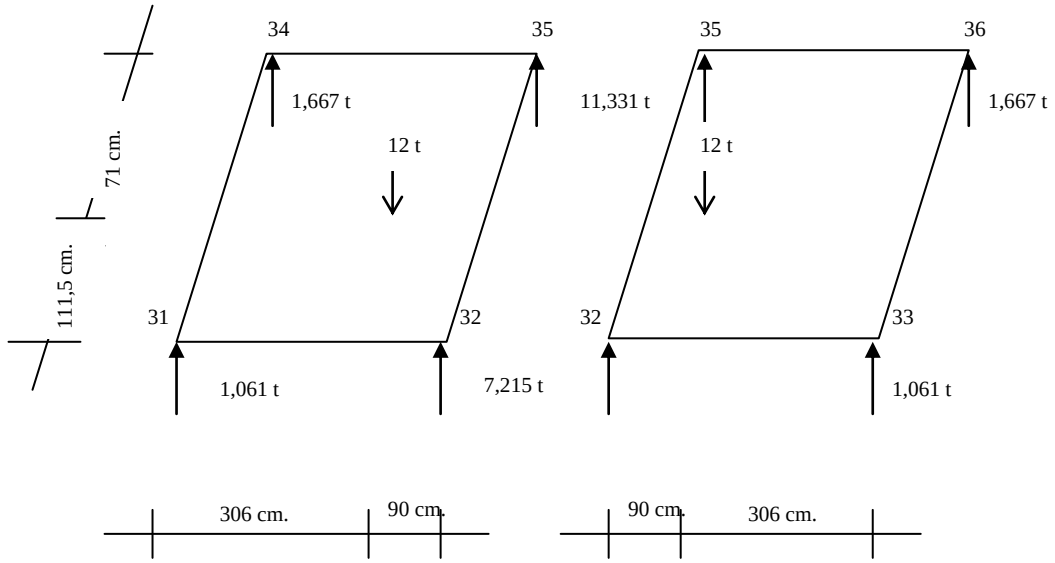
5 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



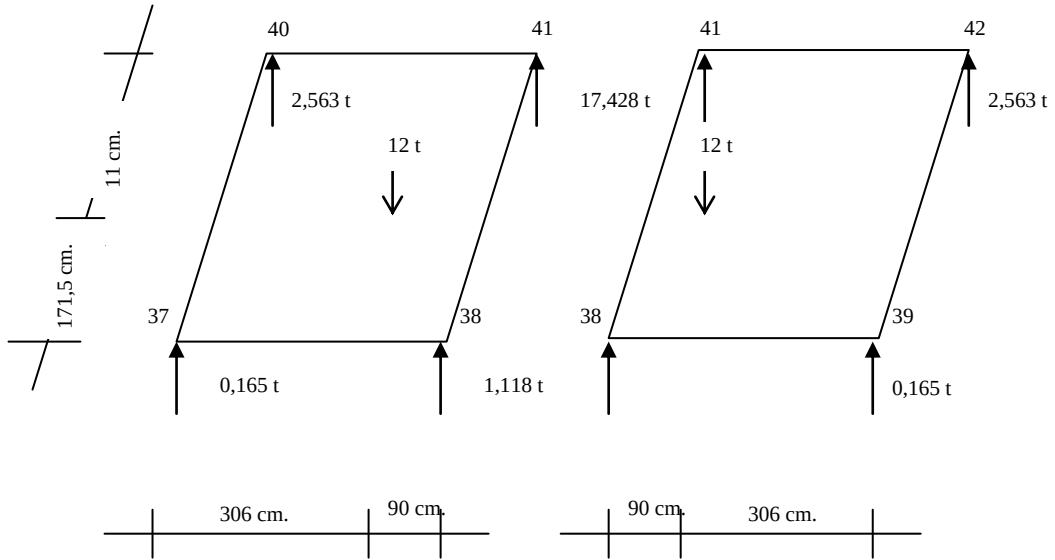
Şekil 3.65 4 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.66 5 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

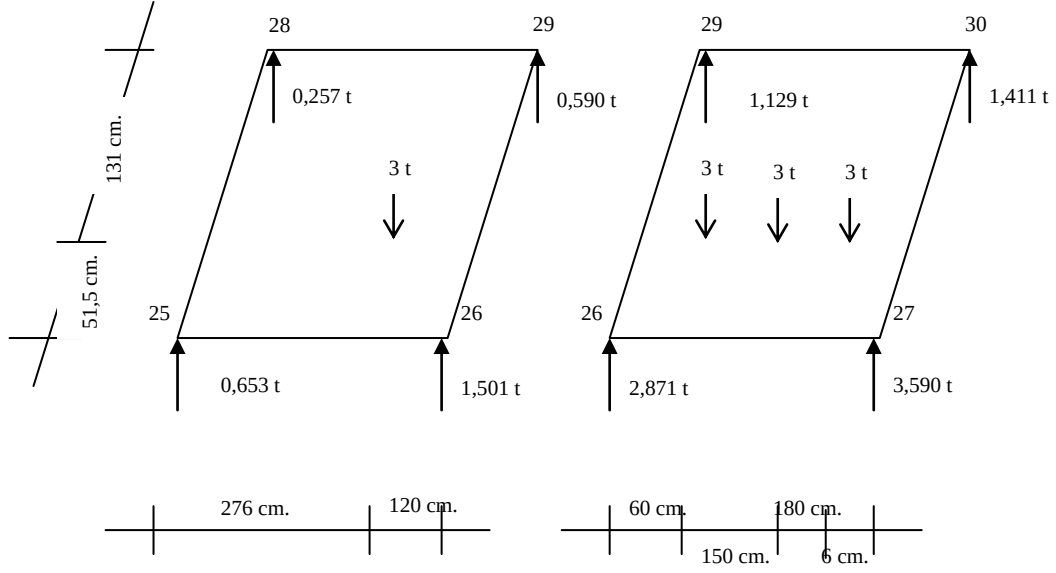
Arka Aks



Şekil 3.67 5 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

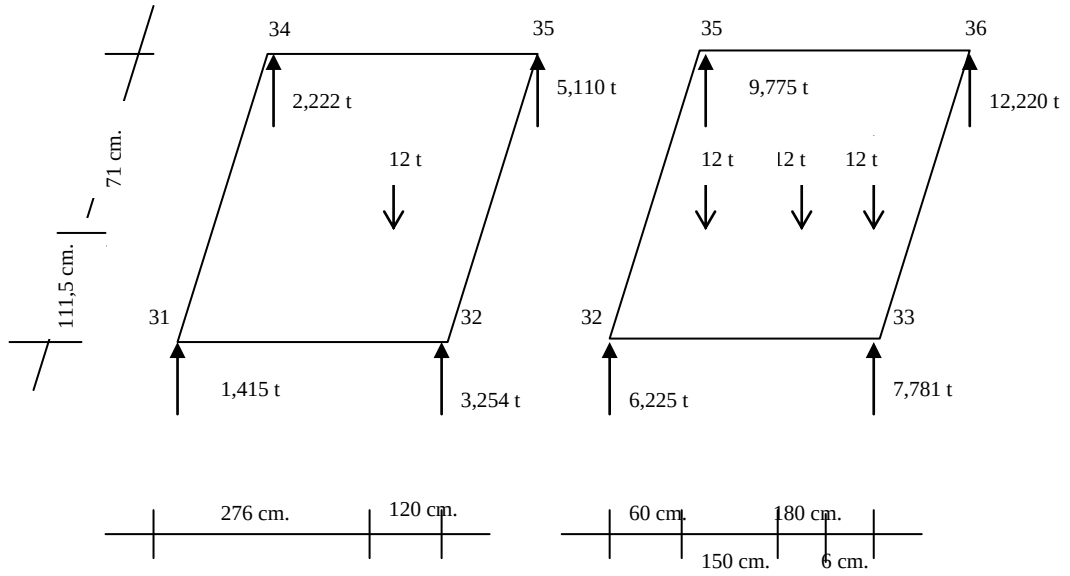
6 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



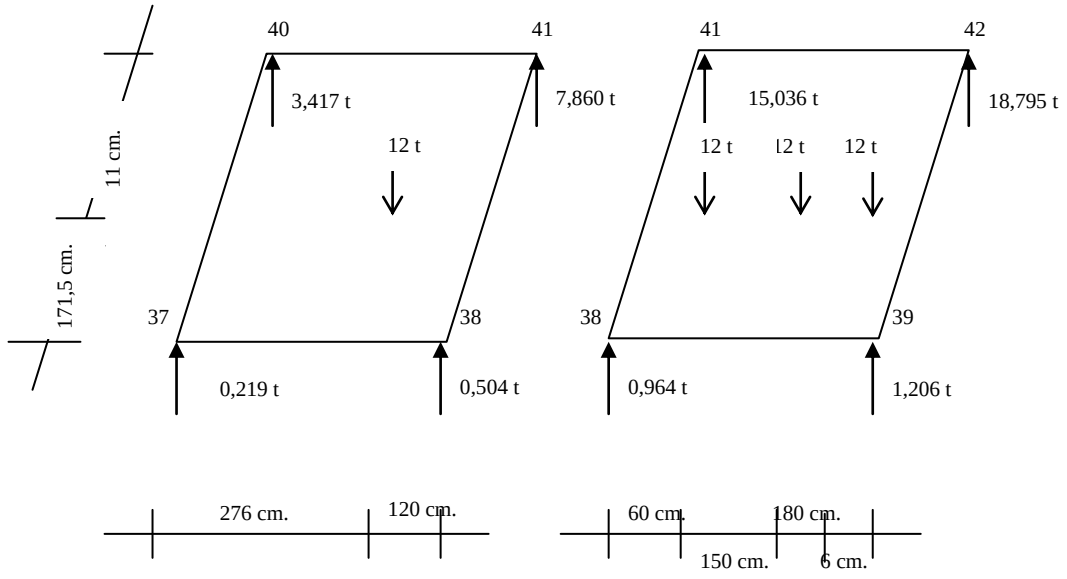
Şekil 3.68 6 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.69 6 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

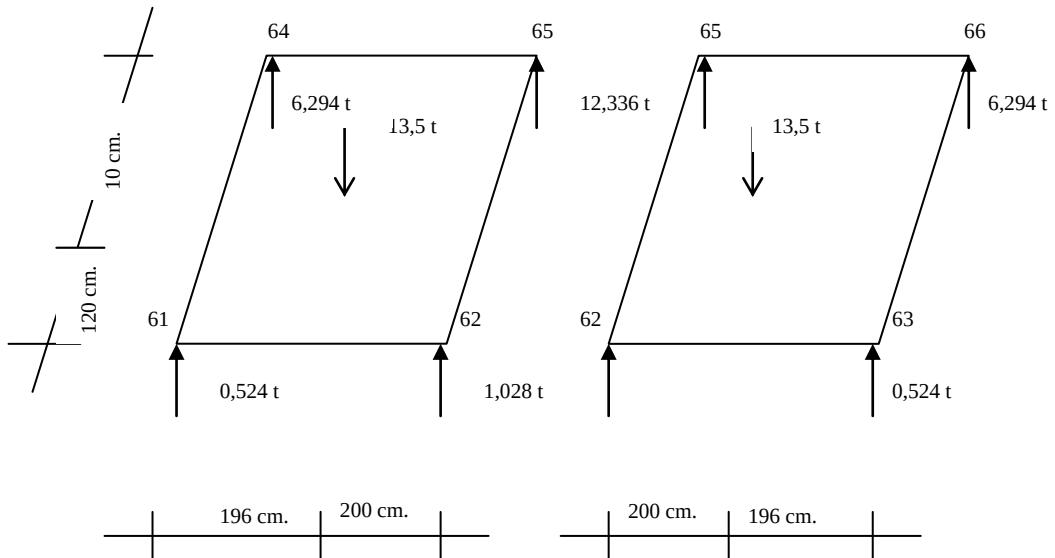
Arka Aks



Şekil 3.70 6 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

7 No'lu Yükleme İçin:

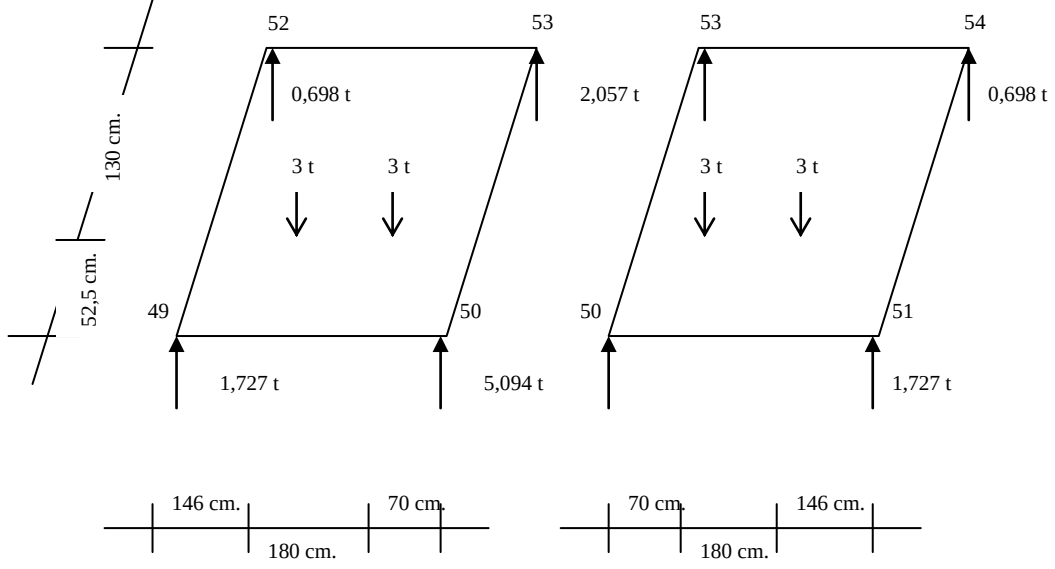
Şerit Yüklemesine Ait Tekil Yük



Şekil 3.71 7 no'lu yüklemenin tekil yükünden oluşan düğüm noktası yükleri

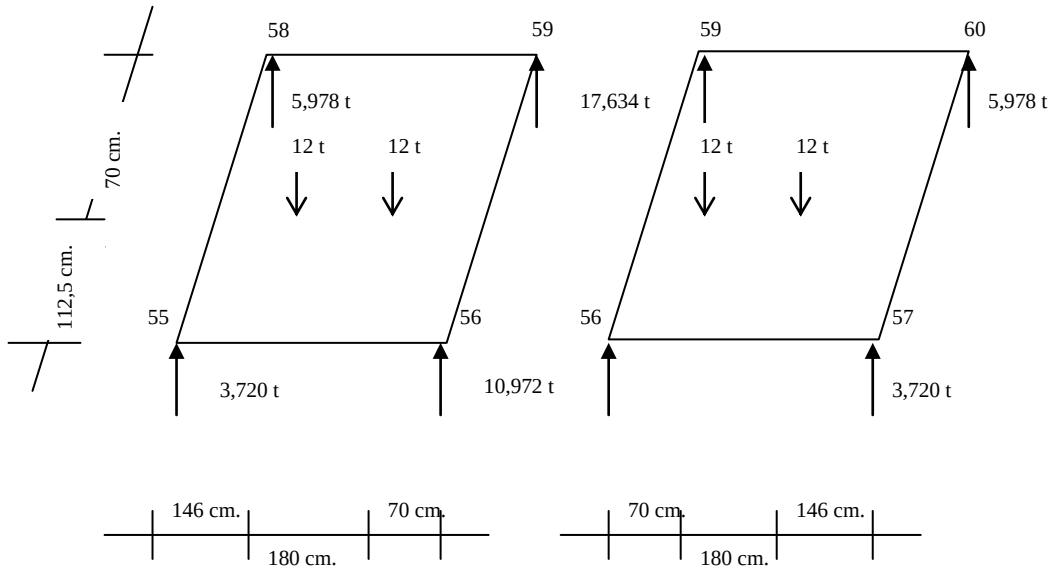
8 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



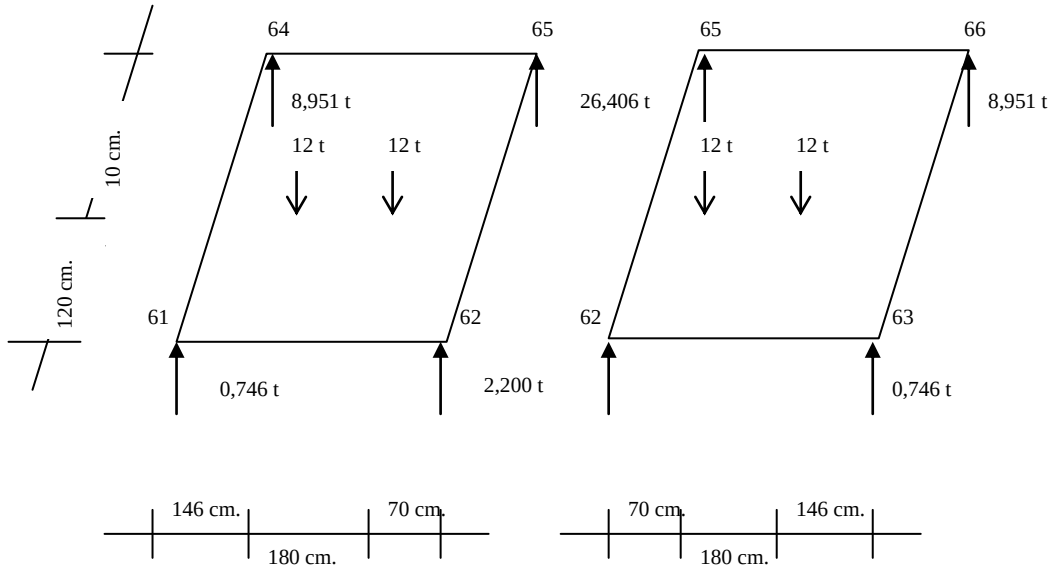
Şekil 3.72 8 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.73 8 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

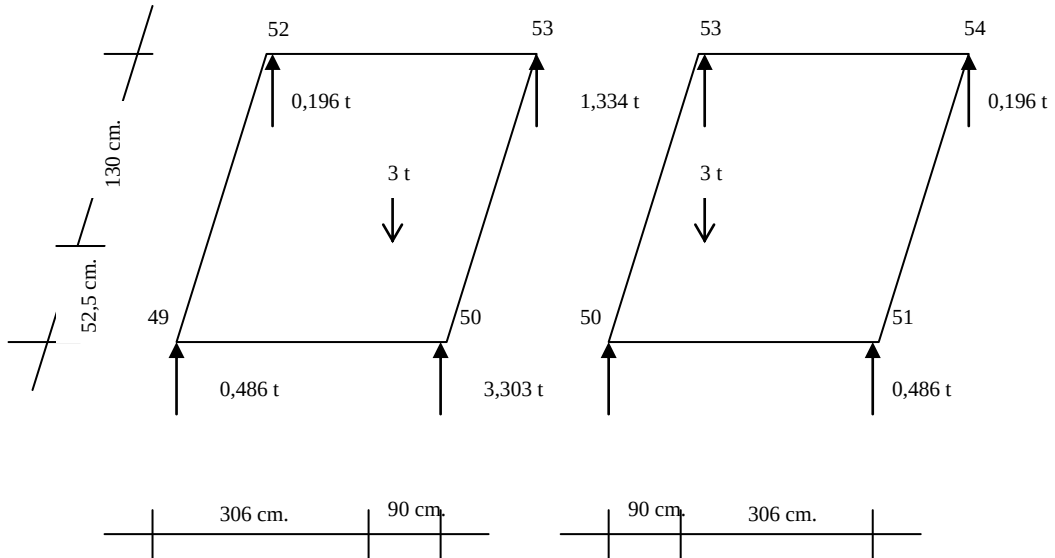
Arka Aks



Şekil 3.74 8 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

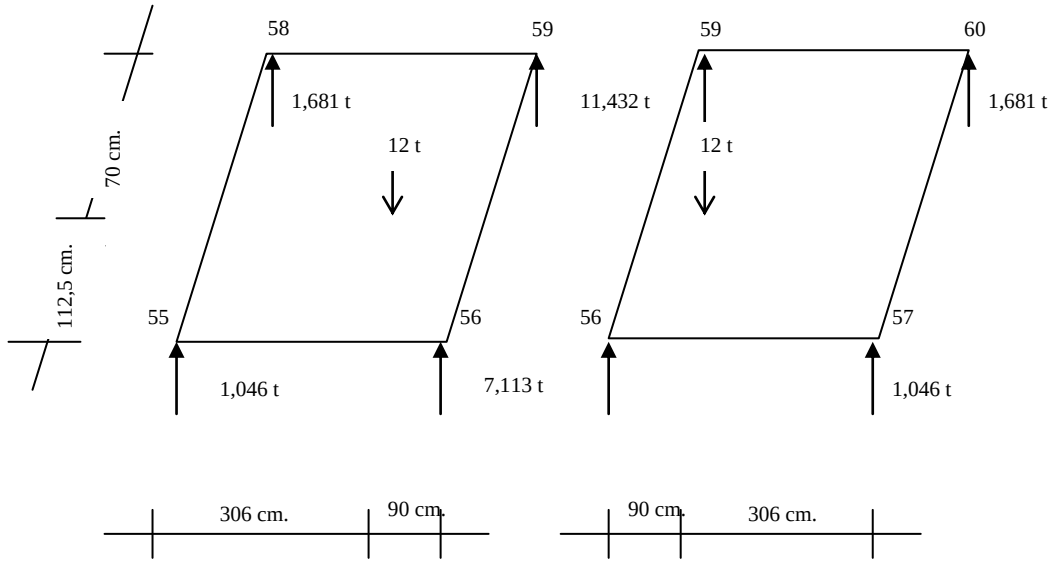
9 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



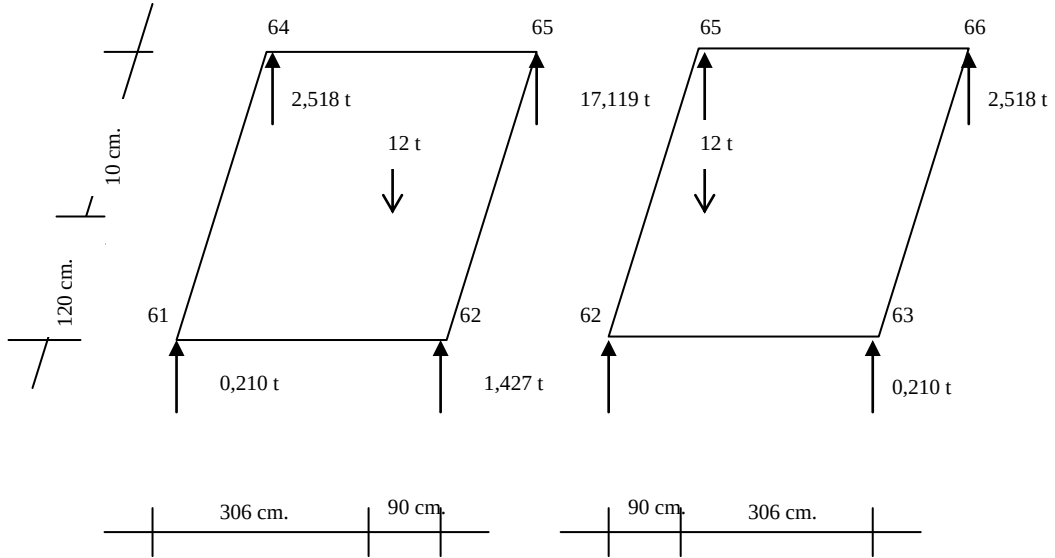
Şekil 3.75 9 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.76 9 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

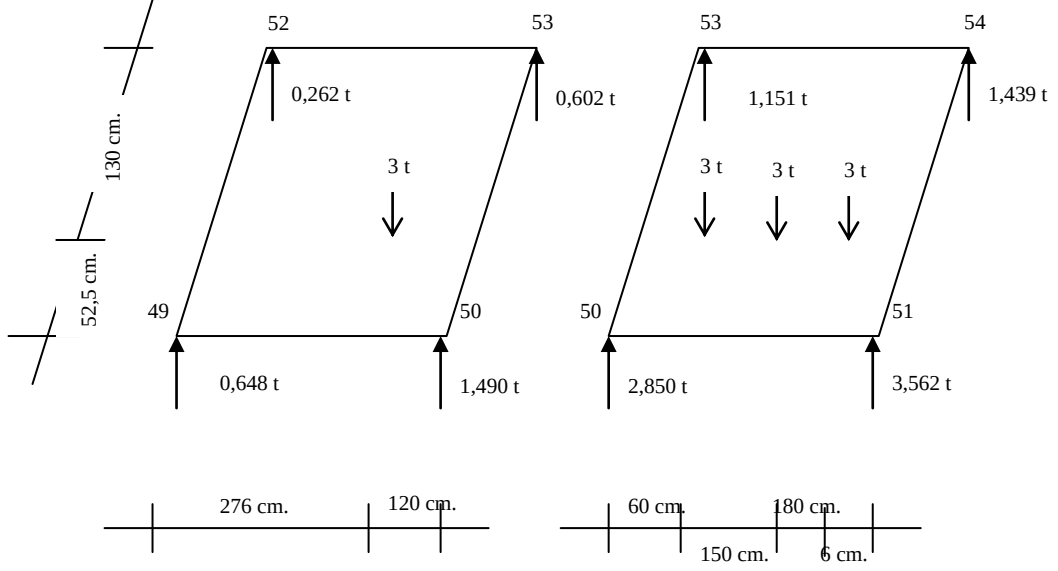
Arka Aks



Şekil 3.77 9 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

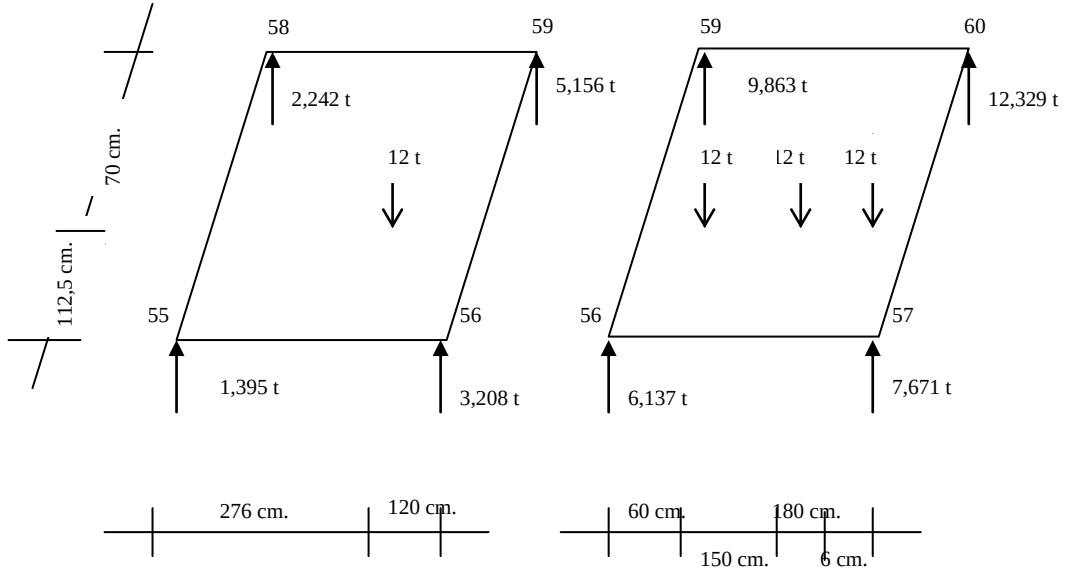
10 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



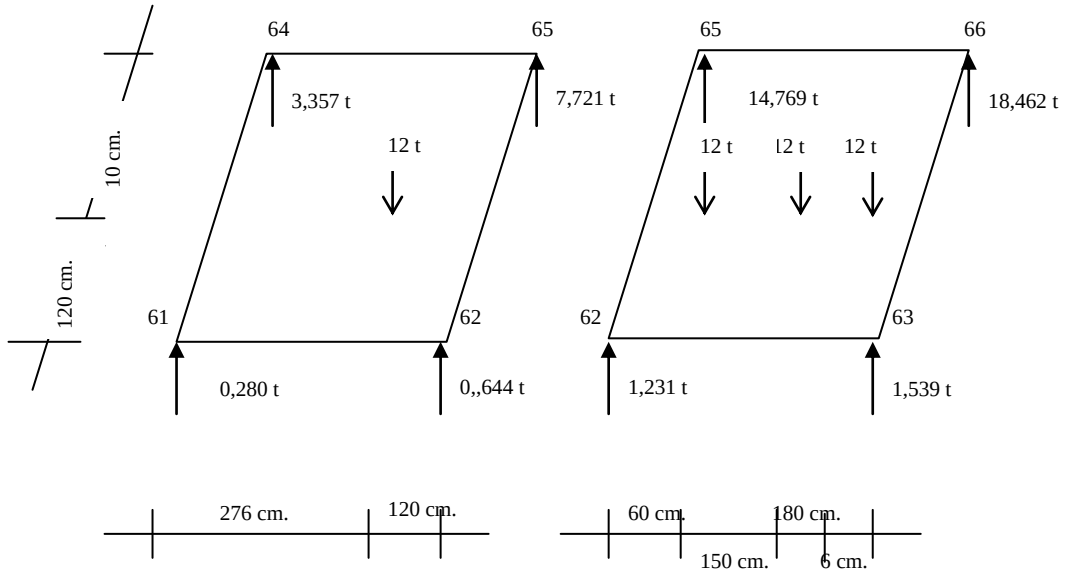
Şekil 3.78 10 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.79 10 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

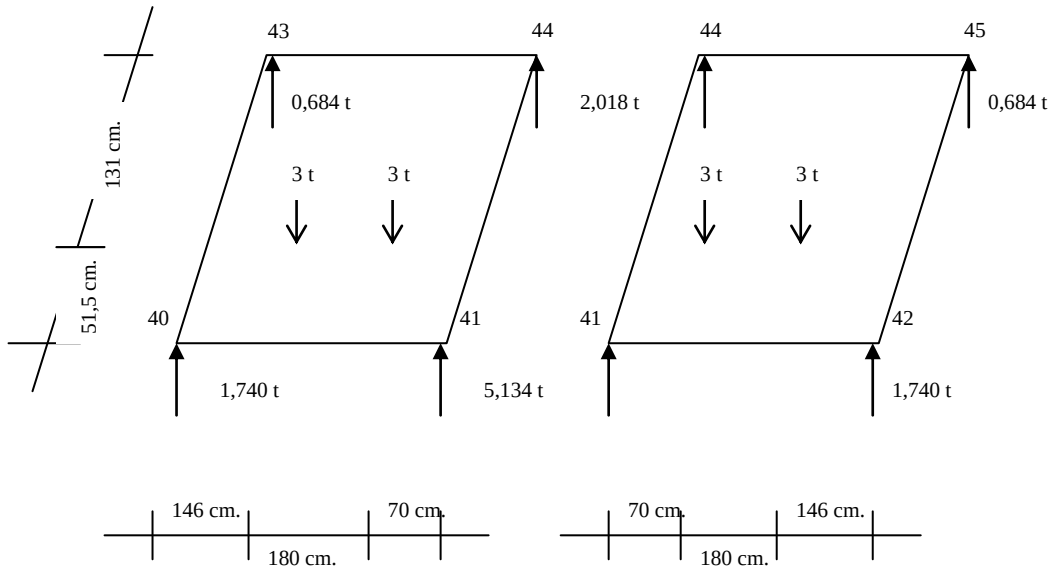
Arka Aks



Şekil 3.80 10 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

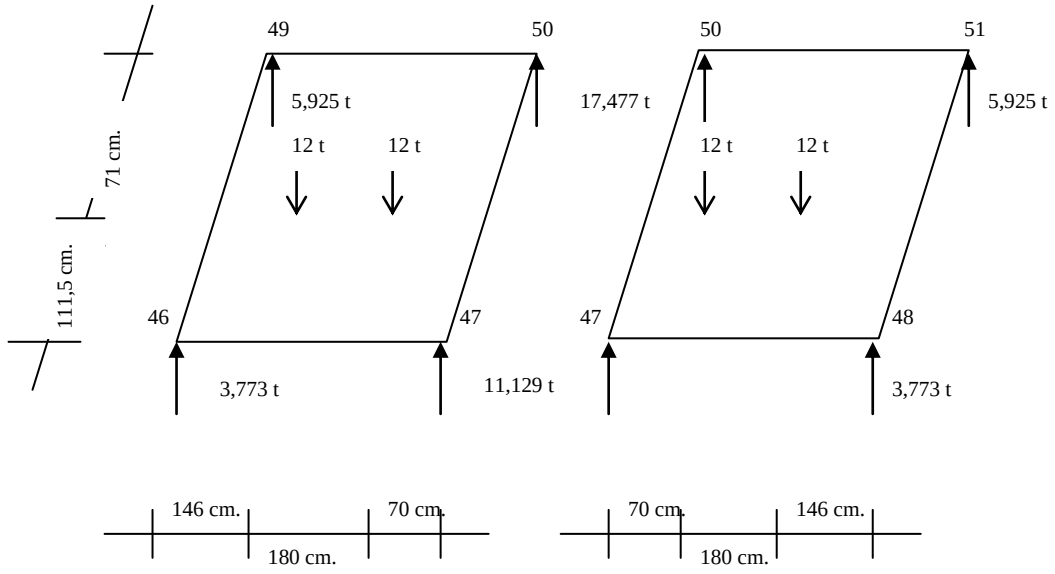
12 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



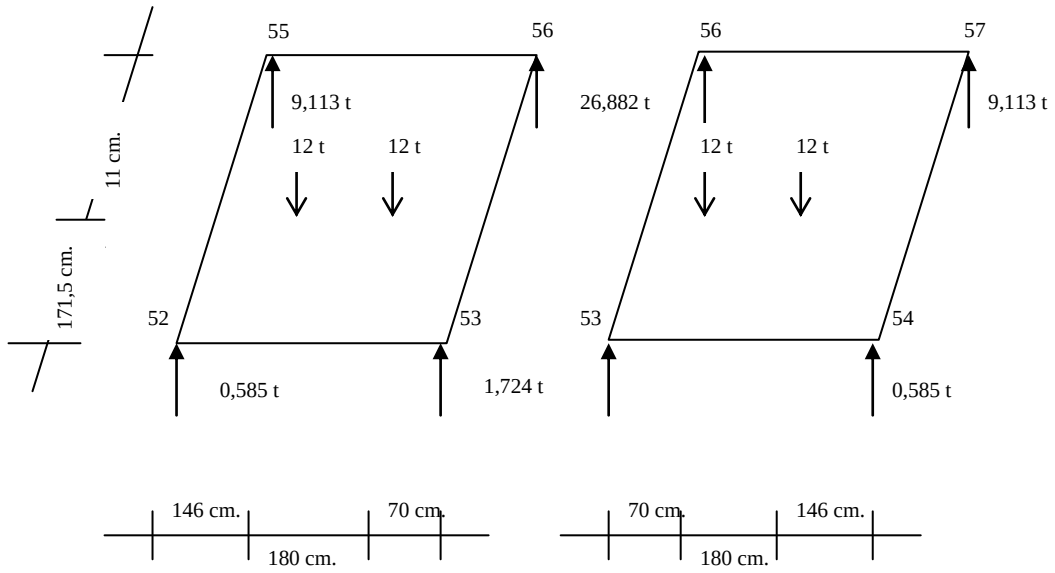
Şekil 3.81 12 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.82 12 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

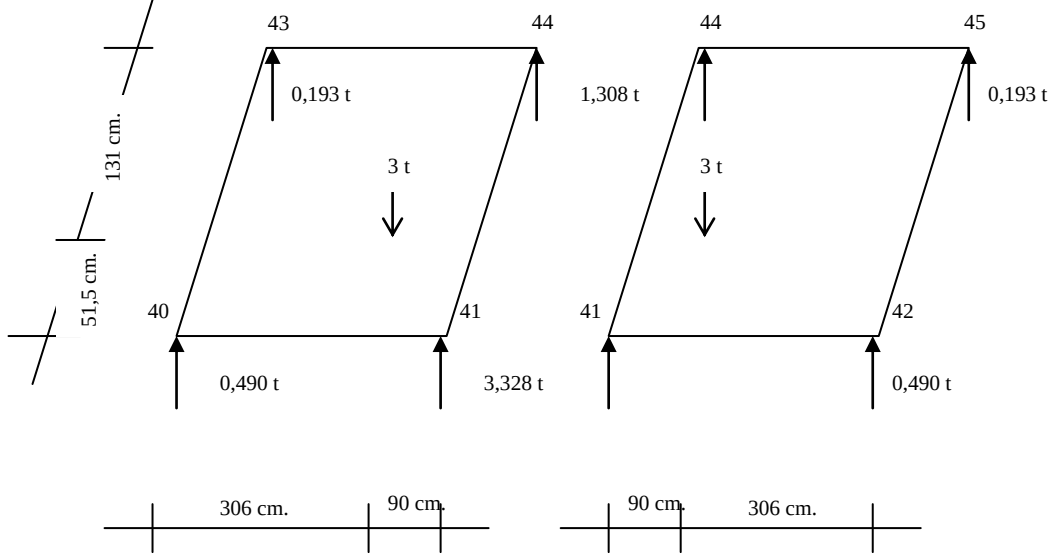
Arka Aks



Şekil 3.83 12 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

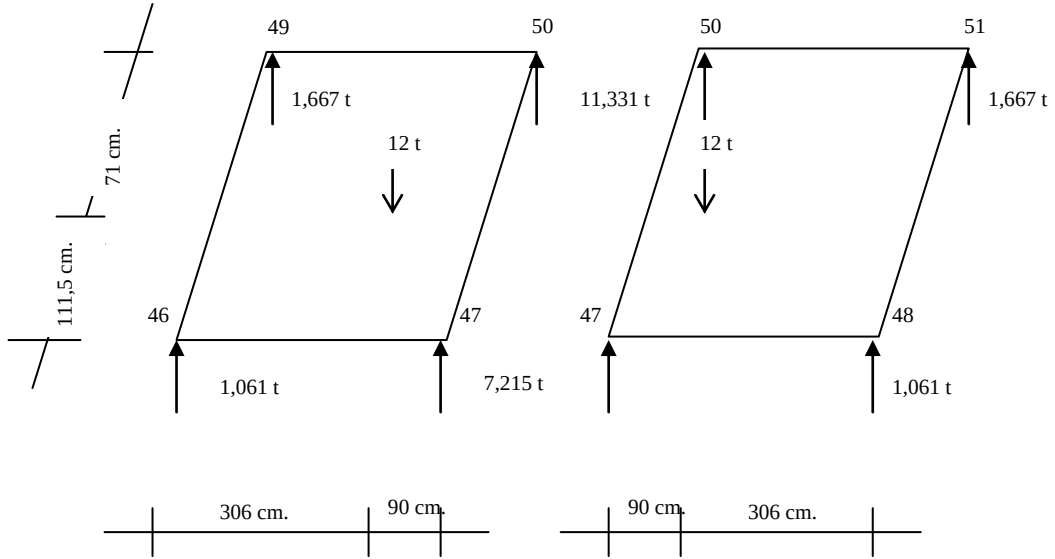
13 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



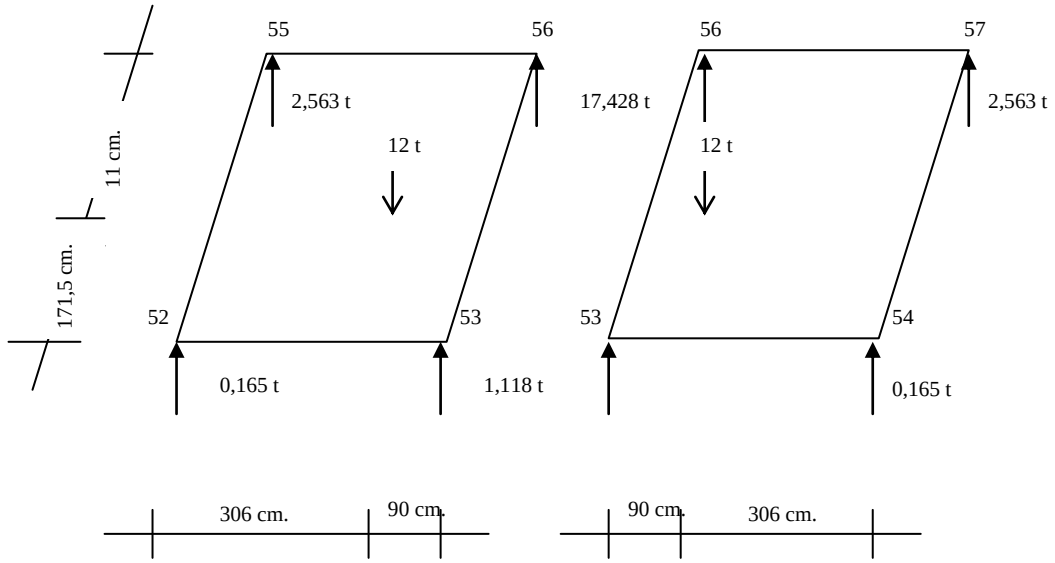
Şekil 3.84 13 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.85 13 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

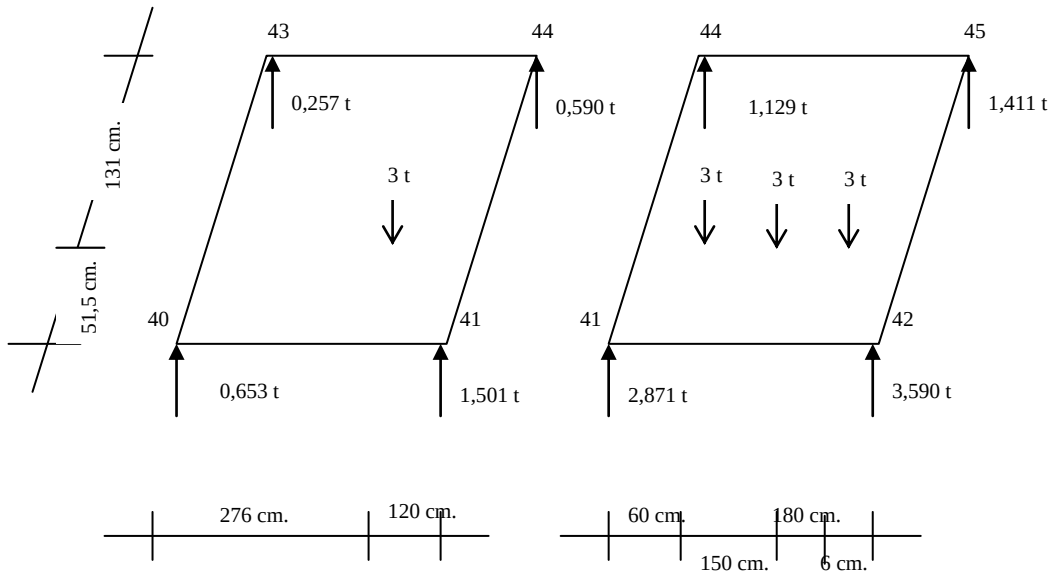
Arka Aks



Şekil 3.86 13 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

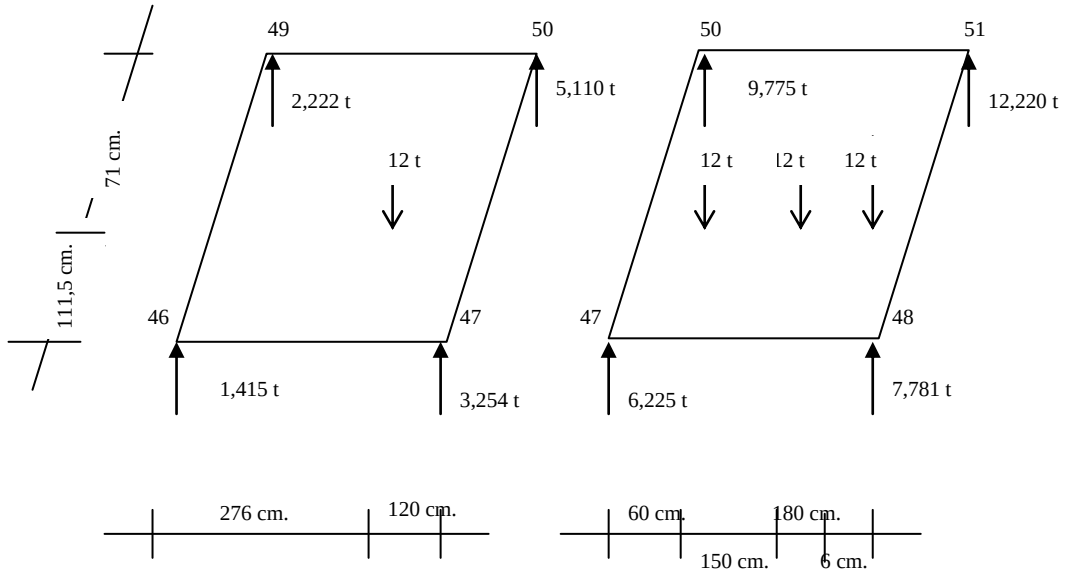
14 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



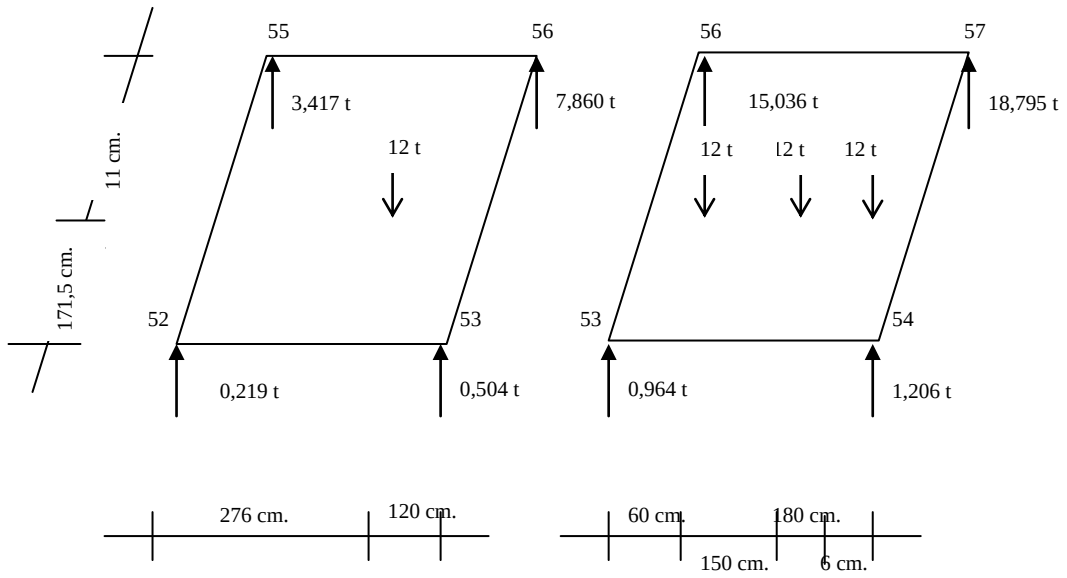
Şekil 3.87 14 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.88 14 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

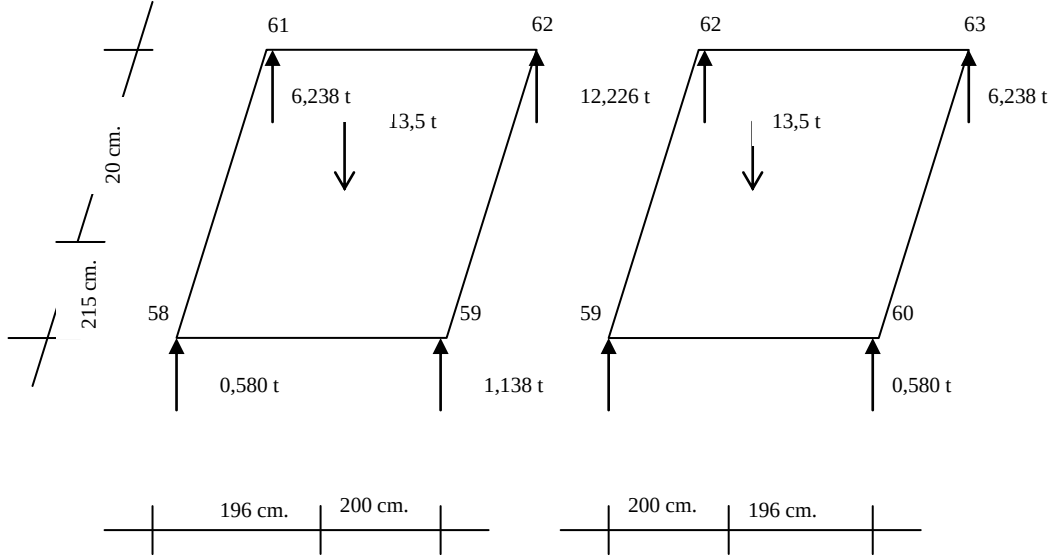
Arka Aks



Şekil 3.89 14 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

15 No'lu Yükleme İçin:

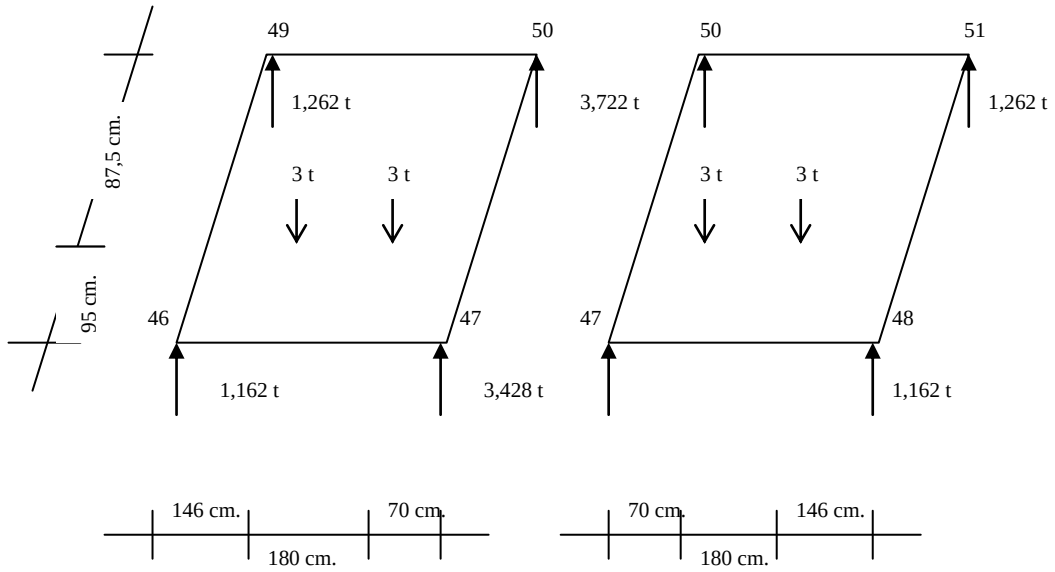
Şerit Yüklemesine Ait Tekil Yük



Şekil 3.90 15 no'lu yüklemenin tekil yükünden oluşan düğüm noktası yükleri

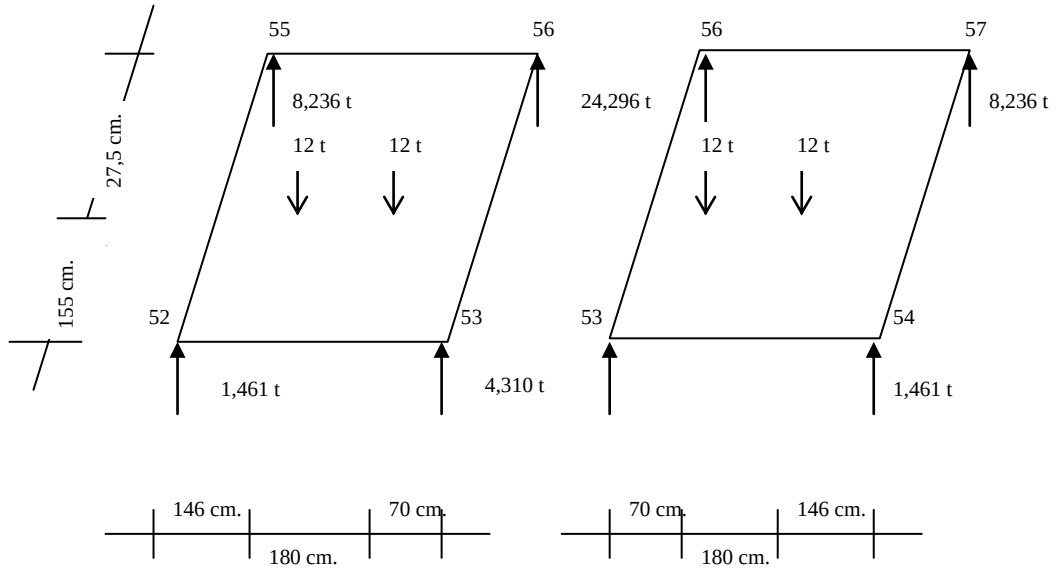
16 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



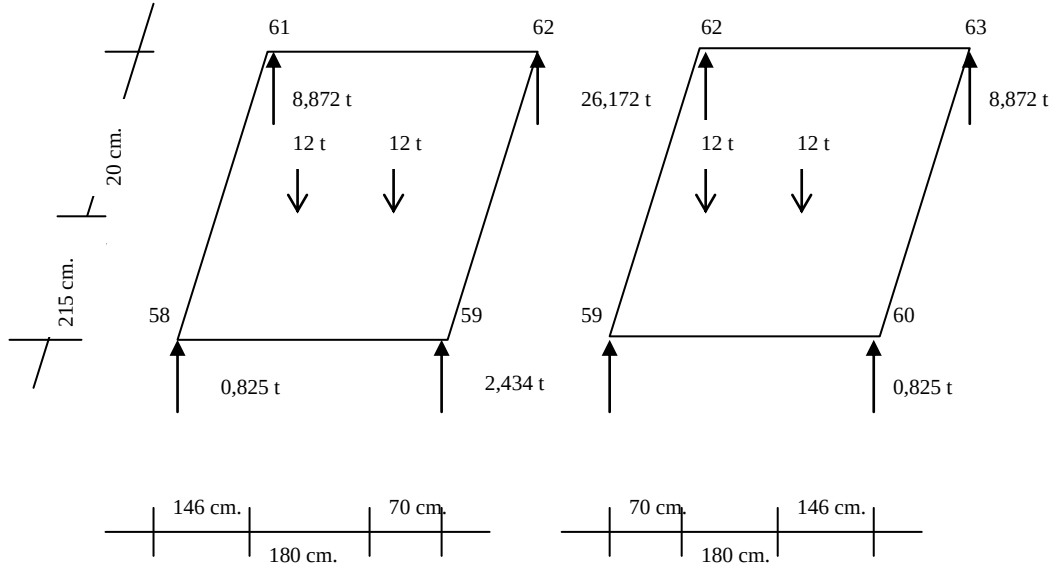
Şekil 3.91 16 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.92 16 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

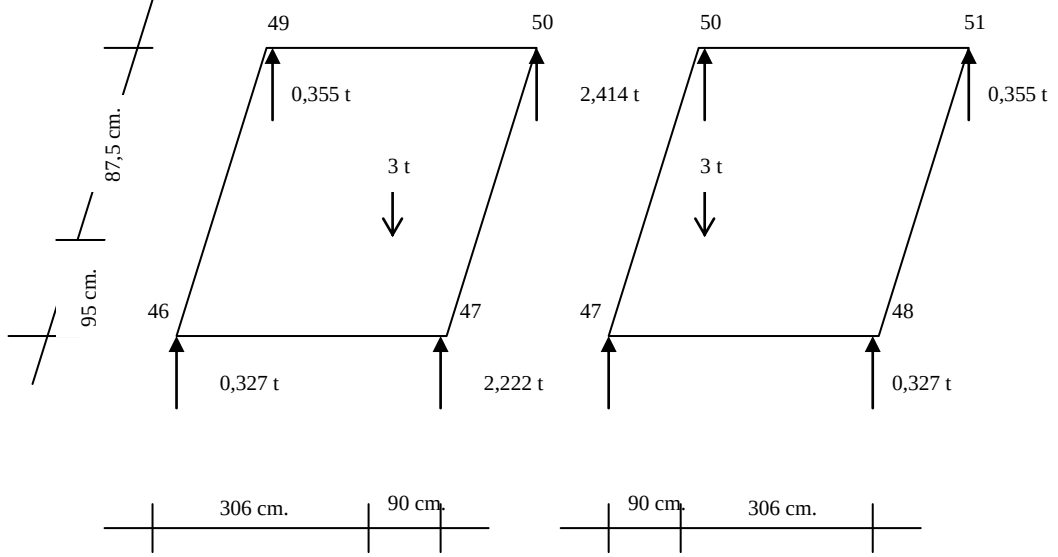
Arka Aks



Şekil 3.93 16 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

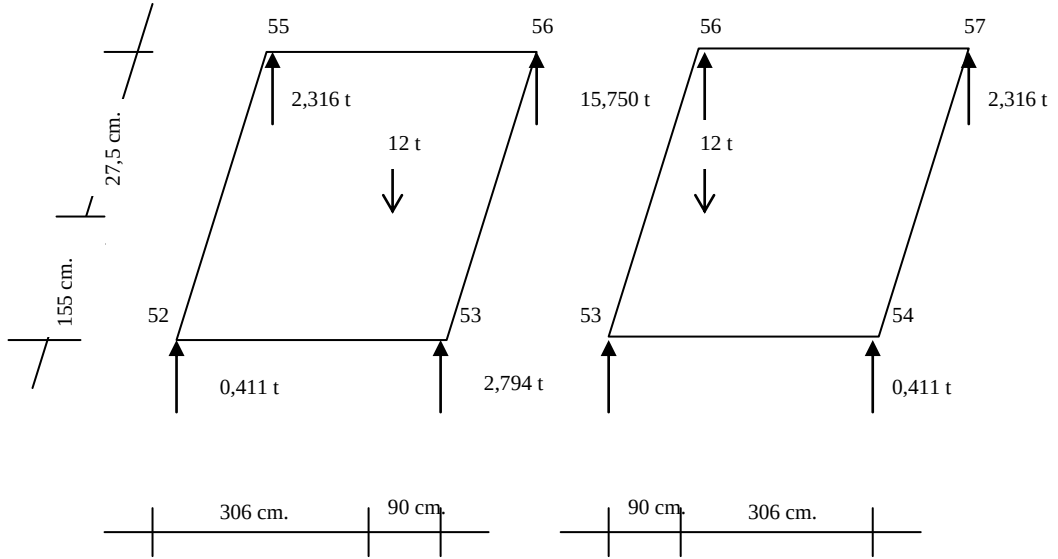
17 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



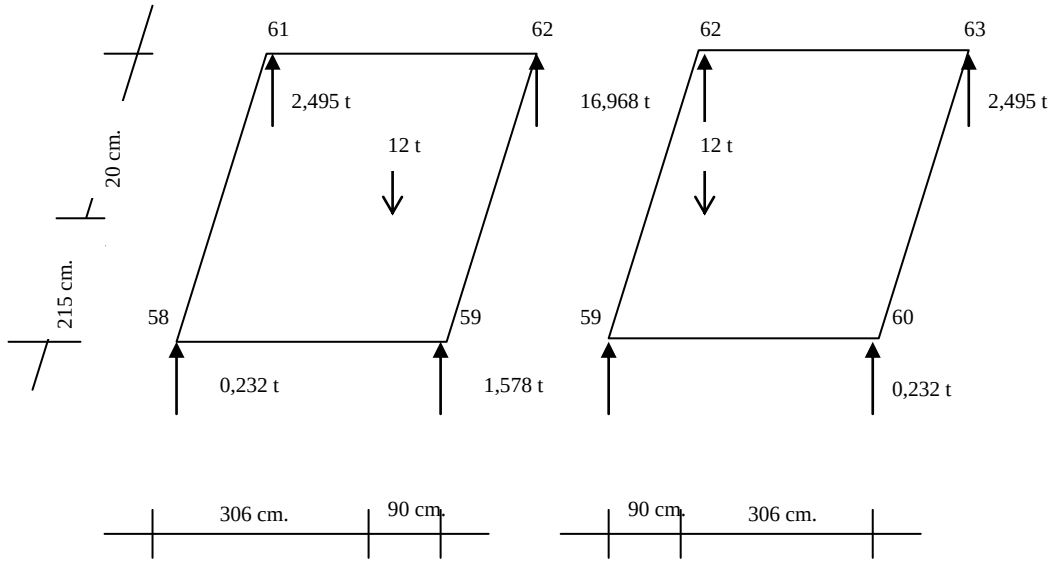
Şekil 3.94 17 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.95 17 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

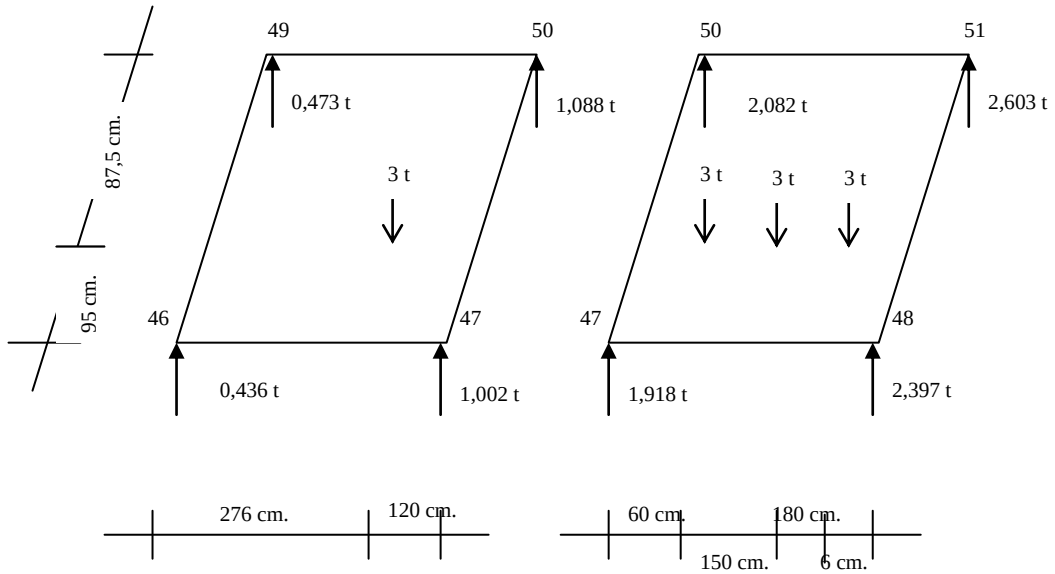
Arka Aks



Şekil 3.96 17 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

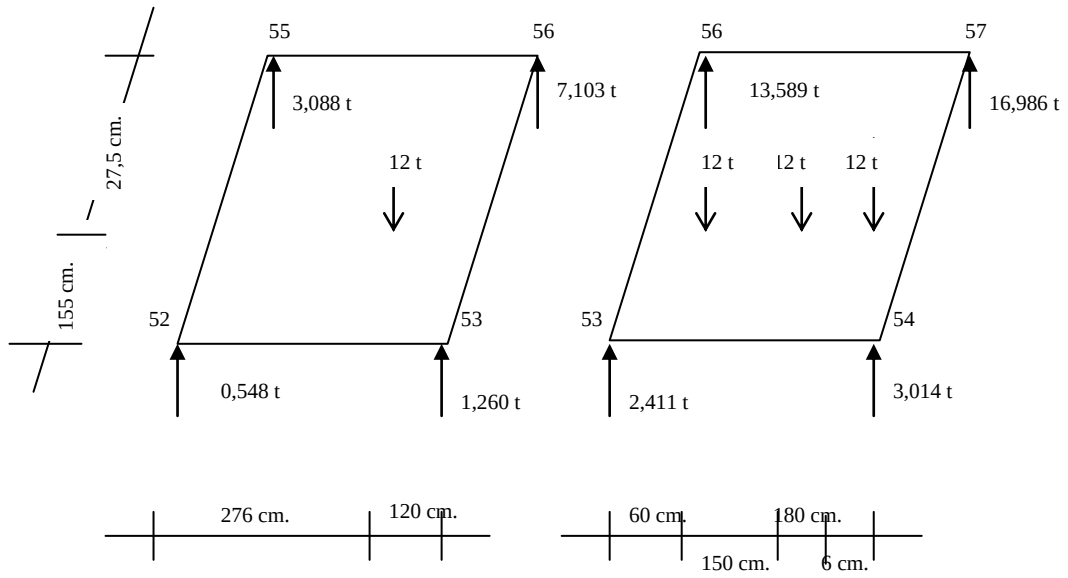
18 No'lu Yükleme İçin:

Ön Aks



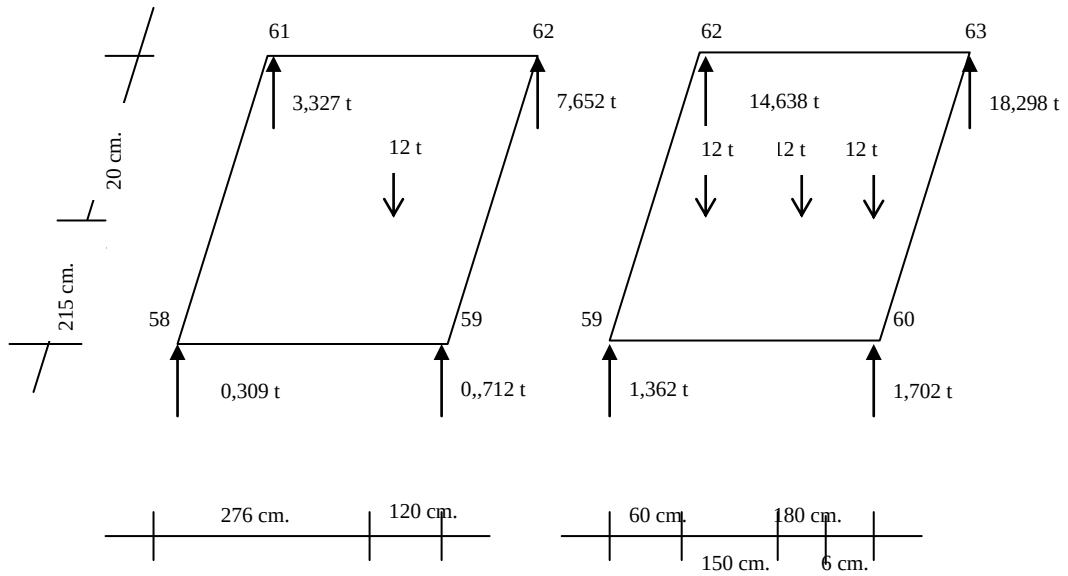
Şekil 3.97 18 no'lu yüklemenin ön aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Orta Aks



Şekil 3.98 18 no'lu yüklemenin orta aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Arka Aks



Şekil 3.99 18 no'lu yüklemenin arka aksından oluşan düğüm noktası yükleri

Not: Yukarıdaki bilgiler ışığında hazırlanan SAP90 programı datası Ek A' da verilmiştir.

4. ÖNGERİLMELİ KUTU KESİTLİ PREFABRİKE KİRİŞ HESABI

4.1 Hesapta Kullanılacak Bilgiler

- Öngerilmeli kiriş uzunluğu: 37,5 m.
- Hesap açıklığı: 36,5 m.
- Kiriş yüksekliği: 2m.
- Kiriş adedi: 3m.
- Viyadük genişliği: 12 m.

Beton

- Prefabrike kiriş betonu: BS 40
- Yerinde dökme tabliye betonu: BS 25
- Donatı: S420 (BÇIII) $f_y=420 \text{ N/mm}^2$
- Öngerilme donatısı: 7 telli 0,6'' (15,24 mm) düşük gevşemeli kopma dayanımı $f_s'=1724 \text{ N/mm}^2$ olan kablo
- Hesap yapılacak kesitler: L/2, L/4 ve 50φ (AASHTO92 9.20.2.4)

Yükleme Çeşitleri

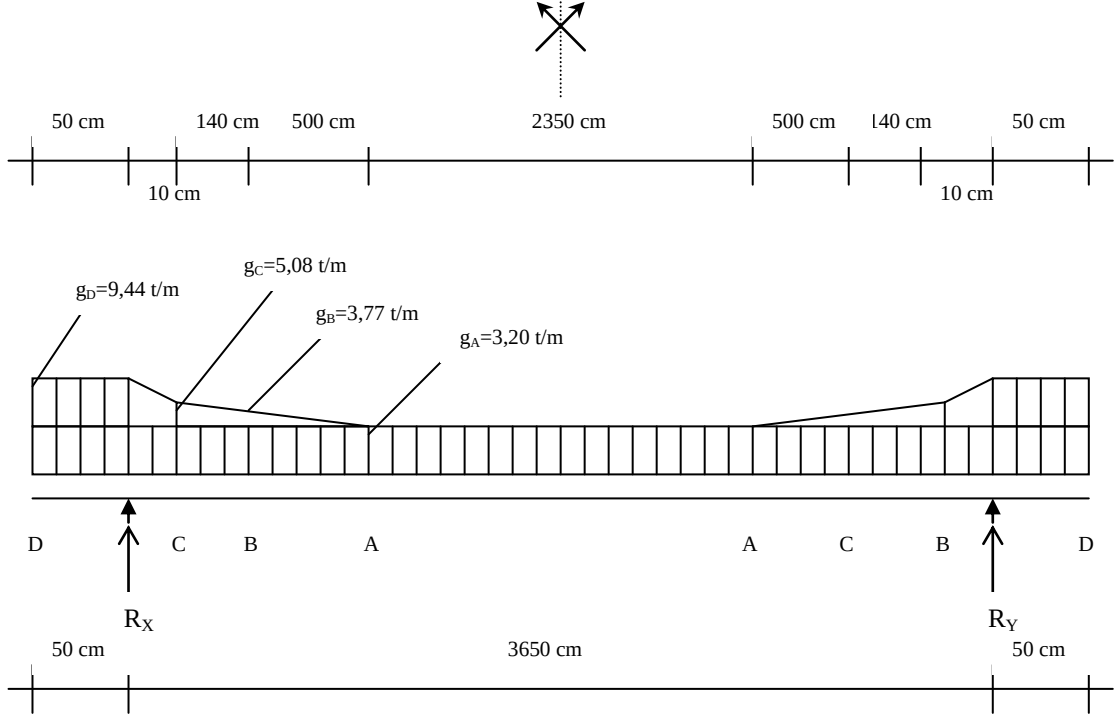
Şerit yüklemesi ve H30-S24 standart kamyon yüklemesi

Hesap Esnasında Kullanılan Programlar

- SAP90 ve SAP2000 sonlu elemanlar paket programı

4.2 Öngerilmeli Kutu Kesitli Prefabrike Kirişte Oluşan Kesit Tesirleri

4.2.1 İmalat Esnasında Oluşan Kesit Tesirleri



Şekil 4.1 Prefabrike kiriş zati ağırlığı

$$R_X=R_Y=66,67 \text{ t}$$

Tablo 4.1 İmalat esnasında prefabrike kirişte oluşan kesit tesirleri

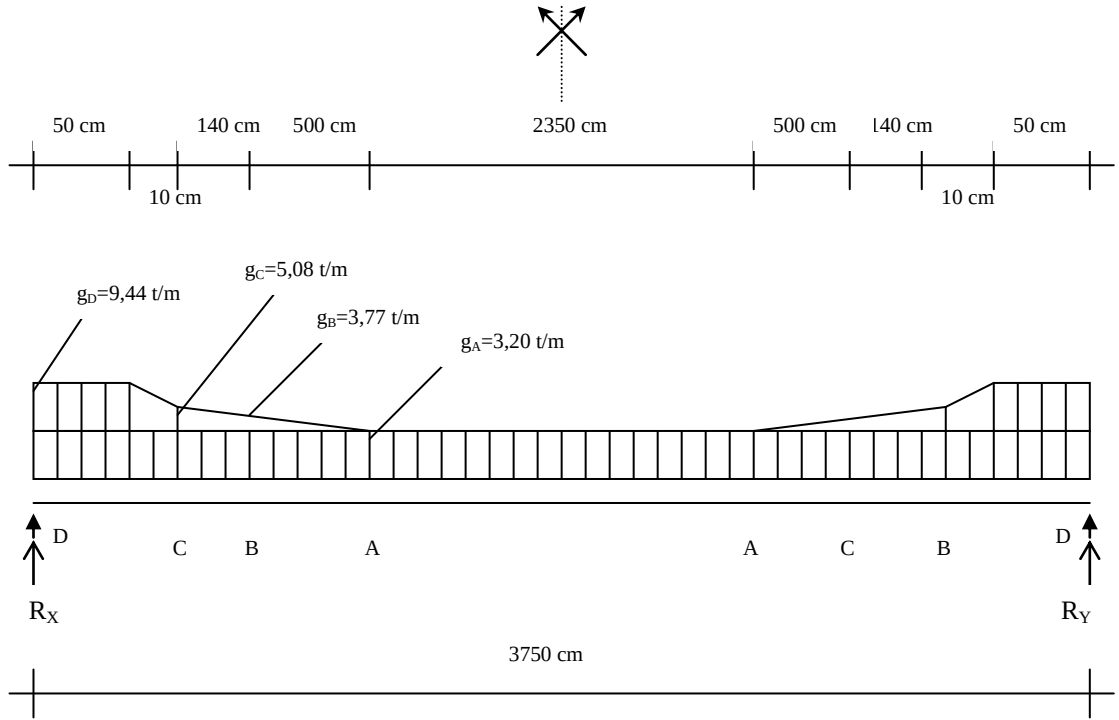
KESİTLER	V (t)	M (tm)
Açıklık Ortasında (L/2=1825 cm.)	0,00	537,41
L/4 Kesitinde (L/4=912,5 cm.)	29,20	403,60
A-A Kesitinde	37,60	316,51
B-B Kesitinde	55,03	86,13
Mesnetten 50φ uzakta (50φ=76 cm.)	58,07	44,31
C-C Kesitinde	61,22	4,97

$$L/2=3650/2=1825 \text{ cm.}$$

$$L/4=3650/4=912,50 \text{ cm.}$$

$$50\phi=50*0,6''=30''\cong 76 \text{ cm.}$$

4.2.2 Taşıma Esnasında Oluşan Kesit Tesirleri



Şekil 4.2 Prefabrike kirişin taşınması esnasında oluşan yükler

$$R_X = R_Y = 66,67 \text{ t}$$

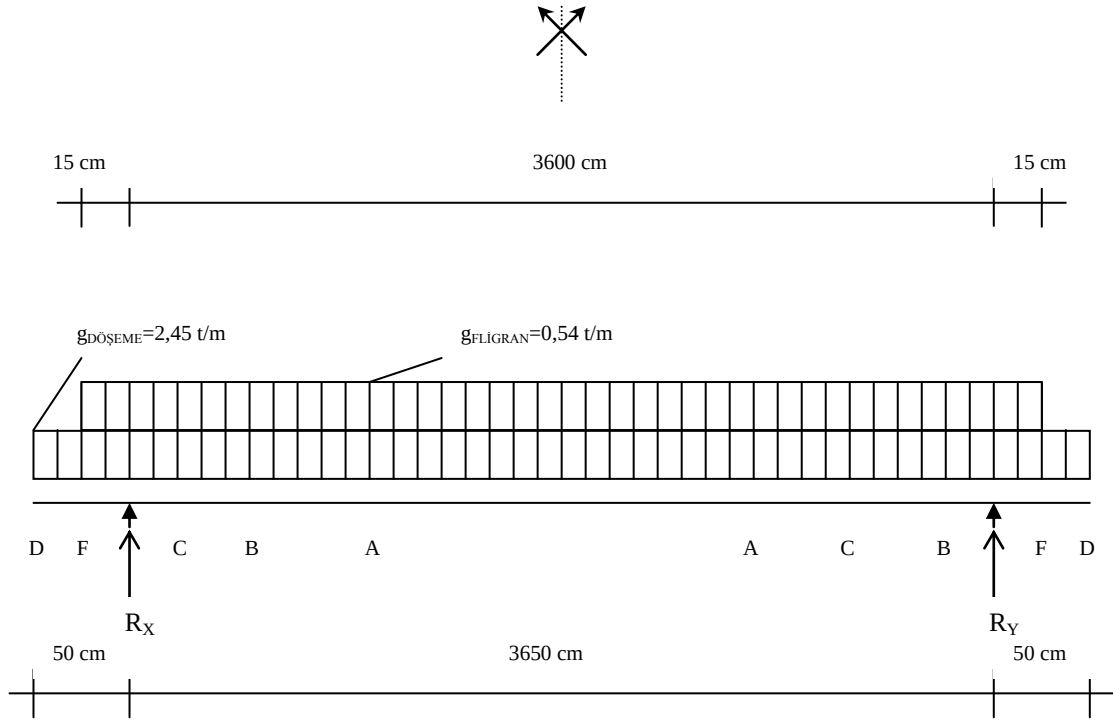
Tablo 4.2 Taşınma esnasında prefabrike kirişte oluşan kesit tesirleri

KESİTLER	V (t)	M (tm)
Açıklık Ortasında ($L/2=1825 \text{ cm.}$)	0,00	570,74
L/4 Kesitinde ($L/4=912,5 \text{ cm.}$)	29,20	436,94
A-A Kesitinde	37,60	349,84
B-B Kesitinde	55,03	119,47
Mesnetten 50φ uzakta (50φ=76 cm.)	58,07	77,64
C-C Kesitinde	61,22	38,31
D-D Kesitinde	66,67	0,00

4.2.3 Yerinde Dökme Döşeme Ve Fligran Yükünden Oluşan Kesit Tesirleri

Döşeme Ağırlığı: $g_{DÖŞEME}=0,25*3,92*2,5=2,45$ t/m

Fligran Ağırlığı: $g_{FLİGRAN}=0,10*2,14*2,5=0,54$ t/m



Şekil 4.3 Tabliye ve fligran yükleri

$$R_X=R_Y=55,87 \text{ t}$$

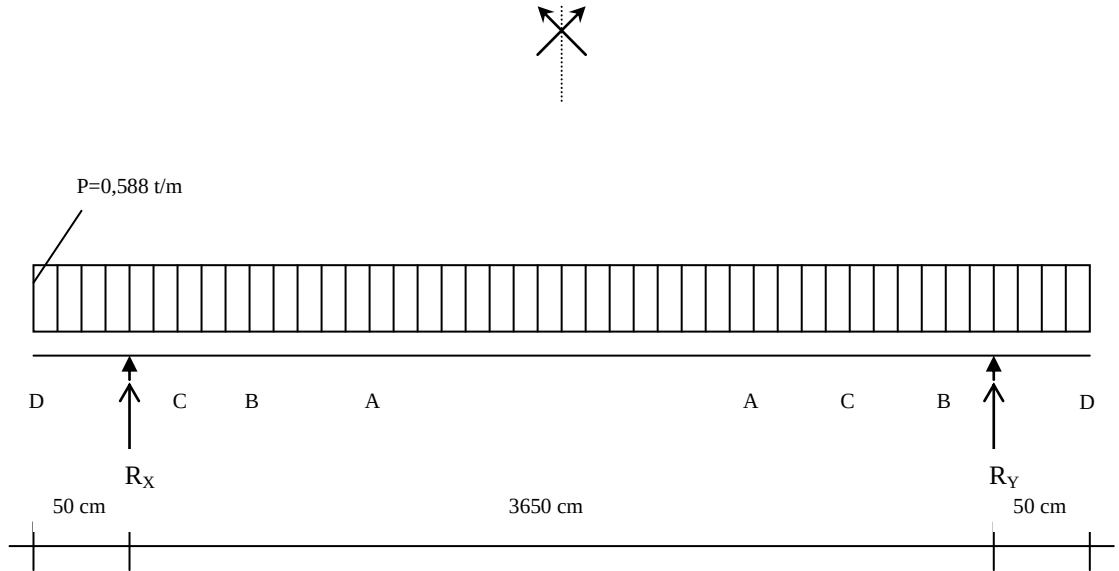
Tablo 4.3 Yerinde dökme tabliyeden dolayı prefabrike kirişte oluşan kesit tesirleri

KESİTLER	V (t)	M (tm)
Açıklık Ortasında (L/2=1825 cm.)	0,00	497,62
L/4 Kesitinde (L/4=912,5 cm.)	27,28	372,59
A-A Kesitinde	35,13	291,21
B-B Kesitinde	50,08	78,18
Mesnetten 50φ uzakta (50φ=76 cm.)	52,30	40,29
C-C Kesitinde	54,27	5,13
F-F Kesitinde	0,86	0,15

4.2.4 Montaj Esnasındaki Hareketli Yüklerden Oluşan Kesit Tesirleri

$$p=0,15 \text{ t/m}$$

$$P=0,15 \cdot 3,92=0,588 \text{ t/m}$$



Şekil 4.4 Montaj esnasında oluşan yükler

$$R_X=R_Y=11,03 \text{ t}$$

Tablo 4.4 Montaj esnasında prefabrike kirişte oluşan kesit tesirleri

KESİTLER	V (t)	M (tm)
Açıklık Ortasında (L/2=1825 cm.)	0,00	97,85
L/4 Kesitinde (L/4=912,5 cm.)	5,37	73,26
A-A Kesitinde	6,91	57,26
B-B Kesitinde	9,85	15,36
Mesnetten 50φ uzakta (50φ=76 cm.)	10,28	7,91
C-C Kesitinde	10,67	1,00

4.3 Öngerilme Durumunda Emniyet Gerilmeleri

$$\text{İlk gerilme: } 0,75 \cdot f_s' = 0,75 \cdot 17240 = 12930 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{A.A.S.H.T.O 9.15.1}) \quad (4.1)$$

Beton dökümü ve prizden sonra başlangıç gerilmesi: $0,69 \cdot f_s' = 11896 \text{ kg/cm}^2$

- Kutu Kesitli Prefabrike Kirişte (BS40):

$$f_c' = 400 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Betonun silindir dayanımı})$$

$$f_{ci}' = 0,7 \cdot 400 = 280 \text{ kg/cm}^2$$

- Yerinde Dökme Tabliyede (BS25):

$$f_c' = 250 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Betonun silindir dayanımı})$$

$$f_{ci}' = 0,7 \cdot 250 = 175 \text{ kg/cm}^2$$

4.3.1 Çekme Durumuna Ait Beton Emniyet Gerilmeleri (A.A.S.H.T.O 9.15.2)

- Kutu Kesitli Prefabrike Kirişte

- a. Öngerilme Kaybından Önce:

Öngerme Bölgesinde:

$$0,498 \cdot \sqrt{f_{ci}'} = 0,498 \cdot \sqrt{28} = 2,64 \text{ MN/m}^2 = 26,4 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.2)$$

Diğer Bölgelerde:

$$0,623 \cdot \sqrt{f_{ci}'} = 0,623 \cdot \sqrt{28} = 3,30 \text{ MN/m}^2 = 33,0 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.3)$$

- b. Öngerilme Kaybından Sonra:

Öngerme Bölgesinde:

$$0,498 \cdot \sqrt{f_c'} = 0,498 \cdot \sqrt{40} = 3,15 \text{ MN/m}^2 = 31,5 \text{ kg/cm}^2$$

Diğer Bölgelerde:

$$0,623 \cdot \sqrt{f_c'} = 0,623 \cdot \sqrt{40} = 3,94 \text{ MN/m}^2 = 39,4 \text{ kg/cm}^2$$

- Yerinde Dökme Tabliyede

- a. Öngerilme Kaybından Önce:

$$0,623 \cdot \sqrt{f_{ci}'} = 0,623 \cdot \sqrt{17,5} = 2,61 \text{ MN/m}^2 = 26,1 \text{ kg/cm}^2$$

- b. Öngerilme Kaybından Sonra:

$$0,623 \cdot \sqrt{f_c'} = 0,623 \cdot \sqrt{25} = 3,12 \text{ MN/m}^2 = 31,2 \text{ kg/cm}^2$$

4.3.2 Basınç Durumuna Ait Beton Emniyet Gerilmeleri

- Kutu Kesitli Prefabrike Kirişte

a. Öngerilme Kaybından Önce:

$$0,6 \cdot f_{ci}' = 0,6 \cdot 28 = 16,8 \text{ MN/m}^2 = 168 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.4)$$

b. Öngerme Kaybından Sonra:

$$0,4 \cdot f_c' = 0,4 \cdot 40 = 16 \text{ MN/m}^2 = 160 \text{ kg/cm}^2 \quad (4.5)$$

- Yerinde Dökme Tabliyede

a. Öngerilme Kaybından Önce:

$$0,6 \cdot f_{ci}' = 0,6 \cdot 17,5 = 10,5 \text{ MN/m}^2 = 105 \text{ kg/cm}^2$$

b. Öngerme Kaybından Sonra:

$$0,4 \cdot f_c' = 0,4 \cdot 25 = 10 \text{ MN/m}^2 = 100 \text{ kg/cm}^2$$

4.4 Öngerilme Kablolarının Seçimi

Öngerilme kabloları, kopma dayanımı $= 1724 \text{ MN/m}^2 = 17240 \text{ kg/cm}^2$ olan düşük gevşemeli çeliklerden oluşmaktadır. (250 sınıfı)

- Gövde ve alt başlıkta 84 adet 5 mm. çaplı 7 adet telden oluşan 0,6'' (15,24 mm.) kablolar kullanılacaktır. Herbirine 18 ton öngerme kuvveti uygulanacaktır.

$$1 \text{ adet } \phi 5 \text{ için Alan} = 19,635 \text{ mm}^2$$

$$7 \text{ adet } \phi 5 \text{ için Alan} = 7 \cdot 19,635 = 137,445 \text{ mm}^2 = 137,445 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{Kablo Çapı} = 15,24 \text{ mm.}$$

- Üst başlıkta 3 mm. çaplı 3 adet telden oluşan (6,5 mm. çaplı) $2 \cdot 2 = 4$ adet kablo kullanılacaktır.

$$1 \text{ adet } \phi 3 \text{ için Alan} = 7,069 \text{ mm}^2$$

$$3 \text{ adet } \phi 3 \text{ için Alan} = 3 \cdot 7,069 = 21,206 \text{ mm}^2 = 21,206 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\text{Kablo Çapı} = 6,5 \text{ mm.}$$

4.5 Prefabrike Kirişin Açıklık Ortasında (A-A Kesitinde) Öngerilme Hesapları

$$\Sigma \text{öngerilme donatısı alanı} = A_{s\bar{o}} = (84 * 137,445 + \frac{1}{2} * 2 * 2 * 21,206) * 10^{-6} = 115,878 \text{ cm}^2$$

$$d' = \frac{(32 * 1,37445 * 36 + 52 * 1,37445 * 9 + \frac{1}{2} * 2 * 2 * 0,21206 * 195)}{115,878} = 19,93 \text{ cm.}$$

d': Öngerilme donatısının ağırlık merkezi

4.5.1 Eksantrisite Ve Öngerilme Kuvvetinin Hesabı

$$e_0 = Y_G - d' = 88,83 - 19,93 = 68,90 \text{ cm.}$$

Y_G : A-A kesitinin ağırlık merkezi

e_0 : Prefabrike kirişteki eksantrisite

$$e_{\infty} = Y_{Gk} - d' = 138,57 - 19,93 = 118,64 \text{ cm.}$$

Y_{Gk} : A-A kompozit kesitinin ağırlık merkezi

e_{∞} : Kompozit çalışan kirişteki eksantrisite

$$P_0 = 0,70 * f_s' * A_{s\bar{o}} = 0,70 * 1724 * 115,878 * 10^{-4} = 13,984 \text{ MN} \quad (4.6)$$

P_0 : Kayıplardan önce ilk toplam öngerilme kuvveti

4.5.2 Öngerilme Kayıplarının Hesaplanması

- Rötire Kaybı

$$RH = \%60$$

RH: Yıllık rölatif nem

$$SH = 117,21 - 1,034 * RH \quad (A.A.S.H.T.O.92 9-4) \quad (4.7)$$

$$SH = 117,21 - 1,034 * 60 = 55,17 \text{ MN/m}^2$$

SH: Rötire Kaybı

- **Elastik Boy Kısalması Kaybı**

$$ES = \frac{E_s}{E_{ci}} * f_{C_{ir}} \quad (A.A.S.H.T.O.92 9-6) \quad (4.8)$$

ES: Elastik boy kısalması kaybı

$$E_s = 193000 \text{ MN/m}^2 \quad (28 * 10^6 \text{ psi})$$

E_s : Öngerilme çeliğinin elastisite modülü

$$E_{ci} = 0,0428 * w^{3/2} * \sqrt{f_{ci}} \quad (A.A.S.H.T.O.92 9-8) \quad (4.9)$$

$$E_{ci} = 0,0428 * 2500^{3/2} * \sqrt{28} = 28310 \text{ MN/m}^2$$

E_{ci} : Gerilmenin transferi esnasında betonun elastisite modülü

w: Betonun birim ağırlığı

$f_{C_{ir}}$: Kirişin zati yükü altında kablo ağırlık merkezi hizasında oluşan gerilme

$$f_{C_{ir}} = \frac{P_0}{A_0} + \frac{P_0 * e_0^2}{I_p} - \frac{M_d * e_0}{I_p} \quad (4.10)$$

$$f_{C_{ir}} = \frac{13,984}{1,2783} + \frac{13,984 * 0,6890^2}{0,6695} - \frac{5,3741 * 0,6890}{0,6695} = 15,325 \text{ MN/m}^2$$

M_d : Kiriş zati yükünden oluşan moment

A_0 : A-A kesitinin alanı

I_0 : A-A kesitinin atalet momenti

$$ES = \frac{193000}{28310} * 15,325 = 87,41 \text{ MN/m}^2$$

- **Betonun Sünmesi Nedeniyle Oluşan Kayıp**

$$CR_c = 12 * f_{C_{ir}} - 7 * f_{cds} \quad (4.11)$$

f_{cds} : Kiriş zati yükü+yerinde dökme tabliye zati yükü+ilave daimi yük nedeniyle betonda oluşan kablo hizasındaki gerilme

$$f_{cds} = \frac{P_{\infty}}{A_{pc}} + \frac{P_{\infty} * e_{\infty}^2}{I_{pc}} - \frac{M_g * e_{\infty}}{I_{pc}} \quad (4.12)$$

$$P_{\infty} = A s_{\infty} * f_{se}$$

$$f_{se} = 0,7 * 1724 * (1 - 0,2) = 965 \text{ MN/m}^2$$

f_{se} : Kayıplardan sonraki gerilme ($\cong$ %20 kayıp ile 950 MN/m² kabul edilmiştir)

$$P_{\infty} = 115,878 * 950 * 10^{-4} = 11,0084 \text{ MN}$$

$$f_{cds} = \frac{P_{\infty}}{A_{pc}} + \frac{P_{\infty} * e_{\infty}^2}{I_{pc}} - \frac{M_g * e_{\infty}}{I_{pc}}$$

$$M_g = 537,41 + 497,62 + 155,76 = 1190,79 \text{ tm} = 11,9079 \text{ MNm}$$

$$f_{cds} = \frac{11,0084}{2,1380} + \frac{11,0084 * 1,1864^2}{1,4603} - \frac{11,9079 * 1,1864}{1,4603} = 6,085 \text{ MN/m}^2$$

M_g : Kiriş zati yükü+yerinde dökme tabliye zati yükü+ilave daimi yük nedeniyle oluşan moment

A_{pc} : A-A kompozit kesitinin alanı

I_{pc} : A-A kompozit kesitinin atalet momenti

$$CR_c = 12 * 15,325 - 7 * 6,085 = 141,31 \text{ MN/m}^2$$

• **Çeliğin Rölaksasyonu (Gevşemesi) Nedeniyle Oluşan Kayıp**

$$CR_s = 34,47 - 0,1 * ES - 0,05 * (SH + CR_c) \quad (A.A.S.H.T.O.92 9-10A) \quad (4.13)$$

$$CR_s = 34,47 - 0,1 * 87,41 - 0,05 * (55,17 + 141,31) = 15,91 \text{ MN/m}^2$$

CR_s : Çeliğin rölaksasyonundan meydana gelen kayıp

Toplam Öngerme Kaybı

$$\Delta f_s = SH + ES + CR_c + CR_s \quad (4.14)$$

$$\Delta f_s = 55,17 + 87,41 + 141,31 + 15,91$$

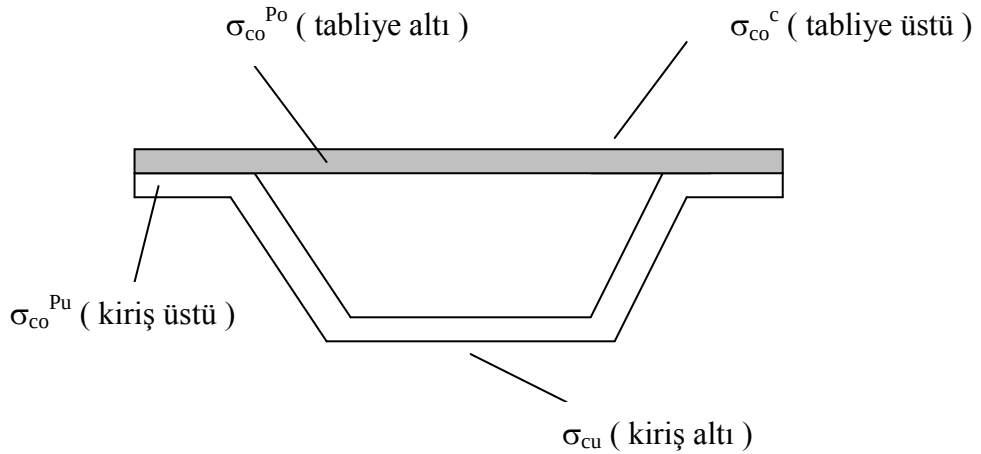
$$\Delta f_s = 299,80 \text{ MN/m}^2 \approx 300 \text{ MN/m}^2$$

Öngerme Kablosundaki Nihai Gerilme

$$\text{Nihai gerilme} = \sigma_N = 1293 - 300 = 993 \text{ MN/m}^2$$

4.5.3 Gerilme Tahkikleri

Gerilme tahkikleri yapılırken, imalat fazında ve yerinde dökme tabliyenin dökümü esnasında (beton yaşken) yüklerin prefabrike kiriş tarafından taşındığı; ilave daimi yüklerin (asfalt, korkuluk yükleri vs.) ve hareketli yüklerin kompozit kesit (prefabrike kiriş+yerinde dökme tabliye) tarafından taşındığı gözününe alınmıştır. Bu nedenle prefabrike kirişin ve yerinde dökme tabliyenin alt ve üst tarafındaki gerilmeler bulunarak süperpoze edilmiştir. Gerilme tahkikinde basınç gerilmesi (+), çekme gerilmesi (-) işaretle gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Prefabrike kiriş ve kompozit kirişte oluşan gerilmeler

4.5.3.1 İmalat Fazı

Kiriş zati ağırlığı+P₀ yükleri söz konusudur. A-A kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{P_0}{A_0} - \frac{P_0 * e_0}{I_p} * (h - Y_G) + \frac{M}{I_p} * (h - Y_G) \quad (4.15)$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{13,984}{1,2783} - \frac{13,984 * 0,6890}{0,6695} * 1,1117 + \frac{5,3741}{0,6695} * 1,1117$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 3,864 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = \frac{P_0}{A_0} + \frac{P_0 * e_0}{I_p} * Y_G - \frac{M}{I_p} * Y_G \quad (4.16)$$

$$\sigma_{cu} = \frac{13,984}{1,2783} + \frac{13,984 * 0,6890}{0,6695} * 0,8883 - \frac{5,3741}{0,6695} * 0,8883$$

$$\sigma_{cu} = 16,593 \text{ MN/m}^2 < 16,80 \text{ MN/m}^2$$

4.5.3.2 Yerinde Dökme Tabliyeden Meydana Gelen Gerilmeler

Yerinde dökme tabliyenin ağırlığından dolayı kiriş üzerinde oluşan moment söz konusudur. A-A kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{M}{I_p} * (h - Y_G) \quad (4.17)$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{4,9762}{0,6695} * 1,1117$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 8,263 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = - \frac{M}{I_p} * Y_G \quad (4.18)$$

$$\sigma_{cu} = - \frac{4,9762}{0,6695} * 0,8883$$

$$\sigma_{cu} = -6,602 \text{ MN/m}^2$$

4.5.3.3 Montaj Esnasındaki Hareketli Yükten Kaynaklanan Gerilmeler

Montaj esnasındaki hareketli yükün kiriş üzerinde oluşturduğu moment söz konusudur. A-A kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{M}{I_p} * (h - Y_G)$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{0,9785}{0,6695} * 1,1117$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 1,625 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = -\frac{M}{I_p} * Y_G$$

$$\sigma_{cu} = -\frac{0,9785}{0,6695} * 0,8883$$

$$\sigma_{cu} = -1,298 \text{ MN/m}^2$$

4.5.3.4 İlave Daimi Yükten Oluşan Gerilmeler

İlave daimi yüklerin (Asfalt yükleri, korkuluk yükleri vs.) kiriş üzerinde oluşturduğu moment söz konusudur. A-A kompozit kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\text{Modüler oran} = b_1 = \frac{E_{c,25}}{E_{c,40}} = \frac{30300}{34500} = 0,878$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = M * \frac{[(h - Y_{Gk}) - t]}{I_{pc}} \quad (4.19)$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 1,5576 * \frac{[0,8643 - 0,25]}{1,4603}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 0,655 \text{ MN/m}^2$$

t: yerinde dökme tabliye kalınlığı

$$\sigma_{co}^{Po} = b_1 * \sigma_{co}^{Pu} \quad (4.20)$$

$$\sigma_{co}^{Po} = 0,878 * 0,655 = 0,575 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = - M * \frac{Y_{Gk}}{I_{pc}} \quad (4.21)$$

$$\sigma_{cu} = -1,5576 * \frac{1,3857}{1,4603}$$

$$\sigma_{cu} = -1,478 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^c = M * \frac{(h - Y_{Gk})}{I_{pc}} * b_1 \quad (4.22)$$

$$\sigma_{co}^c = 1,5576 * \frac{0,8643}{1,4603} * 0,878$$

$$\sigma_{co}^c = 0,809 \text{ MN/m}^2$$

4.5.3.5 Hareketli Yükten Meydana Gelen Gerilmeler

Hareketli yükün kiriş üzerinde oluşturduğu moment söz konusudur. A-A kompozit kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$M = \varphi * M_q = 1,204 * 594,82 = 716,16 \text{ tm} = 7,1616 \text{ MNm}$$

φ :Dinamik etki katsayısı

M_q :Hareketli yükten oluşan moment

$$\text{Modüler oran} = b_1 = \frac{E_{c,25}}{E_{c,40}} = \frac{30300}{34500} = 0,878$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = M * \frac{[(h - Y_{Gk}) - t]}{I_{pc}}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 7,1616 * \frac{[0,8643 - 0,25]}{1,4603}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 3,013 \text{ MN/m}^2$$

t: yerinde dökme tabliye kalınlığı

$$\sigma_{co}^{Po} = b_1 * \sigma_{co}^{Pu}$$

$$\sigma_{co}^{Po} = 0,878 * 3,013 = 2,645 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = - M * \frac{Y_{Gk}}{I_{pc}}$$

$$\sigma_{cu} = - 7,1616 * \frac{1,3857}{1,4603}$$

$$\sigma_{cu} = -6,796 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^c = M * \frac{(h - Y_{Gk})}{I_{pc}} * b_1$$

$$\sigma_{co}^c = 7,1616 * \frac{0,8643}{1,4603} * 0,878$$

$$\sigma_{co}^c = 3,722 \text{ MN/m}^2$$

4.5.3.6 Zamana Bağlı Öngerme Kaybı

$$\Delta f_{sd}(t) = \Delta f_{sd} * f(t) \quad (4.23)$$

$$f(t) = \frac{t}{t + 9 * r_m} \quad (4.24)$$

r_m : Eleman etkili yarıçapı

$$r_m = \frac{\text{Kesit Alanı}}{A - A \text{ kesiti Çevresi}} = \frac{1,2783}{14,19} = 0,09 \text{ m} = 9 \text{ cm} \quad (4.25)$$

$$\Delta f_{sd}(t) = (SH + CR_c + CR_s) * \frac{t}{t + 9 * r_m} \quad (4.26)$$

$$\text{Toplam kayıp} = \Delta f_{sd}(t) + ES \quad (4.27)$$

a. t=7 gün

$$\Delta f_{sd}(7) = (55,17 + 141,31 + 15,91) * \frac{7}{7 + 9 * 9} = 16,895 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Toplam kayıp} = 16,895 + 87,41 = 104,305 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{se} = 1293 - 104,305 = 1188,695 \text{ MN/m}^2$$

$$P_{0a} = 115,878 * 10^{-4} * 1188,695 = 13,774 \text{ MN}$$

b. t=30 gün

$$\Delta f_{sd}(30) = (55,17 + 141,31 + 15,91) * \frac{30}{30 + 9 * 9} = 57,403 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Toplam kayıp} = 57,403 + 87,41 = 144,813 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{se} = 1293 - 144,813 = 1148,187 \text{ MN/m}^2$$

$$P_{0b} = 115,878 * 10^{-4} * 1148,187 = 13,305 \text{ MN}$$

c. t=70 gün

$$\Delta f_{sd}(70) = (55,17 + 141,31 + 15,91) * \frac{70}{70 + 9 * 9} = 98,459 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Toplam kayıp} = 98,459 + 87,41 = 185,869 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{se} = 1293 - 185,869 = 1107,131 \text{ MN/m}^2$$

$$P_{0c} = 115,878 * 10^{-4} * 1107,131 = 12,829 \text{ MN}$$

4.5.3.7 Kompozit Kesitte Öngerilme Kaybı Sonrası Gerilmeler

$$\Delta P = A_{s\ddot{o}} * (\sigma_0 - \sigma_N) \quad (4.28)$$

$$\Delta P = 115,878 * 10^{-4} * (0,7 * 1724 - 993) = 2,477 \text{ MN}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{\Delta P}{A_{pc}} - \frac{\Delta P * e_{\infty}}{I_{pc}} * [(h - Y_{Gk}) - t]$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{2,477}{2,1380} - \frac{2,477 * 1,1864}{1,4603} * [0,8643 - 0,25]$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = -0,078 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^{Po} = b_1 * \sigma_{co}^{Pu}$$

$$\sigma_{co}^{Po} = -0,878 * 0,078 = -0,068 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = \frac{\Delta P}{A_{pc}} + \frac{\Delta P * e_{\infty}}{I_{pc}} * Y_{Gk}$$

$$\sigma_{cu} = \frac{2,477}{2,1380} + \frac{2,477 * 1,1864}{1,4603} * 1,3857$$

$$\sigma_{cu} = 3,947 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^c = \left[\frac{\Delta P}{A_{pc}} - \frac{\Delta P * e_{\infty}}{I_{pc}} * (h - Y_{Gk}) \right] * b_1$$

$$\sigma_{co}^c = \left[\frac{2,477}{2,1380} - \frac{2,477 * 1,1864}{1,4603} * 0,8643 \right] * 0,878$$

$$\sigma_{co}^c = -0,510 \text{ MN/m}^2$$

4.5.4 Gerilme Kombinasyonları

a. İmalat Safhası (kiriş zati ağırlığı+P₀):

$$\sigma_{co}^{Pu}=3,864 \text{ MN/m}^2 \quad -3,30 < 3,864 < 16,80 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu}=16,593 \text{ MN/m}^2 \quad -2,64 < 16,593 < 16,80 \quad \checkmark$$

b. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İnşaat sırasındaki hareketli yükler:

$$\sigma_{co}^{Pu}=3,864+8,263+1,625=13,752 \text{ MN/m}^2 \quad > -3,30 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu}=16,593-6,602-1,298=8,693 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,64 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

c. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler:

(Kompozit Kesitte)

$$\sigma_{co}^c=0,809 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Po}=0,575 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Pu}=3,864+8,263+0,655=12,782 \text{ MN/m}^2 \quad > -3,30 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu}=16,593-6,602-1,478=8,513 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,64 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

d. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler+Hareketli yükler: (Kompozit Kesitte)

$$\sigma_{co}^c=0,809+3,722=4,531 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Po}=0,575+2,645=3,220 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Pu}=12,782+3,013=15,795 \text{ MN/m}^2 \quad > -3,30 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu}=8,513-6,796=1,717 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,64 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

e. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler+Öngerilme kaybı: (Kompozit Kesitte)

$$\begin{aligned}\sigma_{co}^c &= 0,809 + 0,510 = 1,319 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Po} &= 0,575 + 0,068 = 0,643 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Pu} &= 12,782 + 0,078 = 12,860 \text{ MN/m}^2 &> -3,94 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{cu} &= 8,513 - 3,947 = 4,566 \text{ MN/m}^2 &> -3,15 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark\end{aligned}$$

f. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler+Hareketli yük+Öngerilme kaybı: (Kompozit Kesitte Nihai Durum)

$$\begin{aligned}\sigma_{co}^c &= 1,319 + 3,722 = 5,041 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Po} &= 0,643 + 2,645 = 3,288 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Pu} &= 12,860 + 3,013 = 15,873 \text{ MN/m}^2 &> -3,94 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{cu} &= 4,566 - 6,796 = -2,230 \text{ MN/m}^2 &> -3,15 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark\end{aligned}$$

4.6 Prefabrike Kirişte Mesnetten L/4 (9,125 m.) Uzakta (A-A Kesitinde)

Yapılan Öngerilme Hesapları

Alt sıradaki öngerilme donatılarından 8 tanesine (simetrik olarak altlı üstlü) kılıflama (debounding) yapılacaktır.

$$\Sigma \text{öngerilme donatısı alanı} = A_{s0} = [(84-8) * 137,445 + \frac{1}{2} * 2 * 2 * 21,206] * 10^{-6} = 104,882 \text{ cm}^2$$

$$d' = \frac{\left[32 * 1,37445 * 36 + (52 - 8) * 1,37445 * 9 + \frac{1}{2} * 2 * 2 * 0,21206 * 195 \right]}{104,882} = 21,07 \text{ cm.}$$

d': Öngerilme donatısının ağırlık merkezi

4.6.1 Eksantrisite Ve Öngerilme Kuvvetinin Hesabı

$$e_0 = Y_G - d' = 88,83 - 21,07 = 67,76 \text{ cm.}$$

Y_G : A-A kesitinin ağırlık merkezi

e_0 : Prefabrike kirişteki eksantrisite

$$e_{\infty} = Y_{Gk} - d' = 138,57 - 21,07 = 117,50 \text{ cm.}$$

Y_{Gk} : A-A kompozit kesitinin ağırlık merkezi

e_{∞} : Kompozit çalışan kirişteki eksantrisite

$$P_0 = 0,70 * f_s' * A_{s0} = 0,70 * 1724 * 104,882 * 10^{-4} = 12,657 \text{ MN}$$

P_0 : Kayıplardan önce ilk toplam öngerilme kuvveti

4.6.2 Öngerilme Kayıplarının Hesaplanması

- Rötire Kaybı

$$RH = \%60$$

RH: Yıllık rölatif nem

$$SH = 117,21 - 1,034 * RH \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9-4})$$

$$SH=117,21-1,034*60=55,17 \text{ MN/m}^2$$

SH: Rötire Kaybı

- **Elastik Boy Kısılması Kaybı**

$$ES = \frac{E_s}{E_{ci}} * f_{ci} \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9-6})$$

ES: Elastik boy kısılması kaybı

$$E_s = 193000 \text{ MN/m}^2 \quad (28*10^6 \text{ psi})$$

E_s : Öngerilme çeliğinin elastisite modülü

$$E_{ci} = 0,0428 * w^{3/2} * \sqrt{f_{ci}} \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9-8})$$

$$E_{ci} = 0,0428 * 2500^{3/2} * \sqrt{28} = 28310 \text{ MN/m}^2$$

E_{ci} : Gerilmenin transferi esnasında betonun elastisite modülü

w: Betonun birim ağırlığı

f_{ci} : Kirişin zati yükü altında kablo ağırlık merkezi hizasında oluşan gerilme

$$f_{ci} = \frac{P_0}{A_0} + \frac{P_0 * e_0^2}{I_p} - \frac{M_d * e_0}{I_p}$$

$$f_{ci} = \frac{12,657}{1,2783} + \frac{12,657 * 0,6776^2}{0,6695} - \frac{4,036 * 0,6776}{0,6695} = 14,497 \text{ MN/m}^2$$

M_d : Kiriş zati yükünden oluşan moment

A_0 : A-A kesitinin alanı

I_0 : A-A kesitinin atalet momenti

$$ES = \frac{193000}{28310} * 14,497 = 82,691 \text{ MN/m}^2$$

- **Betonun Sünmesi Nedeniyle Oluşan Kayıp**

$$CR_c = 12 * f_{ci} - 7 * f_{cds}$$

f_{cds} : Kiriş zati yükü+yerinde dökme tabliye zati yükü+ilave daimi yük nedeniyle betonda oluşan kablo hizasındaki gerilme

$$f_{cds} = \frac{P_{\infty}}{A_{pc}} + \frac{P_{\infty} * e_{\infty}^2}{I_{pc}} - \frac{M_g * e_{\infty}}{I_{pc}}$$

$$P_{\infty} = A_s \cdot f_{se}$$

$$f_{se} = 0,7 * 1724 * (1 - 0,2) = 965 \text{ MN/m}^2$$

f_{se} : Kayıplardan sonraki gerilme ($\cong$ %20 kayıp ile 950 MN/m² kabul edilmiştir)

$$P_{\infty} = 104,882 * 950 * 10^{-4} = 9,9638 \text{ MN}$$

$$f_{cds} = \frac{P_{\infty}}{A_{pc}} + \frac{P_{\infty} * e_{\infty}^2}{I_{pc}} - \frac{M_g * e_{\infty}}{I_{pc}}$$

$$M_g = 403,60 + 372,59 + 113,79 = 889,980 \text{ tm} = 8,8998 \text{ MNm}$$

$$f_{cds} = \frac{9,9638}{2,1380} + \frac{9,9638 * 1,1750^2}{1,4603} - \frac{8,8998 * 1,1750}{1,4603} = 6,919 \text{ MN/m}^2$$

M_g : Kiriş zati yükü+yerinde dökme tabliye zati yükü+ilave daimi yük nedeniyle oluşan moment

A_{pc} : A-A kompozit kesitinin alanı

I_{pc} : A-A kompozit kesitinin atalet momenti

$$CR_c = 12 * 14,497 - 7 * 6,919 = 125,531 \text{ MN/m}^2$$

- **Çeliğin Rölaksasyonu (Gevşemesi) Nedeniyle Oluşan Kayıp**

$$CR_s = 34,47 - 0,1 * ES - 0,05 * (SH + CR_c) \quad (A.A.S.H.T.O.92 9-10A)$$

$$CR_s = 34,47 - 0,1 * 82,69 - 0,05 * (55,17 + 125,531) = 17,166 \text{ MN/m}^2$$

CR_s: Çeliğin rölaksasyonundan meydana gelen kayıp

Toplam Öngerme Kaybı

$$\Delta f_s = SH + ES + CR_c + CR_s$$

$$\Delta f_s = 55,17 + 82,69 + 125,53 + 17,17$$

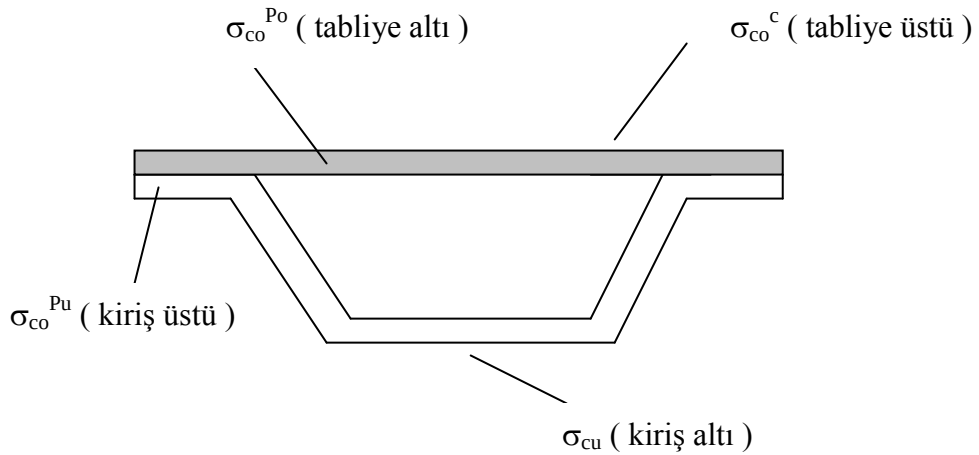
$$\Delta f_s = 280,56 \text{ MN/m}^2 \cong 281 \text{ MN/m}^2$$

Öngerme Kablosundaki Nihai Gerilme

$$\text{Nihai gerilme} = \sigma_N = 1293 - 281 = 1012 \text{ MN/m}^2$$

4.6.3 Gerilme Tahkikleri

Gerilme tahkikleri yapılırken, imalat fazında ve yerinde dökme tabliyenin dökümü esnasında (beton yaşıken) yüklerin prefabrike kiriş tarafından taşındığı; ilave daimi yüklerin (asfalt, korkuluk yükleri vs.) ve hareketli yüklerin kompozit kesit (prefabrike kiriş+yerinde dökme tabliye) tarafından taşındığı gözününe alınmıştır. Bu nedenle prefabrike kirişin ve yerinde dökme tabliyenin alt ve üst tarafındaki gerilmeler bulunarak süperpoze edilmiştir.



4.6.3.1 İmalat Fazı

Kiriş zati ağırlığı+P₀ yükleri söz konusudur. A-A kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{P_0}{A_0} - \frac{P_0 * e_0}{I_p} * (h - Y_G) + \frac{M}{I_p} * (h - Y_G)$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{12,657}{1,2783} - \frac{12,657 * 0,6776}{0,6695} * 1,1117 + \frac{4,0360}{0,6695} * 1,1117$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 2,362 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = \frac{P_0}{A_0} + \frac{P_0 * e_0}{I_p} * Y_G - \frac{M}{I_p} * Y_G$$

$$\sigma_{cu} = \frac{12,657}{1,2783} + \frac{12,657 * 0,6776}{0,6695} * 0,8883 - \frac{4,0360}{0,6695} * 0,8883$$

$$\sigma_{cu} = 15,926 \text{ MN/m}^2 < 16,80 \text{ MN/m}^2$$

4.6.3.2 Yerinde Dökme Tabliyeden Meydana Gelen Gerilmeler

Yerinde dökme tabliyenin ağırlığından dolayı kiriş üzerinde oluşan moment söz konusudur. A-A kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{M}{I_p} * (h - Y_G)$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{3,7259}{0,6695} * 1,1117$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 6,187 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = - \frac{M}{I_p} * Y_G$$

$$\sigma_{cu} = - \frac{3,7259}{0,6695} * 0,8883$$

$$\sigma_{cu} = -4,944 \text{ MN/m}^2$$

4.6.3.3 Montaj Esnasındaki Hareketli Yükten Kaynaklanan Gerilmeler

Montaj esnasındaki hareketli yükün kiriş üzerinde oluşturduğu moment söz konusudur. A-A kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{M}{I_p} * (h - Y_G)$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{0,7326}{0,6695} * 1,1117$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 1,217 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = -\frac{M}{I_p} * Y_G$$

$$\sigma_{cu} = -\frac{0,7326}{0,6695} * 0,8883$$

$$\sigma_{cu} = -0,972 \text{ MN/m}^2$$

4.6.3.4 İlave Daimi Yükten Oluşan Gerilmeler

İlave daimi yüklerin (Asfalt yükleri, korkuluk yükleri vs.) kiriş üzerinde oluşturduğu moment söz konusudur. A-A kompozit kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\text{Modüler oran} = b_1 = \frac{E_{c,25}}{E_{c,40}} = \frac{30300}{34500} = 0,878$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = M * \frac{[(h - Y_{Gk}) - t]}{I_{pc}}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 1,1379 * \frac{[0,8643 - 0,25]}{1,4603}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 0,479 \text{ MN/m}^2$$

t: yerinde dökme tabliye kalınlığı

$$\sigma_{co}^{Po} = b_1 * \sigma_{co}^{Pu}$$

$$\sigma_{co}^{Po} = 0,878 * 0,479 = 0,421 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = - M * \frac{Y_{Gk}}{I_{pc}}$$

$$\sigma_{cu} = - 1,1379 * \frac{1,3857}{1,4603}$$

$$\sigma_{cu} = - 1,080 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^c = M * \frac{(h - Y_{Gk})}{I_{pc}} * b_1$$

$$\sigma_{co}^c = 1,1379 * \frac{0,8643}{1,4603} * 0,878$$

$$\sigma_{co}^c = 0,591 \text{ MN/m}^2$$

4.6.3.5 Hareketli Yükten Meydana Gelen Gerilmeler

Hareketli yükün kiriş üzerinde oluşturduğu moment söz konusudur. A-A kompozit kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$M = \varphi * M_q = 1,204 * 457,91 = 551,324 \text{ tm} = 5,5132 \text{ MNm}$$

φ :Dinamik etki katsayısı

M_q :Hareketli yükten oluşan moment

$$\text{Modüler oran} = b_1 = \frac{E_{c,25}}{E_{c,40}} = \frac{30300}{34500} = 0,878$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = M * \frac{[(h - Y_{Gk}) - t]}{I_{pc}}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 5,5132 * \frac{[0,8643 - 0,25]}{1,4603}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 2,319 \text{ MN/m}^2$$

t: yerinde dökme tabliye kalınlığı

$$\sigma_{co}^{Po} = b_1 * \sigma_{co}^{Pu}$$

$$\sigma_{co}^{Po} = 0,878 * 2,319 = 2,036 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = - M * \frac{Y_{Gk}}{I_{pc}}$$

$$\sigma_{cu} = - 5,5132 * \frac{1,3857}{1,4603}$$

$$\sigma_{cu} = - 5,232 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^c = M * \frac{(h - Y_{Gk})}{I_{pc}} * b_1$$

$$\sigma_{co}^c = 5,5132 * \frac{0,8643}{1,4603} * 0,878$$

$$\sigma_{co}^c = 2,865 \text{ MN/m}^2$$

4.6.3.6 Zamana Bağlı Öngerme Kaybı

$$\Delta f_{sd}(t) = \Delta f_{sd} * f(t)$$

$$f(t) = \frac{t}{t + 9 * r_m}$$

r_m : Eleman etkili yarıçapı

$$r_m = \frac{\text{Kesit Alanı}}{A - A \text{ kesiti Çevresi}} = \frac{1,2783}{14,19} = 0,09 \text{ m} = 9 \text{ cm}$$

$$\Delta f_{sd}(t) = (SH + CR_c + CR_s) * \frac{t}{t + 9 * r_m}$$

$$\text{Toplam kayıp} = \Delta f_{sd}(t) + ES$$

a. t=7 gün

$$\Delta f_{sd}(7) = (55,17 + 125,53 + 17,17) * \frac{7}{7 + 9 * 9} = 15,740 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Toplam kayıp} = 15,740 + 82,691 = 98,431 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{se} = 1293 - 98,431 = 1194,569 \text{ MN/m}^2$$

$$P_{0a} = 104,882 * 10^{-4} * 1194,569 = 12,529 \text{ MN}$$

b. t=30 gün

$$\Delta f_{sd}(30) = (55,17 + 125,53 + 17,17) * \frac{30}{30 + 9 * 9} = 53,478 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Toplam kayıp} = 53,478 + 82,691 = 136,169 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{se} = 1293 - 136,169 = 1156,831 \text{ MN/m}^2$$

$$P_{0b} = 104,882 * 10^{-4} * 1156,831 = 12,133 \text{ MN}$$

c. t=70 gün

$$\Delta f_{sd}(70) = (55,17 + 125,53 + 17,17) * \frac{70}{70 + 9 * 9} = 91,728 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Toplam kayıp} = 91,728 + 82,691 = 174,419 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{se} = 1293 - 174,419 = 1118,581 \text{ MN/m}^2$$

$$P_{0c} = 104,882 * 10^{-4} * 1118,581 = 11,732 \text{ MN}$$

4.6.3.7 Kompozit Kesitte Öngerilme Kaybı Sonrası Gerilmeler

$$\Delta P = A_{s\ddot{o}} * (\sigma_0 - \sigma_N)$$

$$\Delta P = 104,882 * 10^{-4} * (0,7 * 1724 - 1012) = 2,043 \text{ MN}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{\Delta P}{A_{pc}} - \frac{\Delta P * e_{\infty}}{I_{pc}} * [(h - Y_{Gk}) - t]$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{2,043}{2,1380} - \frac{2,043 * 1,1750}{1,4603} * [0,8643 - 0,25]$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = -0,054 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^{Po} = b_1 * \sigma_{co}^{Pu}$$

$$\sigma_{co}^{Po} = -0,878 * 0,054 = -0,047 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = \frac{\Delta P}{A_{pc}} + \frac{\Delta P * e_{\infty}}{I_{pc}} * Y_{Gk}$$

$$\sigma_{cu} = \frac{2,043}{2,1380} + \frac{2,043 * 1,1750}{1,4603} * 1,3857$$

$$\sigma_{cu} = 3,233 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^c = \left[\frac{\Delta P}{A_{pc}} - \frac{\Delta P * e_{\infty}}{I_{pc}} * (h - Y_{Gk}) \right] * b_1$$

$$\sigma_{co}^c = \left[\frac{2,043}{2,1380} - \frac{2,043 * 1,1750}{1,4603} * 0,8643 \right] * 0,878$$

$$\sigma_{co}^c = -0,408 \text{ MN/m}^2$$

4.6.4 Gerilme Kombinasyonları

a. İmalat Safhası (kiriş zati ağırlığı+P₀):

$$\sigma_{co}^{Pu}=2,362 \text{ MN/m}^2 \quad -3,30 < 3,864 < 16,80 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu}=15,926 \text{ MN/m}^2 \quad -2,64 < 16,593 < 16,80 \quad \checkmark$$

b. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İnşaat sırasındaki hareketli yükler:

$$\sigma_{co}^{Pu}=2,362+6,187+1,217=9,766 \text{ MN/m}^2 \quad > -3,30 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu}=15,926-4,944-0,972=10,010 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,64 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

c. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler:

(Kompozit Kesitte)

$$\sigma_{co}^c=0,591 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Po}=0,421 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Pu}=2,362+6,187+0,479=9,028 \text{ MN/m}^2 \quad > -3,30 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu}=15,926-4,944-1,080=9,902 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,64 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

d. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler+Hareketli yükler: (Kompozit Kesitte)

$$\sigma_{co}^c=0,591+2,865=3,456 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Po}=0,421+2,036=2,457 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Pu}=9,028+2,319=11,347 \text{ MN/m}^2 \quad > -3,30 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu}=9,902-5,232=4,670 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,64 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

e. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler+Öngerilme kaybı: (Kompozit Kesitte)

$$\begin{aligned}\sigma_{co}^c &= 0,591 + 0,408 = 1,000 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Po} &= 0,421 + 0,047 = 0,468 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Pu} &= 9,028 + 0,054 = 9,082 \text{ MN/m}^2 &> -3,94 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{cu} &= 9,902 - 3,233 = 6,669 \text{ MN/m}^2 &> -3,15 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark\end{aligned}$$

f. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler+Hareketli yük+Öngerilme kaybı: (Kompozit Kesitte Nihai Durum)

$$\begin{aligned}\sigma_{co}^c &= 1,000 + 2,865 = 3,865 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Po} &= 0,468 + 2,036 = 2,504 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Pu} &= 9,082 + 2,319 = 11,401 \text{ MN/m}^2 &> -3,94 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{cu} &= 6,669 - 5,232 = 1,437 \text{ MN/m}^2 &> -3,15 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark\end{aligned}$$

4.7 Prefabrike Kirişte Mesnetten 50φ (0,76 m.) Uzakta (B-B Kesitinde)

Yapılan Öngerilme Hesapları

Alt sıradaki öngerilme donatılarından 16 tanesine (simetrik olarak altlı üstlü) kılıflama (debounding) yapılacaktır.

$$\Sigma \text{öngerilme donatısı alanı} = A_{s\phi} = [(84-16) * 137,445 + \frac{1}{2} * 2 * 2 * 21,206] * 10^{-6} = 93,887 \text{ cm}^2$$

$$d' = \frac{\left[32 * 1,37445 * 36 + (52 - 16) * 1,37445 * 9 + \frac{1}{2} * 2 * 2 * 0,21206 * 195 \right]}{93,887} = 22,49 \text{ cm.}$$

d': Öngerilme donatısının ağırlık merkezi

4.7.1 Eksantrisite Ve Öngerilme Kuvvetinin Hesabı

$$e_0 = Y_G - d' = 84,67 - 22,49 = 62,18 \text{ cm.}$$

Y_G : B-B kesitinin ağırlık merkezi

e_0 : Prefabrike kirişteki eksantrisite

$$e_{\infty} = Y_{Gk} - d' = 131,09 - 22,49 = 108,60 \text{ cm.}$$

Y_{Gk} : B-B kompozit kesitinin ağırlık merkezi

e_{∞} : Kompozit çalışan kirişteki eksantrisite

$$P_0 = 0,70 * f_s' * A_{s\phi} = 0,70 * 1724 * 93,887 * 10^{-4} = 11,330 \text{ MN}$$

P_0 : Kayıplardan önce ilk toplam öngerilme kuvveti

4.7.2 Öngerilme Kayıplarının Hesaplanması

- Rötire Kaybı

$$RH = \%60$$

RH: Yıllık rölatif nem

$$SH = 117,21 - 1,034 * RH \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9-4})$$

$$SH=117,21-1,034*60=55,17 \text{ MN/m}^2$$

SH: Rötire Kaybı

- **Elastik Boy Kısılması Kaybı**

$$ES = \frac{E_s}{E_{ci}} * f_{C_{ir}} \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9-6})$$

ES: Elastik boy kısılması kaybı

$$E_s = 193000 \text{ MN/m}^2 \quad (28*10^6 \text{ psi})$$

E_s : Öngerilme çeliğinin elastisite modülü

$$E_{ci} = 0,0428 * w^{3/2} * \sqrt{f_{ci}} \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9-8})$$

$$E_{ci} = 0,0428 * 2500^{3/2} * \sqrt{28} = 28310 \text{ MN/m}^2$$

E_{ci} : Gerilmenin transferi esnasında betonun elastisite modülü

w: Betonun birim ağırlığı

$f_{C_{ir}}$: Kirişin zati yükü altında kablo ağırlık merkezi hizasında oluşan gerilme

$$f_{C_{ir}} = \frac{P_0}{A_0} + \frac{P_0 * e_0^2}{I_p} - \frac{M_d * e_0}{I_p}$$

$$f_{C_{ir}} = \frac{11,330}{1,3792} + \frac{11,330 * 0,6218^2}{0,7308} - \frac{0,4431 * 0,6218}{0,7308} = 13,832 \text{ MN/m}^2$$

M_d : Kiriş zati yükünden oluşan moment

A_0 : B-B kesitinin alanı

I_0 : B-B kesitinin atalet momenti

$$ES = \frac{193000}{28310} * 13,832 = 78,898 \text{ MN/m}^2$$

- **Betonun Sünmesi Nedeniyle Oluşan Kayıp**

$$CR_c = 12 * f_{C_{ir}} - 7 * f_{cds}$$

f_{cds} : Kiriş zati yükü+yerinde dökme tabliye zati yükü+ilave daimi yük nedeniyle betonda oluşan kablo hizasındaki gerilme

$$f_{cds} = \frac{P_{\infty}}{A_{pc}} + \frac{P_{\infty} * e_{\infty}^2}{I_{pc}} - \frac{M_g * e_{\infty}}{I_{pc}}$$

$$P_{\infty} = A_{sö} * f_{se}$$

$$f_{se} = 0,7 * 1724 * (1 - 0,2) = 965 \text{ MN/m}^2$$

f_{se} : Kayıplardan sonraki gerilme ($\cong$ %20 kayıp ile 950 MN/m² kabul edilmiştir)

$$P_{\infty} = 93,887 * 950 * 10^{-4} = 8,9193 \text{ MN}$$

$$f_{cds} = \frac{P_{\infty}}{A_{pc}} + \frac{P_{\infty} * e_{\infty}^2}{I_{pc}} - \frac{M_g * e_{\infty}}{I_{pc}}$$

$$M_g = 44,31 + 40,29 + 11,34 = 95,94 \text{ tm} = 0,9594 \text{ MNm}$$

$$f_{cds} = \frac{8,9193}{2,3683} + \frac{8,9193 * 1,0860^2}{1,6303} - \frac{0,9594 * 1,0860}{1,6303} = 9,579 \text{ MN/m}^2$$

M_g : Kiriş zati yükü+yerinde dökme tabliye zati yükü+ilave daimi yük nedeniyle oluşan moment

A_{pc} : B-B kompozit kesitinin alanı

I_{pc} : B-B kompozit kesitinin atalet momenti

$$CR_c = 12 * 13,832 - 7 * 9,579 = 98,931 \text{ MN/m}^2$$

- **Çeliğin Rölaksasyonu (Gevşemesi) Nedeniyle Oluşan Kayıp**

$$CR_s = 34,47 - 0,1 * ES - 0,05 * (SH + CR_c) \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9-10A})$$

$$CR_s = 34,47 - 0,1 * 78,90 - 0,05 * (55,17 + 98,93) = 18,875 \text{ MN/m}^2$$

CR_s: Çeliğin rölaksasyonundan meydana gelen kayıp

Toplam Öngerme Kaybı

$$\Delta f_s = SH + ES + CR_c + CR_s$$

$$\Delta f_s = 55,17 + 78,90 + 98,93 + 18,88$$

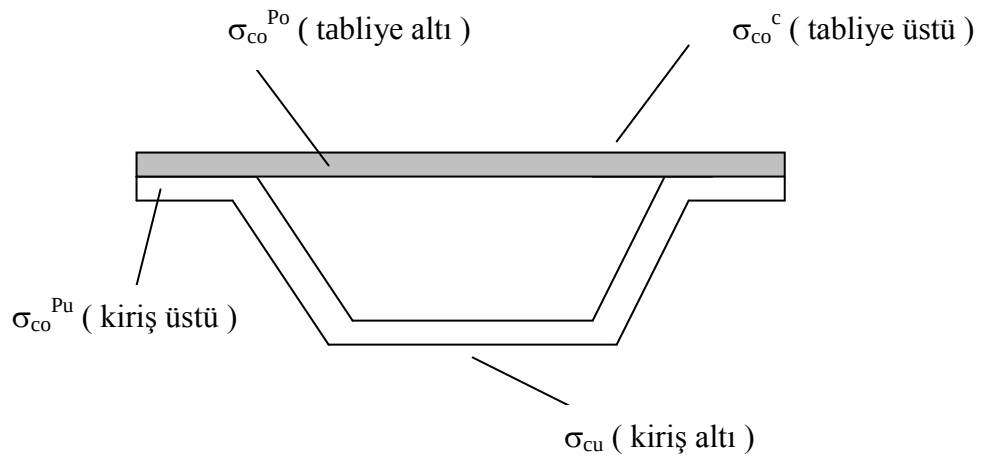
$$\Delta f_s = 251,88 \text{ MN/m}^2 \approx 252 \text{ MN/m}^2$$

Öngerme Kablosundaki Nihai Gerilme

$$\text{Nihai gerilme} = \sigma_N = 1293 - 252 = 1041 \text{ MN/m}^2$$

4.7.3 Gerilme Tahkikleri

Gerilme tahkikleri yapılırken, imalat fazında ve yerinde dökme tabliyenin dökümü esnasında (beton yaşken) yüklerin prefabrike kiriş tarafından taşındığı; ilave daimi yüklerin (asfalt, korkuluk yükleri vs.) ve hareketli yüklerin kompozit kesit (prefabrike kiriş+yerinde dökme tabliye) tarafından taşındığı gözününe alınmıştır. Bu nedenle prefabrike kirişin ve yerinde dökme tabliyenin alt ve üst tarafındaki gerilmeler bulunarak süperpoze edilmiştir.



4.7.3.1 İmalat Fazı

Kiriş zati ağırlığı+P₀ yükleri söz konusudur. B-B kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{P_0}{A_0} - \frac{P_0 * e_0}{I_p} * (h - Y_G) + \frac{M}{I_p} * (h - Y_G)$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{11,330}{1,5083} - \frac{11,330 * 0,6218}{0,7308} * 1,1533 + \frac{0,4431}{0,7308} * 1,1533$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = -2,907 \text{ MN/m}^2 < -3,30 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = \frac{P_0}{A_0} + \frac{P_0 * e_0}{I_p} * Y_G - \frac{M}{I_p} * Y_G$$

$$\sigma_{cu} = \frac{11,330}{1,5083} + \frac{11,330 * 0,6218}{0,7308} * 0,8467 - \frac{0,4431}{0,7308} * 0,8467$$

$$\sigma_{cu} = 15,161 \text{ MN/m}^2 < 16,80 \text{ MN/m}^2$$

4.7.3.2 Yerinde Dökme Tabliyeden Meydana Gelen Gerilmeler

Yerinde dökme tabliyenin ağırlığından dolayı kiriş üzerinde oluşan moment söz konusudur. B-B kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{M}{I_p} * (h - Y_G)$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{0,4029}{0,7308} * 1,1533$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 0,636 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = - \frac{M}{I_p} * Y_G$$

$$\sigma_{cu} = - \frac{0,4029}{0,7308} * 0,8467$$

$$\sigma_{cu} = -0,467 \text{ MN/m}^2$$

4.7.3.3 Montaj Esnasındaki Hareketli Yükten Kaynaklanan Gerilmeler

Montaj esnasındaki hareketli yükün kiriş üzerinde oluşturduğu moment söz konusudur. B-B kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{M}{I_p} * (h - Y_G)$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{0,0791}{0,7308} * 1,1533$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 0,125 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = -\frac{M}{I_p} * Y_G$$

$$\sigma_{cu} = -\frac{0,0791}{0,7308} * 0,8467$$

$$\sigma_{cu} = -0,092 \text{ MN/m}^2$$

4.7.3.4 İlave Daimi Yükten Oluşan Gerilmeler

İlave daimi yüklerin (Asfalt yükleri, korkuluk yükleri vs.) kiriş üzerinde oluşturduğu moment söz konusudur. B-B kompozit kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$\text{Modüler oran} = b_1 = \frac{E_{c,25}}{E_{c,40}} = \frac{30300}{34500} = 0,878$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = M * \frac{[(h - Y_{Gk}) - t]}{I_{pc}}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 0,1134 * \frac{[0,9391 - 0,25]}{1,6303}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 0,048 \text{ MN/m}^2$$

t: yerinde dökme tabliye kalınlığı

$$\sigma_{co}^{Po} = b_1 * \sigma_{co}^{Pu}$$

$$\sigma_{co}^{Po} = 0,878 * 0,048 = 0,042 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = - M * \frac{Y_{Gk}}{I_{pc}}$$

$$\sigma_{cu} = - 0,1134 * \frac{1,3109}{1,6303}$$

$$\sigma_{cu} = -0,091 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^c = M * \frac{(h - Y_{Gk})}{I_{pc}} * b_1$$

$$\sigma_{co}^c = 0,1134 * \frac{0,9391}{1,6303} * 0,878$$

$$\sigma_{co}^c = 0,057 \text{ MN/m}^2$$

4.7.3.5 Hareketli Yükten Meydana Gelen Gerilmeler

Hareketli yükün kiriş üzerinde oluşturduğu moment söz konusudur. B-B kompozit kesitine ait değerler kullanılmıştır.

$$M = \varphi * M_q = 1,204 * 53,40 = 64,294 \text{ tm} = 0,6429 \text{ MNm}$$

φ :Dinamik etki katsayısı

M_q :Hareketli yükten oluşan moment

$$\text{Modüler oran} = b_1 = \frac{E_{c,25}}{E_{c,40}} = \frac{30300}{34500} = 0,878$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = M * \frac{[(h - Y_{Gk}) - t]}{I_{pc}}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 0,6429 * \frac{[0,9391 - 0,25]}{1,6303}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = 0,272 \text{ MN/m}^2$$

t: yerinde dökme tabliye kalınlığı

$$\sigma_{co}^{Po} = b_1 * \sigma_{co}^{Pu}$$

$$\sigma_{co}^{Po} = 0,878 * 0,272 = 0,239 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = - M * \frac{Y_{Gk}}{I_{pc}}$$

$$\sigma_{cu} = - 0,6429 * \frac{1,3109}{1,6303}$$

$$\sigma_{cu} = -0,517 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^c = M * \frac{(h - Y_{Gk})}{I_{pc}} * b_1$$

$$\sigma_{co}^c = 0,6429 * \frac{0,9391}{1,6303} * 0,878$$

$$\sigma_{co}^c = 0,325 \text{ MN/m}^2$$

4.7.3.6 Zamana Bağlı Öngerme Kaybı

$$\Delta f_{sd}(t) = \Delta f_{sd} * f(t)$$

$$f(t) = \frac{t}{t + 9 * r_m}$$

r_m : Eleman etkili yarıçapı

$$r_m = \frac{\text{Kesit Alanı}}{\text{B - B kesiti Çevresi}} = \frac{1,5083}{12,55} = 0,120 \text{ m} = 12 \text{ cm}$$

$$\Delta f_{sd}(t) = (SH + CR_c + CR_s) * \frac{t}{t + 9 * r_m}$$

$$\text{Toplam kayıp}=\Delta f_{sd}(t)+ES$$

a. $t=7$ gün

$$\Delta f_{sd}(7)=(55,17+98,93+18,88)*\frac{7}{7+9*12}=10,529 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Toplam kayıp}=10,529+78,898=89,427 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{se}=1293-89,427=1203,573 \text{ MN/m}^2$$

$$P_{0a}=93,887*10^{-4}*1203,573=11,300 \text{ MN}$$

b. $t=30$ gün

$$\Delta f_{sd}(30)=(55,17+98,93+18,88)*\frac{30}{30+9*12}=37,604 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Toplam kayıp}=37,604+78,898=116,502 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{se}=1293-116,502=1176,498 \text{ MN/m}^2$$

$$P_{0b}=93,887*10^{-4}*1176,498=11,046 \text{ MN}$$

c. $t=70$ gün

$$\Delta f_{sd}(70)=(55,17+98,93+18,88)*\frac{70}{70+9*12}=68,026 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Toplam kayıp}=68,026+78,898=146,924 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{se}=1293-146,924=1146,076 \text{ MN/m}^2$$

$$P_{0c}=93,887*10^{-4}*1146,076=10,760 \text{ MN}$$

4.7.3.7 Kompozit Kesitte Öngerilme Kaybı Sonrası Gerilmeler

$$\Delta P = A_{s\ddot{o}} * (\sigma_0 - \sigma_N)$$

$$\Delta P = 93,887 * 10^{-4} * (0,7 * 1724 - 1041) = 1,557 \text{ MN}$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{\Delta P}{A_{pc}} - \frac{\Delta P * e_{\infty}}{I_{pc}} * [(h - Y_{Gk}) - t]$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{1,557}{2,3683} - \frac{1,557 * 1,0860}{1,6303} * [0,9391 - 0,25]$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = -0,057 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^{Po} = b_1 * \sigma_{co}^{Pu}$$

$$\sigma_{co}^{Po} = -0,878 * 0,057 = -0,050 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = \frac{\Delta P}{A_{pc}} + \frac{\Delta P * e_{\infty}}{I_{pc}} * Y_{Gk}$$

$$\sigma_{cu} = \frac{1,557}{2,3683} + \frac{1,557 * 1,0860}{1,6303} * 1,3109$$

$$\sigma_{cu} = 2,017 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{co}^c = \left[\frac{\Delta P}{A_{pc}} - \frac{\Delta P * e_{\infty}}{I_{pc}} * (h - Y_{Gk}) \right] * b_1$$

$$\sigma_{co}^c = \left[\frac{1,557}{2,3683} - \frac{1,557 * 1,0860}{1,6303} * 0,9391 \right] * 0,878$$

$$\sigma_{co}^c = -0,278 \text{ MN/m}^2$$

4.7.4 Gerilme Kombinasyonları

a. İmalat Safhası (kiriş zati ağırlığı+P₀):

$$\sigma_{co}^{Pu} = -2,907 \text{ MN/m}^2 \quad -3,30 < 3,864 < 16,80 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu} = 15,161 \text{ MN/m}^2 \quad -2,64 < 16,593 < 16,80 \quad \checkmark$$

b. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İnşaat sırasındaki hareketli yükler:

$$\sigma_{co}^{Pu} = -2,907 + 0,636 + 0,125 = -2,146 \text{ MN/m}^2 \quad > -3,30 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu} = 15,161 - 0,467 - 0,092 = 14,602 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,64 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

c. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler:

(Kompozit Kesitte)

$$\sigma_{co}^c = 0,057 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Po} = 0,042 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = -2,907 + 0,636 + 0,048 = -2,223 \text{ MN/m}^2 \quad > -3,30 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu} = 15,161 - 0,467 - 0,091 = 14,603 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,64 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

d. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler+Hareketli yükler: (Kompozit Kesitte)

$$\sigma_{co}^c = 0,057 + 0,325 = 0,382 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Po} = 0,042 + 0,239 = 0,281 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,61 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 10,50 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = -2,223 + 0,272 = -1,951 \text{ MN/m}^2 \quad > -3,30 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$\sigma_{cu} = 14,603 - 0,517 = 14,086 \text{ MN/m}^2 \quad > -2,64 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

$$< 16,80 \text{ MN/m}^2 \quad \checkmark$$

e. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler+Öngerilme kaybı: (Kompozit Kesitte)

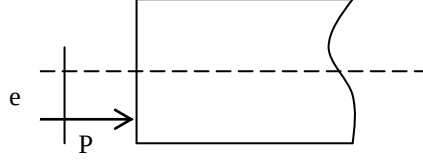
$$\begin{aligned}\sigma_{co}^c &= 0,057 + 0,278 = 0,335 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &&< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Po} &= 0,042 + 0,050 = 0,092 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &&< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Pu} &= -2,223 + 0,057 = -2,166 \text{ MN/m}^2 &> -3,94 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &&< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{cu} &= 14,603 - 2,017 = 12,586 \text{ MN/m}^2 &> -3,15 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &&< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark\end{aligned}$$

f. Kiriş zati ağırlığı+P₀+Yerinde dökme tabliye+İlave daimi yükler+Hareketli yük+Öngerilme kaybı: (Kompozit Kesitte Nihai Durum)

$$\begin{aligned}\sigma_{co}^c &= 0,335 + 0,325 = 0,660 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &&< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Po} &= 0,092 + 0,239 = 0,331 \text{ MN/m}^2 &> -3,12 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &&< 10,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{co}^{Pu} &= -2,166 + 0,272 = -1,894 \text{ MN/m}^2 &> -3,94 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &&< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ \sigma_{cu} &= 12,586 - 0,517 = 12,069 \text{ MN/m}^2 &> -3,15 \text{ MN/m}^2 &\checkmark \\ &&< 16,0 \text{ MN/m}^2 &\checkmark\end{aligned}$$

Öngerilme analizleri ve gevşetme hesapları için bir Excel program oluşturulmuştur. Böylece emniyet gerilmelerinin sınırları içinde kalınarak öngerilme donatıları seçilmiştir.

4.8 Açıklık Ortasında Sehım Tahkiki



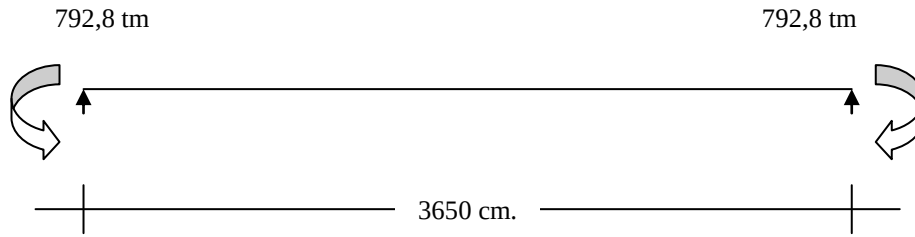
Şekil 4.7 Öngerilme kuvveti ve eksantrisine

$$e_0 = 68,90 \text{ cm.} = 0,689 \text{ m.}$$

$$P_N = 115,878 \cdot 10^{-4} \cdot 993 = 11,507 \text{ MN}$$

P_N : Nihai durumdaki (kayıplardan sonra) öngerilme kuvveti

$$\text{Öngerilme Momenti} = 11,507 \cdot 0,689 = 7,928 \text{ MNm} = 792,8 \text{ tm}$$



Şekil 4.8 Öngerilme momenti

(-) işaret $\longrightarrow$ Aşağı doğru sehım

(+) işaret $\longrightarrow$ Yukarı doğru sehım

$$\Delta_{\text{öngerme}} = \frac{M \cdot L^2}{8 \cdot E \cdot I} = \frac{792,8 \cdot 37,5^2}{8 \cdot 3450000 \cdot 0,6695} = 0,06033 \text{ m.} \quad (4.29)$$

Öngerilme kuvvetinden dolayıoluşan sehım: $\Delta_{\text{öngerme}} = 60,33 \text{ mm.}$

Prefabrike kirişin ağırlığından dolayı oluşun sehım: $\Delta_{\text{kiriş}} = -32,34 \text{ mm.}$

Kiriş ağırlığı+Öngerilme kuvvetinden dolayı oluşun sehım:

$$\Delta = 60,33 - 32,34 = 27,99 \text{ mm.}$$

Yerinde dökme tabliyenin ağırlığından dolayı oluşan sehim: $\Delta_{\text{tabliye}} = -29,89 \text{ mm.}$

Kiriş ağırlığı+Öngerilme kuvveti+Tabliye ağırlığından dolayı oluşan sehim:

$$\Delta = 60,33 - 32,34 - 29,89 = -1,90 \text{ mm.}$$

İlave daimi yükten dolayı oluşan sehim: $\Delta_{\text{ilave daimi}} = -4,87 \text{ mm.}$

Kiriş ağırlığı+Öngerilme kuvveti+Tabliye ağırlığı+İlave daimi yükten dolayı oluşan sehim:

$$\Delta = 60,33 - 32,34 - 29,89 - 4,87 = -6,77 \text{ mm.}$$

Hareketli yükten meydana gelen sehim: $\Delta_{\text{hareketli}} = -18,30 \text{ mm.}$

Kiriş ağırlığı+Öngerilme kuvveti+Tabliye ağırlığı+İlave daimi yük+Hareketli yükten dolayı oluşan sehim:

$$\Delta = 60,33 - 32,34 - 29,89 - 4,87 - 18,30 = -25,07 \text{ mm.}$$

Uzun Süreye Bağlı Sehim Hesabı (PCI Handbook katsayıları ile)

Tabliye dökümünden önce:

$$\Delta = 1,8 * \Delta_{\text{öngerilme}} + 1,85 * \Delta_{\text{kiriş}} \quad (4.30)$$

$$\Delta = 1,8 * 60,33 - 1,85 * 32,34 = 48,77 \text{ mm.}$$

Uzun Süreli Sehim:

$$\Delta = 2,2 * \Delta_{\text{öngerilme}} + 2,4 * \Delta_{\text{kiriş}} + 2,3 * \Delta_{\text{tabliye}} + 3 * \Delta_{\text{ilave daimi}} \quad (4.31)$$

$$\Delta = 2,2 * 60,33 - 2,4 * 32,34 - 2,3 * 29,89 - 3 * 4,87 = -28,25 \text{ mm.}$$

Maksimum Sehim Miktarı: (A.A.S.H.T.O.98 2-12)

$$\Delta_{\text{max.}} = L/800 = 36500/800 = -45,63 \text{ mm.} \quad (\text{Tahkik sağlanır})$$

4.9 Kesme Kuvveti Tahkiki

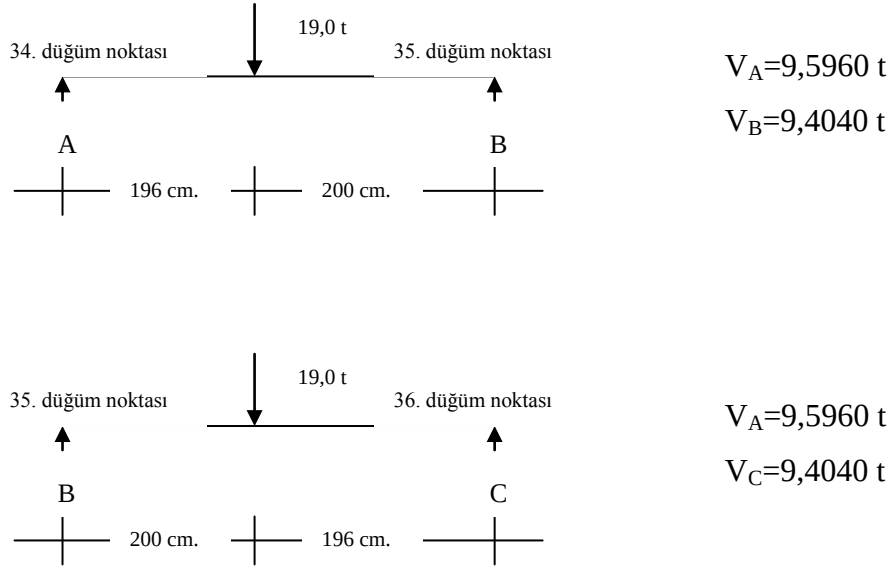
4.9.1 Kesme Kuvveti Tahkikiinde Kullanılacak Yüklerin Belirlenmesi

Kesme kuvveti için tahkik yapılırken Şerit Yüklemesine ait tekil yüklerin $P=19$ t. alınması gerekmektedir. (Karayolları Genel Md. Şartnamesi Tablo 3)

4.9.1.1 Çubuk Elemana Ait Yükler

3 No'lu Yükleme İçin:

mesafe=18,75 m.

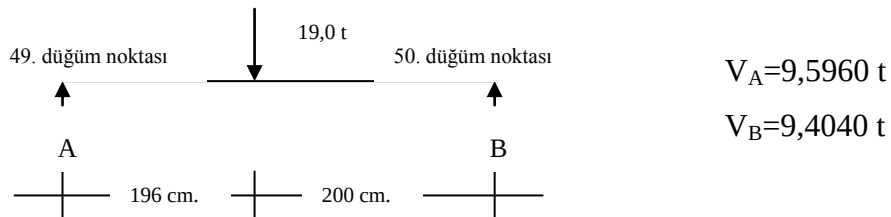


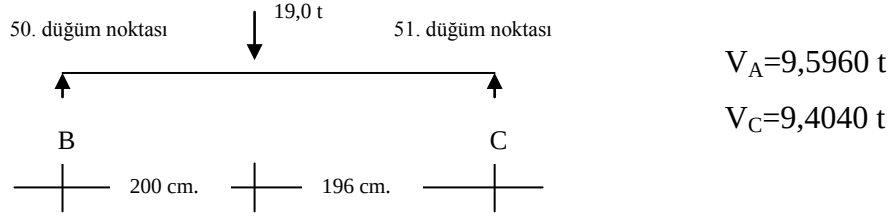
Şekil 4.9 3 no'lu yüklemeden oluşan çubuk eleman yükleri

- $PLD=9,5960$ t (1. ve 3. kiriş için)
- $PLD=2*9,4040=18,8080$ t (2. kiriş için)

11 No'lu Yükleme İçin:

mesafe=27,875 m.





Şekil 4.10 11 no'lu yüklemeden oluşan çubuk eleman yükleri

- $PLD = 9,5960 \text{ t}$ (1. ve 3. kiriş için)
- $PLD = 2 \cdot 9,4040 = 18,8080 \text{ t}$ (2. kiriş için)

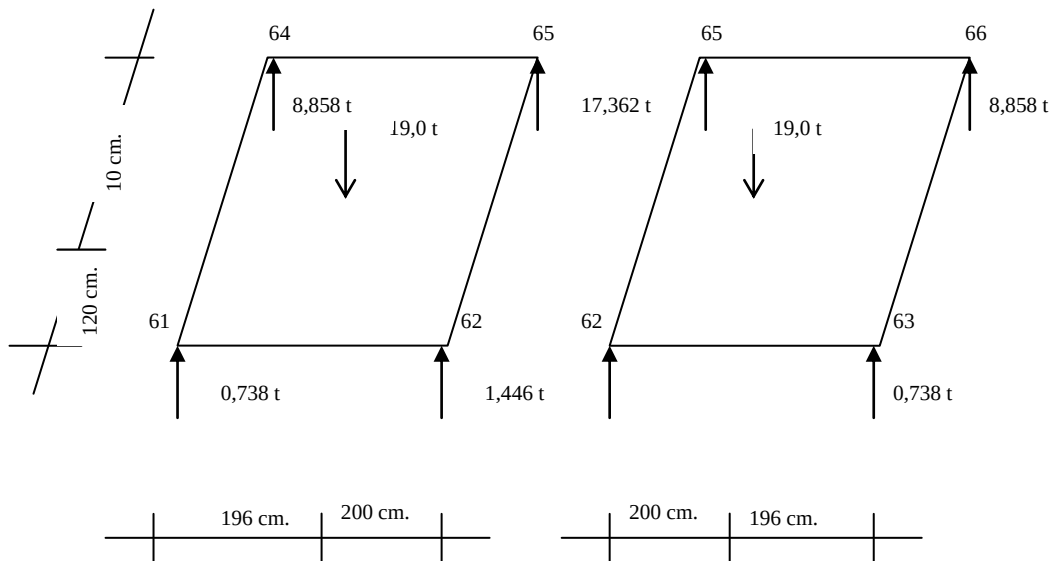
4.9.1.2 Düğüm Noktalarına Ait Yükler

Çubuk elemanların üzerine gelmeyen yükler komşu düğüm noktalarına açıklıkla doğru orantılı olarak dağıtılacaktır.

Not: 64, 65 ve 66 no'lu düğüm noktaları mesnetlerin bulunduğu noktalar olduğu için bu düğüm noktalarına gelen yükleri SAP90 programı kabul etmemektedir. Bu nedenle 64, 65 ve 66 no'lu düğüm noktalarına gelen yükler ilgili çubukların üzerine verilecektir.

7 No'lu Yükleme İçin:

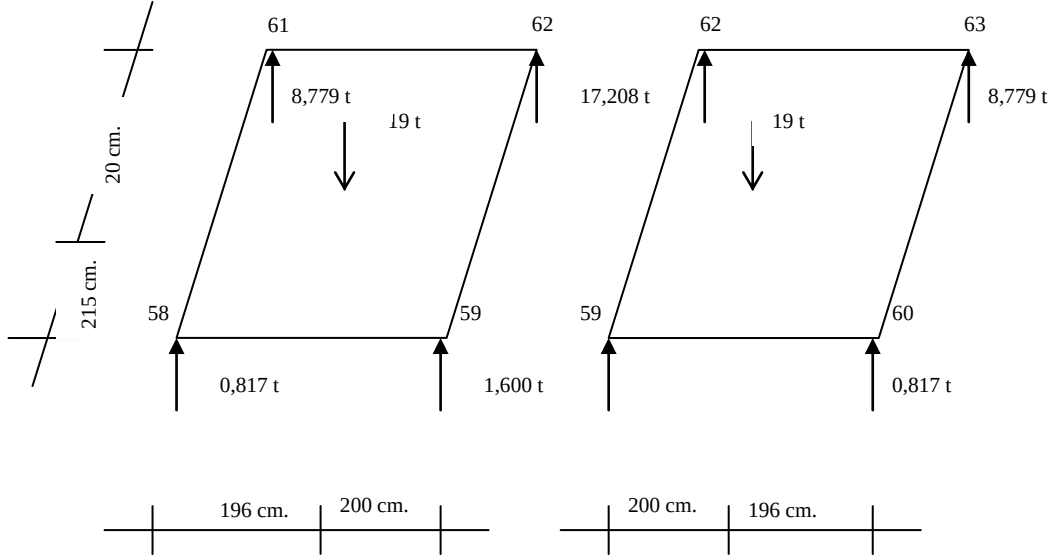
Şerit Yüklemesine Ait Tekil Yük



Şekil 4.11 7 no'lu yüklemenin tekil yükünden oluşan düğüm noktası yükleri

15 No'lu Yükleme İçin:

Şerit Yüklemesine Ait Tekil Yük



Şekil 4.12 15 no'lu yüklemenin tekil yükünden oluşan düğüm noktası yükleri

4.9.1.3 Hesapta Kullanılacak Değerler

İlave daimi yük: $V_{ilave\ daimi} = 15,06\ t = 0,1506\ MN$

Yaya Yüğü: $V_{yaya} = 4,24\ t = 0,0424\ MN$

Hareketli Yük: $V_{hareketli} = 77,43\ t = 0,7743\ MN$ (15 no'lu yükleme)

Hesaplarda C-C kesitine ait değerler kullanılacaktır.

Tablo 4.10 C-C kesiti mukavemet özellikler

	KİRİŞ	KOMPOZİT KİRİŞ
A (m²)	$A_0 = 2,0323$	$A_{pc} = 2,8923$
Y_G (m)	$Y_G = 0,8195$	$Y_{GC} = 1,2077$
I_{XG} (m⁴)	$I_p = 0,8664$	$I_{pc} = 1,9007$
b' (m)		0,295
d (m)		2,0251

$$d = (2 + 0,25 - 0,2249) = 2,0251\ m$$

d: En uçtaki basınç lifinden öngerilme çeliği ağırlık merkezine olan mesafe

d' : Öngerilme donatısının ağırlık merkezi

b' : Gövde genişliği

$P_0=11,330$ MN

$P_\infty=1041*93,887*10^{-4}=9,774$ MN

4.9.2 Hesaplar

$$f_{pe} = \frac{P_0}{A_0} + \frac{P_0 * (Y_G - d')}{I_p} * Y_G - \left[\frac{(P_0 - P_\infty)}{A_{pc}} + \frac{(P_0 - P_\infty) * (Y_{GC} - d')}{I_{pc}} * Y_{GC} \right] \quad (4.32)$$

$$f_{pe} = \frac{11,330}{2,0323} + \frac{11,330 * (0,8195 - 0,2249)}{0,8664} * 0,8195$$

$$- \left[\frac{(11,330 - 9,774)}{2,8923} + \frac{(11,330 - 9,774) * (1,2077 - 0,2249)}{1,9007} * 1,2077 \right]$$

$$f_{pe} = 10,437 \text{ MN/m}^2$$

$$f_d = - \frac{(M_{zati} + M_{Tabliye} + M_{Montaj})}{I_p} * Y_G - \frac{M_{IlaveDaimi} * Y_{GC}}{I_{pc}} \quad (4.33)$$

$$f_d = - \frac{(0,0497 + 0,0513 + 0,010)}{0,8664} * 0,8195 - \frac{0,0149 * 1,2077}{1,9007}$$

$$f_d = -0,114 \text{ MN/m}^2$$

$$M_{cr} = \frac{I_{pc}}{Y_{GC}} * (0,498 * \sqrt{f_c'} + f_{pe} - f_d) \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9.17.4.2}) \quad (4.34)$$

$$M_{cr} = \frac{1,9007}{1,2077} * (0,498 * \sqrt{40} + 10,437 - 0,114) = 21,203 \text{ MNm}$$

f_c' : Betonun 28 günlük basınç dayanımı

M_{cr} : Kesitte çatlamaya yol açan dış yük momenti

Servis Yükleri

$$V = V_{\text{zati}} + V_{\text{tabliye}} + V_{\text{ilave daimi}} + V_{\text{yaya}} + \varphi * V_{\text{hareketli}}$$

$$V = 0,6122 + 0,5427 + 0,1506 + 0,0424 + 1,204 * 0,7743 = 2,280 \text{ MN}$$

$$M = M_{\text{zati}} + M_{\text{tabliye}} + M_{\text{ilave daimi}} + M_{\text{yaya}} + \varphi * M_{\text{hareketli}}$$

$$M = 0,0497 + 0,0513 + 0,0149 + 0,0044 + 1,204 * 0,0656 = 0,199 \text{ MNm}$$

Faktör Yükleri

$$V_u = 1,3 * [V_{\text{zati}} + V_{\text{tabliye}} + V_{\text{ilave daimi}} + 1,67 * (V_{\text{yaya}} + \varphi * V_{\text{hareketli}})] \quad (4.35)$$

$$V_u = 1,3 * [0,6122 + 0,5427 + 0,1506 + 1,67 * (0,0424 + 1,204 * 0,7743)] = 3,813 \text{ MN}$$

$$M_u = 1,3 * [M_{\text{zati}} + M_{\text{tabliye}} + M_{\text{ilave daimi}} + 1,67 * (M_{\text{yaya}} + \varphi * M_{\text{hareketli}})] \quad (4.36)$$

$$M_u = 1,3 * [0,0497 + 0,0513 + 0,0149 + 1,67 * (0,0044 + 1,204 * 0,0656)] = 0,332 \text{ MNm}$$

$$M_d = 0,0497 + 0,0513 + 0,0149 = 0,116 \text{ MNm}$$

$$V_d = 0,6122 + 0,5427 + 0,1506 = 1,306 \text{ MN}$$

V_d : Kesitte ölü yükten dolayı arttırılmamış kesme dayanımı

$$V_i = V_u - V_d = 3,813 - 1,306 = 2,507 \text{ MN}$$

V_i : Kesitte uygulanan dış yükten dolayı M_{max} ile eş zamanlı oluşan arttırılmış kesme dayanımı

$$V_{ci} = 0,0498 * \sqrt{f_c'} * b' * d + V_d + V_i * \frac{M_{cr}}{M_u - M_d} \geq 0,14115 * \sqrt{f_c'} * b' * d$$

ve

$$d > 0,8 * h \text{ olmalıdır.} \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9.20.2.2}) \quad (4.37)$$

$$M_{\text{max}} = M_u - M_d = 0,332 - 0,116 = 0,216 \text{ MNm}$$

M_{max} : Kesitte dış yüklerden oluşan arttırılmış max. moment

$$V_{ci} = 0,0498 * \sqrt{40} * 2 * 0,295 * 2,025 + 1,306 + 2,507 * \frac{21,203}{0,332 - 0,116} = 247,775 \text{ MN}$$

$$0,14115 * \sqrt{f'_c} * b' * d = 0,21876 * \sqrt{40} * 2 * 0,295 * 2,025 = 1,067 \text{ MN}$$

$$V_{ci} = 247,775 \text{ MN} \geq 1,067 \text{ MN} \quad \text{ve} \quad d = 2,025 \text{ m.} > 0,8 * 2,25 = 1,8 \text{ m.}$$

Tahkik Sağlanır

$$\sigma_{co}^{Pu} = \frac{P_{\infty}}{A_0} - \frac{P_{\infty} * (Y_G - d')}{I_p} * (h - Y_G) + \frac{(M_{zati} + M_{tabliye})}{I_p} * (h - Y_G)$$

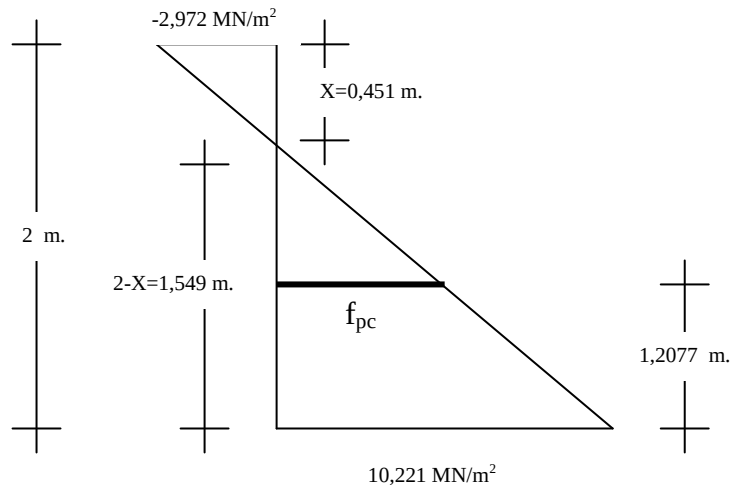
$$\frac{9,774}{2,0323} - \frac{9,774 * (0,8195 - 0,2249)}{0,8664} * (2 - 0,8195) + \frac{(0,0497 + 0,0513)}{0,8664} * (2 - 0,8195)$$

$$\sigma_{co}^{Pu} = -2,972 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{cu} = \frac{P_{\infty}}{A_0} + \frac{P_{\infty} * (Y_G - d')}{I_p} * Y_G + \frac{(M_{zati} + M_{tabliye})}{I_p} * Y_G$$

$$\sigma_{cu} = \frac{9,774}{2,0323} + \frac{9,774 * (0,8195 - 0,2249)}{0,8664} * 0,8195 + \frac{(0,0497 + 0,0513)}{0,8664} * 0,8195$$

$$\sigma_{cu} = 10,211 \text{ MN/m}^2$$



Şekil 4.13 Gerilme dağılımı

$$\frac{X}{2 - X} = \frac{2,972}{10,211} \quad X = 0,451 \text{ m.}$$

$$\frac{1,549 - 1,2077}{1,549} = \frac{f_{pc}}{10,211} \quad f_{pc} = 2,250 \text{ MN/m}^2$$

f_{pc} : Öngerilme kayıpları sonrasında kiriş zati yükü ve tabliye yükünden oluşan gerilmelerin kompozit kesit ağırlık merkezindeki dağılımı

$$V_{cw} = (0,29 \cdot \sqrt{f_c'} + 0,3 \cdot f_{pc}) \cdot b' \cdot d + V_p \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9.20.2.3}) \quad (4.38)$$

$$V_{cw} = (0,29 \cdot \sqrt{40} + 0,3 \cdot 2,250) \cdot 2 \cdot 0,295 \cdot 2,025 = 2,998 \text{ mn}$$

V_p : Öngerilmenin düşey bileşeni ($V_p = 0$)

$V_u \leq \phi \cdot V_{cw}$ olmalı.

$$V_u = 3,813 \text{ MN} > 0,85 \cdot 2,998 = 2,548 \text{ MN}$$

$$V_s = V_u - \phi \cdot V_{cw} = \frac{A_v \cdot f_{sy} \cdot d}{s} \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9.20.3.1}) \quad (4.39)$$

$$f_{sy} \leq 60000 \text{ psi} \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9.20.3.4})$$

$$f_{sy} = 413,60 \text{ N/mm}^2$$

$$3,813 - 0,85 \cdot 2,998 = \frac{A_v \cdot 414 \cdot 2,0251}{s}$$

$$\frac{A_v}{s} = 1,51 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{m} = 15,1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Kullanılan etriye $\longrightarrow \phi 14/10$ (15,36 cm²/m.)

Minimum etriye:

$$A_{v_{min}} = \frac{0,345 \cdot b' \cdot s}{f_{sy}} \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9.20.3.3}) \quad (4.40)$$

$$A_{v_{min}} = \frac{0,345 \cdot 2 \cdot 0,295 \cdot 0,15}{414} = 0,07 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{m} = 0,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,75 \cdot h = 0,75 \cdot 2,25 = 1,688 \text{ m.} > \\ 609,6 \text{ mm. (24'')} > \end{array} \right\} s \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 9.20.3.2}) \quad (4.41)$$

4.9.2.1 Yatay Kayma Dayanımı

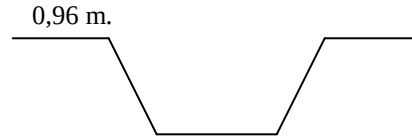
$$V_u \leq \phi * V_{cu} \text{ olmalı. (A.A.S.H.T.O.92 9.20.4.3)} \quad (4.42)$$

V_u : Kesite etkiyen maksimum yatay kesme kuvveti

$$V_u = 1,3 * [0,6667 + 0,5587 + 0,1510 + 1,67 * (0,0424 + 1,204 * 0,7291)] = 3,787 \text{ MN}$$

$$b_v = 2 * 0,96 = 1,92 \text{ m.}$$

b_v : C-C kesitine ait kanat genişliği



$$V_{nh} = \frac{V_u}{\phi} = \frac{3,787}{0,85} = 4,455 \text{ MN} > 0,558 * b_v * d = 0,558 * 1,92 * 2,025 = 2,17 \text{ MN}$$

1 m. için donatı hesabı:

$$A_s = \frac{3787 * 1,92 * 100}{414} = 17,56 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

İlave edilecek kesme dayanımı arttırma oranı

$$4 * 10^{-3} * b_v * f_{ys} * d = 4 * 10^{-3} * 1,92 * 414 * 2,025 = 6,439 \text{ MN}$$

$$\text{gerekli donatı miktarı} = \frac{4,455}{6,439} * 1,92 = 132,84 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

$$\text{Toplam donatı} = 17,56 + 132,84 = 150,40 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

$$\frac{V_{nh}}{b_v * s} = \frac{A_v * f}{s} * \psi * \frac{f_{ys}}{b_v} = 150,40 * 10^{-4} * 0,6 * \frac{414}{1,92} = 1,946 \text{ MN}$$

$$\begin{array}{lcl} 0,2 * f_c' = 0,2 * 40 = 8 \text{ MN} & > & \left\{ \begin{array}{l} \frac{V_{nh}}{b_v * s} = 1,946 \text{ MN} \\ 5,52 \text{ MN} \end{array} \right. \\ & > & \left\{ \begin{array}{l} \text{(A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.8.4.1-2 ve 5.8.4.1-3)} \end{array} \right. \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} 4 * b_v = 4 * 1,92 = 7,68 \text{ m.} & > & \left\{ \begin{array}{l} \text{(A.A.S.H.T.O.92 9.20.4.5)} \\ 0,6096 \text{ m. (24'')} \end{array} \right. \\ & > & \left\{ \begin{array}{l} \text{Seçilen } s = 10 \text{ cm.} \end{array} \right. \end{array}$$

Kullanılacak donatı:

$$2\phi 14/15 + 3\phi 16/10 = 80,84 \text{ cm}^2/\text{m.} > \frac{150,40}{2} = 75,20 \text{ cm}^2/\text{m. (yarım kesit için)}$$

4.10 Yerde Dökme Tabliye Analizi

Köprü statil açıklığı: $L=36,5$ m.

Kiriş aksları arasındaki mesafe: $S=3,96$ m.

Kiriş aralarındaki maksimum mesafe: $S_{\max}=0,04$ m.

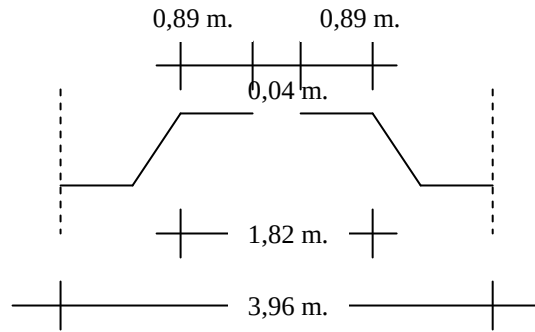
Döşeme kalınlığı: $t=0,25$ m.

Asfalt kalınlığı: $H_a=0,05$ m.

Hareketli yük kuvveti: $P=12$ t (H30-S24 kamyonunun bir teker yükü)

Titreşim katsayısı: $\varphi=1,204$

4.10.1 Hareketli Yükten Meydana Gelen Nominal Momentin Belirlenmesi



Şekil 4.14 Yerde dökme tabliye hesap açıklığı

$$M = \frac{(S + 0,6) * P * \varphi}{12} = \frac{(1,82 + 0,6) * 120 * 1,204}{12} = 29,137 \text{ kNm} = 0,029 \text{ MNm}$$

$$(\text{ A.A.S.H.T.O.92 3.24.3 }) \quad (4.43)$$

4.10.2 Ölü Yükten Meydana Gelen Nominal Momentin Belirlenmesi

$$g = 0,25 * 0,025 + 0,001 = 0,00725 \text{ MN/m}^2 = 7,25 \text{ kN/m}^2$$

1 m. için:

$$g = 0,00725 \text{ MN/m} = 7,25 \text{ kN/m}$$

$$M = \frac{q * l^2}{10} = \frac{0,00725 * 1,82^2}{10} = 0,0024 \text{ MNm} = 2,4 \text{ kNm}$$

4.10.3 Grup 1 Faktörlü Yüklerinin Belirlenmesi (A.A.S.H.T.O. 3.23.2.2)

$$\Sigma M = 1,3 * (M_g + 1,67 * M_q)$$

$$\Sigma M = 1,3 * (2,4 + 1,67 * 29,137) = 66,376 \text{ kNm} = 0,066 \text{ MNm/m.}$$

4.10.4 Eğilme Donatısı Hesabı (A.A.S.H.T.O. Beton)

$$f_c' = 25 \text{ N/mm}^2 \text{ (Beton karakteristik basınç dayanımı)}$$

$$f_y = 420 \text{ N/mm}^2 \text{ (Betonarme çeliği akma dayanımı)}$$

$$b_w = 1000 \text{ mm. (Kesit genişliği)}$$

$$h = 250 \text{ mm. (Kesit yüksekliği)}$$

$$d' = 25 \text{ mm. (Paspayı)}$$

$$d = 225 \text{ mm. (Kesit hesap yüksekliği)}$$

$$\phi = 0,9 \text{ (Dayanım azaltma çarpanı)}$$

$$M_u = 66,376 \text{ kNm (Hesap Momenti)}$$

$$\text{Seçim: } \phi 16/15$$

$$A_s = 1340,41 \text{ mm}^2 \text{ (1 m. için)}$$

$$A_{s,min} = 0,0015 * b_w * d = \frac{0,0015 * 1000 * 225}{100} = 337,5 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f_c' * b_w} = \frac{1340,41 * 420}{0,85 * 25 * 1000} = 26,493 \text{ mm. (A.A.S.H.T.O.92 8-17)} \quad (4.44)$$

a: Kesit basınç bloğu yüksekliği

$$\phi * M_n = \phi * A_s * f_y * (d - \frac{a}{2}) = 0,9 * 1340,41 * 420 * (225 - \frac{26,493}{2}) \quad (4.45)$$

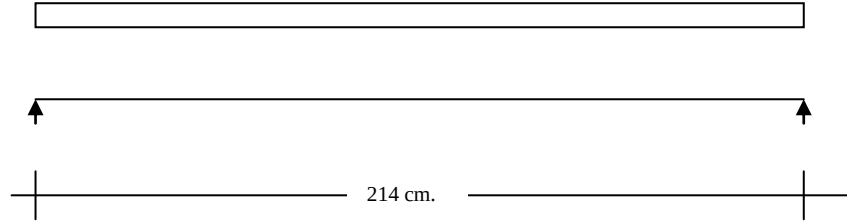
$$\phi * M_n = 107,290 \text{ kNm} \quad (\text{ A.A.S.H.T.O.92 8-16 })$$

$$\phi * M_n > M_u \quad \text{Tahkik Sağlanır.}$$

Sonuç: Her bölgede $\phi 16/15$ kullanılacaktır.

4.11 Fligran Hesabı

4.11.1 Momentlerin Belirlenmesi



Şekil 4.15 Fligran hesap açıklığı

1 m. İçin:

Tabliye ağırlığı..... $2,65 \cdot 0,25 \cdot 1 = 0,663$ t/m

Fligran ağırlığı..... $2,50 \cdot 0,10 \cdot 1 = 0,250$ t/m

$$g = 0,913 \text{ t/m}$$

Hareketli yük..... $q = 0,200$ t/m

$$M_g = \frac{g \cdot L^2}{8} = \frac{0,913 \cdot 2,14^2}{8} = 0,523 \text{ tm}$$

$$M_q = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{0,200 \cdot 2,14^2}{8} = 0,115 \text{ tm}$$

4.11.2 Grup 1 Faktörlü Yüklerinin Belirlenmesi (A.A.S.H.T.O. 3.23.2.2)

$$\Sigma M = 1,3 \cdot (M_g + 1,67 \cdot M_q)$$

$$\Sigma M = 1,3 \cdot (0,523 + 1,67 \cdot 0,115) = 0,929 \text{ tm}$$

4.11.3 Eğilme Donatısı Hesabı (A.A.S.H.T.O. Beton)

$f_c'=25 \text{ N/mm}^2$ (Beton karakteristik basınç dayanımı)

$f_y=420 \text{ N/mm}^2$ (Betonarme çeliği akma dayanımı)

$b_w=1000 \text{ mm.}$ (Kesit genişliği)

$h=100 \text{ mm.}$ (Kesit yüksekliği)

$d'=20 \text{ mm.}$ (Paspayı)

$d=80 \text{ mm.}$ (Kesit hesap yüksekliği)

$\phi=0,9$ (Dayanım azaltma çarpanı)

$M_u=0,929 \text{ tm}$ (Hesap Momenti)

Seçim: $\phi 16/20$

$A_s=1005 \text{ mm}^2$ (1 m. için)

$$a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f_c' * b_w} = \frac{1005 * 420}{0,85 * 25 * 1000} = 19,86 \text{ mm.}$$

a: Kesit basınç bloğu yüksekliği

$$\phi * M_n = \phi * A_s * f_y * (d - \frac{a}{2}) = 0,9 * 1005 * 420 * (80 - \frac{19,86}{2})$$

$$\phi * M_n = 26,62 \text{ kNm} = 2,66 \text{ tm}$$

$$\phi * M_n > M_u \quad \text{Tahkik Sağlanır.}$$

Sonuç: Altta $\phi 16/20$ kullanılacaktır.

4.12 Elastomer Mesnet (Neopren) Hesabı

4.12.1 Mesnet Fonksiyonlarının Belirlenmesi

$V_1=666,7$ kN (Kiriş zati ağırlığından)

$V_2=559,87$ kN (Döşeme+asfalt yükünden)

$V_3=771,50$ kN (Hareketli yükten)

$\Sigma V=1998,07$ kN

Her kirişin altında 2 adet neopren bulunduğu için $\Sigma V = \frac{1998,07}{2} = 999,04$ kN

alınacaktır.

$$\sigma_{\max} = \frac{999040}{a * b} \leq 5,52 \text{ N/mm}^2 \text{ (800 psi) } \quad (\text{A.A.S.H.T.O.92 14.4.1.1}) \quad (4.46)$$

$$a*b > \frac{999040}{5,52} = 180986 \text{ mm}^2$$

Seçilen mesnet boyutları: $a=550$ mm. $b=350$ mm.

$$\sigma_{\min} = \frac{(V_1 + V_2) / 2}{a * b} = \frac{613285}{192500} = 3,19 \text{ N/mm}^2 > 1,4 \text{ N/mm}^2 \text{ (200 psi)}$$
$$< 3,5 \text{ N/mm}^2 \text{ (500 psi)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{(V_1 + V_2 + V_3) / 2}{a * b} = \frac{999040}{192500} = 5,19 \text{ N/mm}^2 \leq 5,52 \text{ N/mm}^2 \text{ (800 psi)}$$

Tahkik Sağlanır.

4.12.2 Toplam Dönme Miktarının Belirlenmesi

$R_1=0,001395$ radyan (Kiriş zati ağırlığından)

$R_2=0,001680$ radyan (Döşeme+asfalt yükünden)

$\Sigma R=0,003075$ radyan

Seçilen mesnet yüksekliği: $t_{\text{mesnet}}=63$ mm ise $R=0,016$ radyan

Net $t=T=45$ mm. (Kauçuk tabaka toplam kalınlığı)

4.12.3 Deplasmanların Belirlenmesi

a. Sıcaklık değişimi (T)

$$\Delta T = 30^\circ$$

$$L_{\text{açıklık}} = 36500 \text{ mm.}$$

$$\Delta L = \Delta T * 1 * 10^{-5} * L_{\text{açıklık}} / 2 = 30 * 1 * 10^{-5} * \frac{36500}{2} = 5,475 \text{ mm.} \quad (4.47)$$

b. Rötme+Sünme (R+S)

$$\Delta L = 0,0002 * L_{\text{açıklık}} / 2 = 0,0002 * \frac{36500}{2} = 3,65 \text{ mm.} \quad (4.48)$$

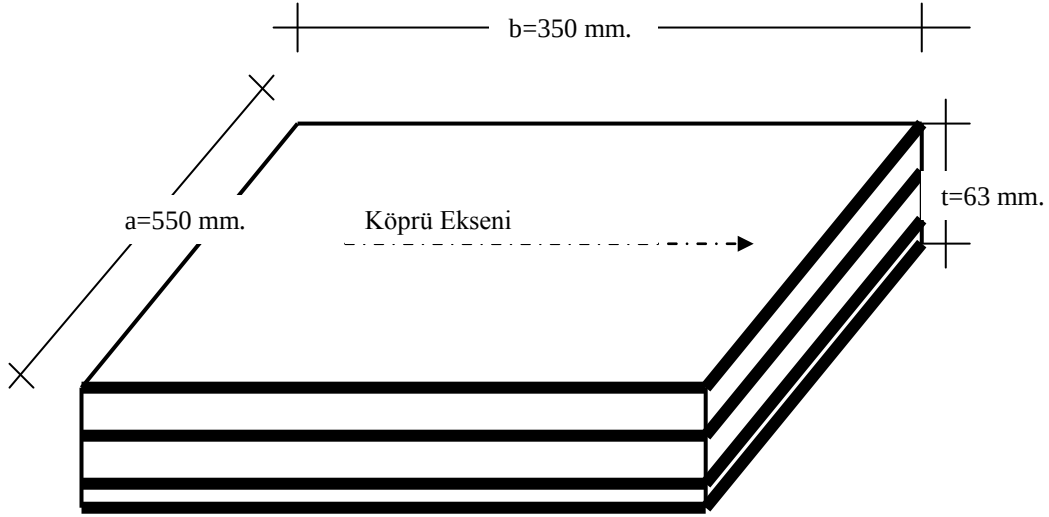
$$\Sigma \Delta L = 5,475 + 3,65 = 9,125 \text{ mm.}$$

Maksimum Deplasman (R+S+T)

Maksimum R+S+T hareketi=9,125 mm.

A.A.S.H.T.O.'ya göre $0,5 * T = 0,5 * 45 = 22,5 \text{ mm.} > 9,125 \text{ mm.}$

Tahkik Sağlanır.



Şekil 4.16 Elastomer mesnet

5. DEPREM HESABI

Kutu kesitli prefabrike kirişli öngerilmeli viyadüğün deprem yükleri altında analizi SAP2000 sonlu elemanlar programı vasıtasıyla yapılmıştır. Yapının geometrisi Excel programı ile hazırlanmıştır. SAP2000 programına “A.A.S.H.T.O.98 LRFD Bridge Design Specification” a göre hazırlanmış olan ivme-spektrum eğrisi girilmiştir. Bu eğriye göre yapının davranış modifikasyon faktörleri de gözönüne alınarak dinamik analiz yapılmıştır. Dinamik analizin sonuçları ile karşılaştırılmak üzere eşdeğer kuvvet metodu ile de analiz yapılmıştır. Bu analizlerde kullanılan değerler aşağıdaki gibi bulunmuştur.

- Mod Adedi:

Mod sayısı açıklığın 3 katı yani $3 \times 9 = 27$ mod alınacaktır. (A.A.S.H.T.O.98 LRFD 4.7.3.3) (5.1)

- Sönüm Oranı (Damping Ratio):

%5 alınacaktır.

- Mod kombinasyonları:

CQC (Complete Quadratic Combinations) metodu ile yapılacaktır.

(A.A.S.H.T.O.98 LRFD 4.7.4.3.3)

- Yön Kombinasyonları:

SRSS (The Square Root of the Sum of the Squares) metoduyla yapılacaktır.

- Davranış Modifikasyon Faktörü (Response Modification Factors):

$R_x = 3$ (X doğrultusunda sistemin tek bir kolon gibi davrandığı düşünülmüştür)

$R_y = 5$ (Y doğrultusunda sistemin çerçeve gibi davrandığı düşünülmüştür)

(A.A.S.H.T.O.98 LRFD Tablo 3.10.7.1-1)

5.1 İvme-Spektrum Eğrisi

$g = 9,81 \text{ m/sn}^2$ (Yerçekimi ivmesi)

$A = 0,4$ (Eşivme haritasına göre 1. derece deprem bölgesi için ivme katsayısı)

$S = 1,2$ (A.A.S.H.T.O.98 LRFD Tablo 3.10.5.1-1'e göre Zemin Profili 2 için zemin katsayısı)

A.A.S.H.T.O.98 LRFD Tablo 3.10.4-1'e göre Sismik Alan 4 alınacaktır.

Tablo 5.1 Zemin katsayıları

(A.A.S.H.T.O.98 LRFD Tablo 3.10.5.1-1)

Zemin Katsayısı	Zemin Profili Tipi			
	I	II	III	IV
S	1,0	1,2	1,5	2,0

Tablo 5.2 İvme katsayıları

(A.A.S.H.T.O.98 LRFD Tablo 3.10.4-1)

İvme Katsayısı	Sismik Alan
$A < 0,09$	1
$0,09 < A \leq 0,19$	2
$0,19 < A \leq 0,29$	3
$0,29 < A$	4

$$C_{sm} = \frac{1,2 * A * S}{T_m^{2/3}} \leq 2,5 * A \quad T_m \leq 4 \text{ sn. (A.A.S.H.T.O.98 LRFD 3.10.6.1)} \quad (5.2.a)$$

$$C_{sm} = \frac{3 * A * S}{T_m^{4/3}} \quad T_m > 4 \text{ sn. (A.A.S.H.T.O.98 LRFD 3.10.6.2)} \quad (5.2.b)$$

$$a = C_{sm} * g \quad (5.3)$$

C_{sm} : Deprem davranış katsayısı

T_m : m. moda ait period

a: ivme (m/sn^2)

Yukarıda belirtilen formüllere göre C_{sm} ve a (ivme) değerleri Excel programı ile bulunmuştur.

5.2 Tabliye Minimum Sismik Oturma Mesafeleri

Aşağıda bulunan değerler, prefabrike kirişlerin başlık kirişi üzerine oturacağı mesafelerin minimum değerleridir.

$$N = (200 + 0,0017 * L + 0,0067 * H) * (1 + 0,000125 * s^2) \quad (5.4)$$

(A.A.S.H.T.O.98 LRFD 4.7.4.4-1)

N (mm.): Minimum mesnet uzunluğu

L (mm.): Genleşme derzine kadar olan mesafe

H (mm.): Ortalama ayak yüksekliği

s (derece): Verevlik açısı

- Orta Ayak

$$L = 3 * 40000 = 120000 \text{ mm.}$$

$$H_{\text{ort}} = \frac{(28 - 4) + (28 - 4) + (31 - 4) + (31 - 4)}{4} = 25 \text{ m.} = 25000 \text{ mm.}$$

$$s \text{ (maksimum)} = 18,94^\circ$$

$$N = (200 + 0,0017 * 120000 + 0,0067 * 25000) * (1 + 0,000125 * 18,94^2)$$

$$N = 597,12 \text{ mm.} = 59,7 \text{ cm.}$$

- Kenar Ayakta

$$L = 2 * 40000 + 38000 = 118000 \text{ mm.}$$

$$H_{\text{ort}} = \frac{(8 - 2,5) + (12 - 4) + (18 - 4) + (31 - 4)}{4} = 13,625 \text{ m.} = 13625 \text{ mm.}$$

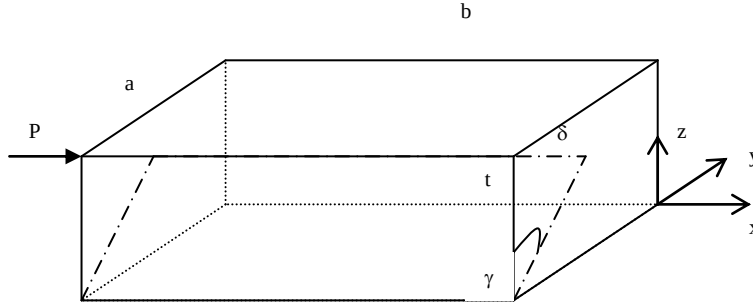
$$s \text{ (maksimum)} = 33,96^\circ$$

$$N = (200 + 0,0017 * 118000 + 0,0067 * 13625) * (1 + 0,000125 * 33,96^2)$$

$$N = 562,80 \text{ mm.} = 56,3 \text{ cm.}$$

5.3 Neoprenlere Ait Yay Katsayılarının Belirlenmesi

Her kirişin altında 2 adet neopren bulunduğu ve SAP2000 modelinde 1 adet neopren teşkil edildiği için aşağıda bulunan değerler 2 ile çarpılarak yay (spring) olarak neoprenlerin bulunduğu düğüm noktalarına verilecektir.



Şekil 5.4 Elastomer mesnet kayma deformasyonu

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{P}{a * b * G} = \frac{\delta}{t} \quad (5.5)$$

$$\delta = \frac{P * t}{a * b * G} \quad \text{ve} \quad k = \frac{1}{\delta} \text{ ise}$$

$$P=1 \text{ t. için } k = \frac{a * b * G}{t} = k_x = k_y \quad (5.6)$$

k: yay katsayısı

G: Kayma modülü

$$G=10 \text{ kg/cm}^2$$

$$E=6000 \text{ kg/cm}^2$$

$$k_x = k_y = \frac{A * G}{t} = \frac{35 * 55 * 10}{6,3} = 3055,56 \text{ kg/cm.} = 305,56 \text{ t/m.}$$

$$k_z = \frac{A * E}{t} = \frac{35 * 55 * 6000}{6,3} = 1833333,33 \text{ kg/cm.} = 183333,33 \text{ t/m.} \quad (5.7)$$

5.4 SAP2000 Program Datasının Oluşturulması

5.4.1 Zati Ağırlıkların Belirlenmesi

- Orta ayaklarda:

Orta ayakların boyutu 2m*3m seçilmiştir.

6 m.'lik orta ayak için: $g=6*2*3*2,5=90$ t.

19 m.'lik orta ayak için: $g=19*2*3*2,5=285$ t.

24 m.'lik orta ayak için: $g=24*2*3*2,5=360$ t.

27 m.'lik orta ayak için: $g=27*2*3*2,5=405$ t.

14 m.'lik orta ayak için: $g=14*2*3*2,5=210$ t.

8 m.'lik orta ayak için: $g=8*2*3*2,5=120$ t.

- Prefabrike kirişlerde:

$g_{zati}=3,65$ t/m

$g_{\text{öşeme+fligran}}=2,45+0,54=2,990$ t/m

yaya yükü=0,450 t/m (1. ve 3. kirişler için)

İlave daimi yükler=1,232 t/m (1. ve 3. kirişlere)

=0,396 t/m (2. kirişe)

Hareketli yük (Şerit Yükleme)=2,250 t/m (1. ve 3. kirişlere)

=4,500 t/m (2. kirişe)

Şerit Yükleme (tekil yük).....=6,818 t (1. ve 3. kirişlerin açıklık ortasına)

=13,364 t (2. kirişin açıklık ortasına)

$\Sigma g_{\text{ölü yük}}=3,650+2,990+1,232=7,872$ t/m (1. ve 3. kirişlere)

=3,650+2,990+0,396=7,036 t/m (2. kirişe)

$\Sigma g_{\text{hareketli yük}}=0,450+2,250=2,700$ t/m (1. ve 3. kirişlere)

=0,450+4,500=4,950 t/m (2. kirişe)

$\Sigma P_{\text{hareketli yük}}=6,818$ t (1. ve 3. kirişlerin açıklık ortasına)

=13,364 t (2. kirişin açıklık ortasına)

5.4.2 Yük Kombinasyonları

SAP2000 paket programına girilen yüklerin kombinasyonları A.A.S.H.T.O.'ya göre yapılmıştır. Depreme ait kombinasyonlar davranış modifikasyon faktörlerine bölünmüştür.

Kombinasyonlar (Combo)

- $G+Q$
- $G + \frac{1}{R_x} * E_{QX} + \frac{0,3}{R_y} * E_{QY}$
 $G + \frac{1}{3} * E_{QX} + \frac{0,3}{5} * E_{QY} = G + 0,3333 * E_{QX} + 0,0600 * E_{QY}$
- $G + \frac{0,3}{R_x} * E_{QX} + \frac{1}{R_y} * E_{QY}$
 $G + \frac{0,3}{3} * E_{QX} + \frac{1}{5} * E_{QY} = G + 0,1000 * E_{QX} + 0,2000 * E_{QY}$
- $1,3 * (G + 1,67 * Q) = 1,3 * G + 2,17 * Q$

G: Ölü yük

Q: Hareketli yük

E_{QX} : X yönündeki deprem kuvveti

E_{QY} : Y yönündeki deprem kuvveti

5.4.3 Eşdeğer Kuvvet Metodu İle Deprem Hesabı

Sistemin SAP2000 programında analizi sonucu bulunan modlara ait periodlar baz alınarak eşdeğer kuvvet yükleri bulunmuş ve SAP2000 programına deprem yükü olarak girilmiştir.

Y Yönü İçin Yapılan Hesap

$$F = m * a$$

$$F = m * C_{sm} * g = \frac{W}{g} * C_{sm} * g = W * C_{sm} \quad (5.8)$$

W: Ağırlık

$$T_1 = 0,4775 \text{ sn.}$$

$$C_{sm} = \frac{1,2 * A * S}{T_m^{2/3}} \leq 2,5 * A \quad T_m \leq 4 \text{ sn.}$$

$$C_{sm} = \frac{1,2 * A * S}{0,4775^{2/3}} = 0,9428 < 2,5 * A = 1$$

$$F_Y = 0,9428 * W$$

X Yönü İçin Yapılan Hesap

$$T_6 = 0,2185 \text{ sn.}$$

$$C_{sm} = \frac{1,2 * A * S}{T_m^{2/3}} \leq 2,5 * A \quad T_m \leq 4 \text{ sn.}$$

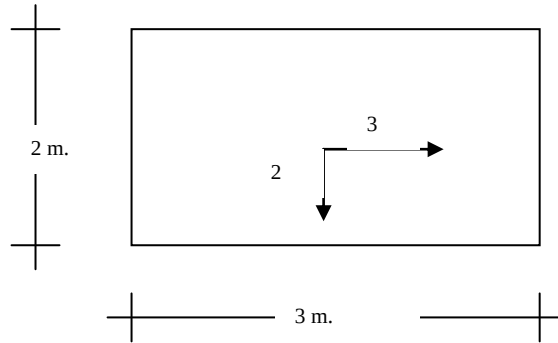
$$C_{sm} = \frac{1,2 * A * S}{0,2185^{2/3}} = 1,5878 > 2,5 * A = 1 \quad \text{olduğu için } C_{sm} = 1 \text{ alınır.}$$

$$F_X = W$$

5.5 Orta Ayak İçin Hesap

H=27 m. (orta ayak uzunluğu)

Orta ayak hesabı için SAP2000 modelindeki 168 no'lu çubuk elemana ait değerler kullanılmıştır.



Şekil 5.11 Orta ayak

5.5.1 1,3*G+2,17*Q Kombinasyonuna Göre Hesap

$$\left. \begin{array}{l} N_d = 1560,33 \text{ t} \\ M_{2-2} = 142,52 \text{ tm} \\ M_{3-3} = 26,52 \text{ tm} \end{array} \right\} \text{ Temel üstündeki değerlerdir.}$$

$$P_r = \phi * P_n$$

$$P_n = 0,8 * [0,85 * f_c * (A_g - A_{st}) + f_y * A_{st}] \quad (\text{A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.7.4.4-3}) \quad (5.9)$$

Yukarıdaki bağıntı etriyeli elemanlar için verilmiş bir bağıntıdır.

$\phi = 0,75$ (A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.5.4.2'ye göre eksenel yük altındaki spiral ve normal etriyeli kolonlar için dayanım faktörü)

P_r : Faktörlü eksenel dayanım

P_n : Nominal eksenel dayanım

f_c : Betonun 28 günlük basınç dayanımı (BS25 için 250 kg/cm^2)

A_g : Kesitin brüt alanı

$$A_g = 3 * 2 = 6 \text{ m}^2 = 60000 \text{ cm}^2$$

A_{st} : Boyuna donatının toplam alanı

$$A_{st} \approx 0,01 * A_g = 600 \text{ cm}^2 \quad (\text{A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.7.4.2})$$

f_y : Çeliğin akma dayanımı (S420 için 4200 kg/cm^2)

$$P_n = 0,8 * [0,85 * 250 * (60000 - 600) + 4200 * 600] = 12114000 \text{ kg}$$

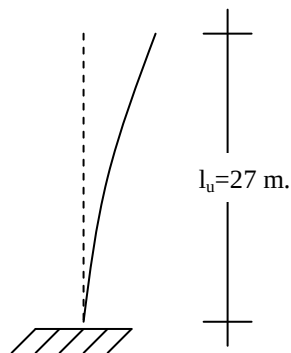
$$P_n = 12114 \text{ t}$$

$$P_r = 0,75 * 12114 = 9085,5 \text{ t}$$

$$N_d = 1560,33 \text{ t} < P_r = 9085,5 \text{ t}$$

Tahkik sağlanır.

Narinlik Kontrolü



Şekil 5.12 Orta ayak etkili boyu

$$k = 2 \quad (\text{Bir ucu ankastre})$$

$$r = \sqrt{\frac{I_g}{A}} \quad (5.10)$$

$$I_g = \frac{2 * 3^3}{12} = 4,5 \text{ m}^4$$

r: Atalet yarıçapı

$$r = \sqrt{\frac{I_g}{A}} = \sqrt{\frac{4,5}{6}} = 0,87$$

$22 < \frac{k * l_u}{r} < 100$ ise elemanın narinliği gözönüne alınır. (A.A.S.H.T.O.98 LRFD

5.7.4.3) (5.11)

$$\frac{k * l_u}{r} = \frac{2 * 27}{0,87} = 62,07$$

$22 < 62,07 < 100$ olduğu için elemanın narinliği gözönüne alınacaktır.

$$P_e = \frac{\pi^2 * EI}{(k * l_u)^2} \quad (\text{ A.A.S.H.T.O.98 LRFD 4.5.3.2.2b-5 }) \quad (5.12)$$

P_e : Euler burkulma yükü

$$EI = \frac{\frac{E_c * I_g}{2,5}}{1 + \beta_d} \quad (\text{ A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.7.4.3-2 }) \quad (5.13)$$

$$\beta_d = \frac{\text{Max. zati yük Momenti}}{\text{Max. toplam Moment}} = \frac{60,08}{142,52} = 0,42 \quad (\text{ daima pozitif alınır })$$

$$EI = \frac{\frac{E_c * I_g}{2,5}}{1 + \beta_d} = \frac{\frac{3030000 * 4,5}{2,5}}{1 + 0,42} = 3840845,07 \text{ t/m}^2$$

$$P_e = \frac{\pi^2 * EI}{(k * l_u)^2} = \frac{\pi^2 * 3840845,07}{(2 * 27)^2} = 13000 \text{ t}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi * \sum P_e}} \quad (\text{A.A.S.H.T.O.98 LRFD 4.5.3.2.2b-4}) \quad (5.14)$$

δ_s : Moment arttırma faktörü

ϕ : Eğilme momenti için dayanım faktörü

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi * \sum P_e}} = \frac{1}{1 - \frac{1560,33}{0,9 * 13000}} = 1,15$$

$$\delta_s * M_d = 1,15 * 142,52 = 163,90 \text{ tm alınacaktır.}$$

$$\left. \begin{aligned} m &= \frac{M_d}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{163,90}{2 * 3^2 * 1670} = 0,0055 \\ n &= \frac{N_d}{b * h * f_{cd}} = \frac{1560,33}{2 * 3 * 1670} = 0,156 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{minimum donatı} \\ \text{gerektirmektedir} \end{array} \quad (5.15)$$

5.5.2 G+0,3*E_X+E_Y Kombinasyonuna Göre Hesap

$$\left. \begin{aligned} N_d &= 487,49 \text{ t} \\ M_{2-2} &= 1350,86 \text{ tm} \\ M_{3-3} &= 103,27 \text{ tm} \end{aligned} \right\} \text{ Temel üstündeki değerlerdir.}$$

$$N_d = 487,49 \text{ t} < P_r = 9085,5 \text{ t} \quad \text{Tahkik sağlanır.}$$

$$\beta_d = \frac{\text{Max. zati yük Momenti}}{\text{Max. toplam Moment}} = \frac{60,08}{1350,86} = 0,044 \quad (\text{daima pozitif alınır})$$

$$EI = \frac{\frac{E_c * I_g}{2,5}}{1 + \beta_d} = \frac{\frac{3030000 * 4,5}{2,5}}{1 + 0,044} = 5224137,93 \text{ t/m}^2$$

$$P_e = \frac{\pi^2 * EI}{(k * l_u)^2} = \frac{\pi^2 * 5224137,93}{(2 * 27)^2} = 17682 \text{ t}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi * \sum P_e}} = \frac{1}{1 - \frac{1231,25}{0,9 * 17682}} = 1,08$$

$$\delta_s * M_d = 1,08 * 1350,86 = 1458,93 \text{ tm alınacaktır.}$$

$$\left. \begin{aligned} m &= \frac{M_d}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{1458,93}{2 * 3^2 * 1670} = 0,049 \\ n &= \frac{N_d}{b * h * f_{cd}} = \frac{487,49}{2 * 3 * 1670} = 0,049 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{minimum donatı} \\ \text{gerektirmektedir} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \rho \\ \rho \end{array} \right\} \begin{array}{l} \geq \rho_{\min} = 0,01 \\ < \rho_{\max} = 0,04 \end{array} \text{ olmalıdır.}$$

Etriye sıklaştırma Bölgesi (A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.10.11.4.1c'ye göre)	}	Max. $\frac{1}{6} * \text{Ayak Uzunluğu} = \frac{1}{6} * 27 = 4,5 \text{ m.}$ 450 mm. Kesit boyutlarından max. olanı=3 m. max (2 m.; 3m.)
--	---	---

$$A_{s,min}=0,01*200*300=600 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 26/8 \text{ (114 adet) } \quad A_s=605 \text{ cm}^2$$

5.6 Orta Ayak İçin Kazıklı Temel Hesabı

5.6.1 Sap2000 Modeli İçin Gerekli Olan Yüklemeler

Aşğıda belirtilen yükler, sistemin 3 boyulu modelinin analizi sonucu bulunmuş yüklerdir.

- G Yükleri:

$$\left. \begin{array}{l} N=859,370 \text{ t} \\ M=60,080 \text{ tm} \end{array} \right\} \text{ Temel üstündeki değerlerdir.}$$

- Q Yükleri:

$$\left. \begin{array}{l} N=204,220 \text{ t} \\ M=29,690 \text{ tm} \end{array} \right\} \text{ Temel üstündeki değerlerdir.}$$

- G+Q Yükleri:

$$\left. \begin{array}{l} N=1063,590 \text{ t} \\ M=89,770 \text{ tm} \end{array} \right\} \text{ Temel üstündeki değerlerdir.}$$

- $G+0,3*E_x+E_y$ Yükleri:

$$\left. \begin{array}{l} N=487,490 \text{ t} \\ M=1350,860 \text{ tm} \end{array} \right\} \text{ Temel üstündeki değerlerdir.}$$

- Toprak Yükü:

Kolon bölgeleri hariç tüm meshlere,

$$g_{toprak}=1*1,8=1,8 \text{ t/m}^2$$

Kazık başlık plağı “shell” eleman olarak tanımlanmıştır. Kalınlığı 1,5 m. seçilmiştir.

Boyutları 12m.*9m. dir. Plak 0,5m.*0,5m. lik “mesh” lere ayrılmıştır. Plak üzerinde

orta ayakların bulunduğu bölgelere rijit çubuklar tanımlanmıştır. Bu çubukları birbirine bağlayan düğüm noktalarına yukarıdaki yükler verilmiştir. Normal kuvvetler düğüm noktalarına eşit dağıtılmış, momentler ise kuvvet çiftlerine ayrılarak çekme ve basınç kuvvetleri olarak dağıtılmıştır.

- G Yükleri:

$$P_N=859,37/20=42,97 \text{ t.}$$

$$P_M=60,08/(3*5)=4 \text{ t.}$$

- Q Yükleri:

$$P_N=204,22/20=10,21 \text{ t.}$$

$$P_M=29,69/(3*5)=1,98 \text{ t.}$$

- G+Q Yükleri:

$$P_N=1063,59/20=53,18 \text{ t.}$$

$$P_M=89,77/(3*5)=5,98 \text{ t.}$$

- $G+0,3*E_X+E_Y$ Yükleri:

$$P_N=487,49/20=24,37 \text{ t.}$$

$$P_M=1350,86/(3*5)=90,06 \text{ t.}$$

5.6.2 Kazık Taşıma Gücünün Belirlenmesi

Zemin Sınıfı: Z2

$$f_s=5 \text{ t/m}^2 \text{ (çevre sürtünmesi için)}$$

$$q_{uç}=400 \text{ t/m}^2 \text{ (uç direnci için)}$$

Seçilen kazık çapı: $\phi 120$

Seçilen kazık boyu: $L=15 \text{ m.}$

Kazık adedi: 12 adet

$$Q_{çevre}=f_s*\Sigma Çevre=5*15*\pi*1,2=282,74 \text{ t.} \quad (5.16)$$

$$Q_{uç}=q_{uç}*A_{kazık}=400*\frac{\pi*1,2^2}{4}=452,39 \text{ t.} \quad (5.17)$$

$Q_{çevre}$: Çevre sürtünmesi ile kazığın taşıyabileceği yük miktarı

$Q_{uç}$: Uç direnci ile kazığın taşıyabileceği yük miktarı

$\Sigma Çevre$: Kazığın çevresi

$A_{kazık}$: Kazığın alanı

G+Q Yüklemesi için kazığın taşıyabileceği emniyet yükü:

$$Q_{em} = \frac{Q_{uç} + Q_{çevre}}{2,5} = \frac{282,74 + 452,39}{2,5} = 294,05 \text{ t.} \quad (5.18)$$

G+E Yüklemesi için kazığın taşıyabileceği emniyet yükü:

$$Q_{em} = \frac{Q_{uç} + Q_{çevre}}{2} = \frac{282,74 + 452,39}{2} = 367,57 \text{ t.} \quad (5.19)$$

5.6.3 Kazıklara Etkiyen Yatay Yayların Hesaplanması

$$k_h = 5000 \text{ t/m}^3$$

k_h : Yatay yay katsayısı

$$k_h * D * L = 5000 * 1,2 * 1 = 6000 \text{ t/m}$$

Kazık, herbiri 1 m. uzunluğundaki 15 eşit parçaya bölünmüştür. Kazığın uçundan itibaren yukarı doğru orantılı olarak azalacak şekilde yay katsayıları tespit edilmiştir. Bulunan değerler SAP2000 programında 1 m.lik parçaları birbirlerine bağlayan düğüm noktalarına X ve Y yönünde yay katsayıları olarak verilmiştir.

5.6.4 Sonuçların Değerlendirilmesi

SAP2000 programında modelin analiz edilmesi sonucu bulunan maksimum yüklerin emniyet gerilmeleri ile karşılaştırılması aşağıdaki gibidir,

- G+Q için

$$\text{Max. } P_{G+Q} = 291,76 \text{ t} < Q_{em} = 294,05 \text{ t} \quad \text{Tahkik Sağlanır.}$$

- G+E için

$$\text{Max. } P_{G+E} = 233,37 \text{ t} < Q_{em} = 367,57 \text{ t} \quad \text{Tahkik Sağlanır.}$$

5.6.5 Kazık Donatı Hesabı

$$P_r = \phi * P_n$$

$$P_n = 0,85 * [0,85 * f_c' * (A_g - A_{st}) + f_y * A_{st}] \quad (\text{A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.7.4.4-3}) \quad (5.20)$$

Yukarıdaki bağıntı spiral etriyeli elemanlar için verilmiş bir bağıntıdır.

$\phi = 0,75$ (A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.5.4.2'ye göre eksenel yük altındaki spiral ve normal etriyeli kolonlar için dayanım faktörü)

P_r : Faktörlü eksenel dayanım

P_n : Nominal eksenel dayanım

f_c' : Betonun 28 günlük basınç dayanımı (BS25 için 250 kg/cm^2)

A_g : Kesitin brüt alanı

$$A_g = \frac{\pi * 120^2}{4} = 11309,73 \text{ cm}^2$$

A_{st} : Boyuna donatının toplam alanı

$$A_{st} \cong 0,01 * A_g = 113,10 \text{ cm}^2 \quad (\text{A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.7.4.2})$$

f_y : Çeliğin akma dayanımı (S420 için 4200 kg/cm^2)

$$P_n = 0,85 * [0,85 * 250 * (11309,73 - 113,10) + 4200 * 113,10] = 2426158 \text{ kg}$$

$$P_n = 2426 \text{ t}$$

$$P_r = 0,75 * 2426 = 1819,50 \text{ t}$$

$$1,3 * G + 2,17 * Q \text{ Yükleme için: } N_d = 417,37 \text{ t}$$

$$N_d = 417,37 \text{ t} < P_r = 1819,50 \text{ t} \quad \text{Tahkik sağlanır.}$$

- G+E Yükleme için:

$$N = 233,37 \text{ t}$$

$$M = 0,03 \text{ tm}$$

$$m = \frac{M_d}{A_c * h * f_{cd}} = \frac{0,03}{\frac{\pi * 1,2^3}{4} * 1670} = 0,00001$$
$$n = \frac{N_d}{A_c * f_{cd}} = \frac{233,37}{\frac{\pi * 1,2^2}{4} * 1670} = 0,124$$

}

minimum donatı

gerektirmektedir

- $1,3 * G + 2,17 * Q$ Yükleme için:

$$N = 417,37 \text{ t}$$

$$M = 0,06 \text{ tm}$$

$$m = \frac{M_d}{A_c * h * f_{cd}} = \frac{0,06}{\frac{\pi * 1,2^3}{4} * 1670} = 0,00003$$

$$n = \frac{N_d}{A_c * f_{cd}} = \frac{417,37}{\frac{\pi * 1,2^2}{4} * 1670} = 0,221$$

} minimum donatı
gerektirmektedir

$$\rho \left\{ \begin{array}{l} \geq \rho_{\min}=0,01 \\ < \rho_{\max}=0,04 \end{array} \right. \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,\min}=0,01 * \frac{\pi * 120^2}{4} = 113 \text{ cm}^2$$

Seçilen Donatı: 22φ26 $A_s=116,80 \text{ cm}^2$

s=15 cm. < 20 cm. (A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.10.11.4.1d)

5.6.6 Kazık Başlık Plağı Donatı Hesabı

b=100 cm.

Beton Sınıfı: BS25

h=150 cm.

Donatı: S420

d'=7,5 cm.

d=142,5 cm.

$\rho_{\min}=0,002$

$A_{s,\min}=0,002 * 100 * (150 - 7,5) = 28,5 \text{ cm}^2$

- G+E yüklemesi için donatı hesabı:

Max. $M_{11}=105 \text{ tm}$

Max. $M_{22}=75 \text{ tm}$

Min. $M_{11}=-55 \text{ tm}$

Min. $M_{22}=-38 \text{ tm}$

1 - 1Yn:

Plak alt yn:

$M_d=105 \text{ tm}$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{105 * 1000} = 19,34 \longrightarrow k_s = 0,0279 \quad (5.21)$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0279 * \frac{105 * 1000}{142,5} = 20,56 \text{ cm}^2 < A_{s,min} = 28,50 \text{ cm}^2 \quad (5.22)$$

Seçilen Donatı: $\phi 20/10$ $A_{s,seçilen} = 31,42 \text{ cm}^2$

Plak st yn:

$$M_d = 55 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{55 * 1000} = 36,92 \longrightarrow k_s = 0,0277$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0277 * \frac{55 * 1000}{142,5} = 10,69 \text{ cm}^2 < A_{s,min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

Seçilen Donatı: $\phi 20/10$ $A_{s,seçilen} = 31,42 \text{ cm}^2$

2 - 2Yn:

Plak alt yn:

$$M_d = 75 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{75 * 1000} = 27,08 \longrightarrow k_s = 0,0277$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0277 * \frac{75 * 1000}{142,5} = 14,58 \text{ cm}^2 < A_{s,min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

Seçilen Donatı: $\phi 20/10$ $A_{s,seçilen} = 31,42 \text{ cm}^2$

Plak st yn:

$$M_d = 38 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{38 * 1000} = 53,44 \longrightarrow k_s = 0,0277$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0277 * \frac{38 * 1000}{142,5} = 7,39 \text{ cm}^2 < A_{s,min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

Seçilen Donatı: $\phi 20/10$ $A_{s,seçilen} = 31,42 \text{ cm}^2$

- 1,3*G+2,17*Q yüklemesi için donatı hesabı:

$$\text{Max. } M_{11}=103 \text{ tm}$$

$$\text{Max. } M_{22}=160 \text{ tm}$$

$$\text{Min. } M_{11}=-72 \text{ tm}$$

$$\text{Min. } M_{22}=-53 \text{ tm}$$

1 - 1Yönü:

Plak alt yönü:

$$M_d=103 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{103 * 1000} = 19,71 \longrightarrow k_s = 0,0279$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0279 * \frac{103 * 1000}{142,5} = 20,17 \text{ cm}^2 < A_{s,\min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 20/10 \quad A_{s,\text{seçilen}} = 31,42 \text{ cm}^2$$

Plak üst yönü:

$$M_d=72 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{72 * 1000} = 28,20 \longrightarrow k_s = 0,0277$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0277 * \frac{72 * 1000}{142,5} = 14 \text{ cm}^2 < A_{s,\min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 20/10 \quad A_{s,\text{seçilen}} = 31,42 \text{ cm}^2$$

2 - 2Yönü:

Plak alt yönü:

$$M_d=160 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{160 * 1000} = 12,69 \longrightarrow k_s = 0,0282$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0282 * \frac{160 * 1000}{142,5} = 31,66 \text{ cm}^2 > A_{s,\min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 24/10 \quad A_{s,\text{seçilen}} = 45,23 \text{ cm}^2$$

Plak üst yönü:

$$M_d = 53 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M} = \frac{100 \cdot 142,5^2}{53 \cdot 1000} = 38,31 \longrightarrow k_s = 0,0277$$

$$A_s = k_s \cdot \frac{M_d}{d} = 0,0277 \cdot \frac{53 \cdot 1000}{142,5} = 10,30 \text{ cm}^2 < A_{s,\min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

Seçilen Donatı: $\phi 20/10$ $A_{s,\text{seçilen}} = 31,42 \text{ cm}^2$

Sonuç:

1 –1 Yönü (Uzun Kenara Paralel) :

Plak Alt Donatısı:

Seçilen Donatı: $\phi 20/10$

Plak Üst Donatısı:

Seçilen Donatı: $\phi 20/10$

2 –2 Yönü (Kısa Kenara Paralel) :

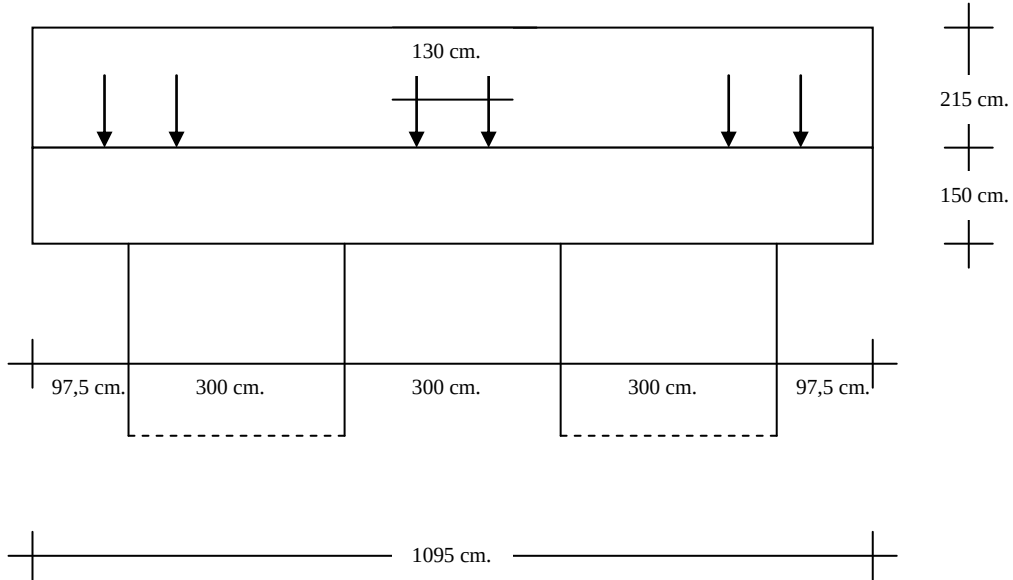
Plak Alt Donatısı:

Seçilen Donatı: $\phi 24/10$

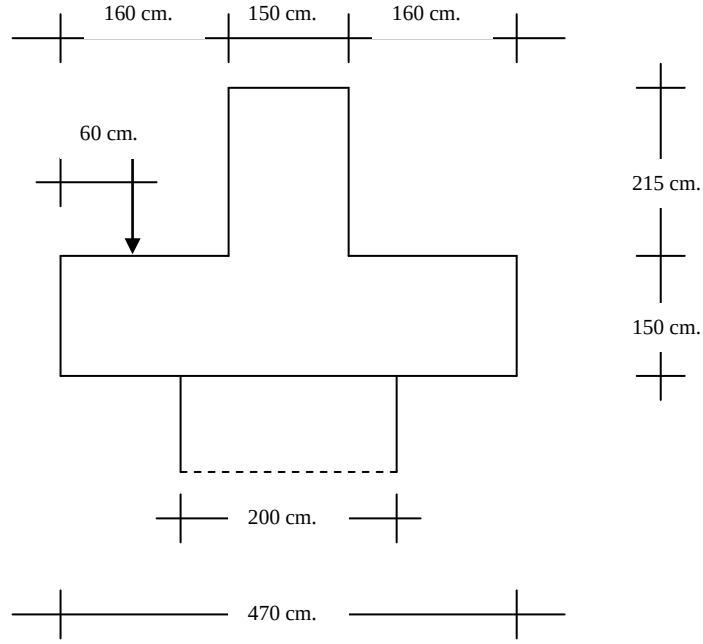
Plak Üst Donatısı:

Seçilen Donatı: $\phi 20/10$

5.7 Orta Ayak Başlık Kirişi Hesabı



Şekil 5.16 Orta ayak başlık kirişi



Şekil 5.17 Başlık kirişi enkesiti

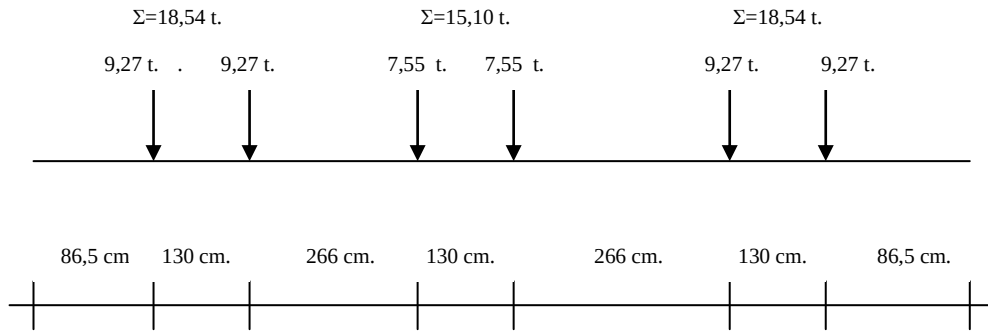
5.7.1 Zati Ağırlıkların Belirlenmesi

Başlık kirişi zati ağırlığı = $(2,15 \times 1,5 + 4,7 \times 1,5) \times 2,5 = 25,688 \text{ t/m}$.

Prefabrike kiriş zati ağırlığı = $\frac{66,67}{2} = 33,34 \text{ t}$. (her bir neopren üzerine)

Tabiliye ağırlığı = $\frac{55,87}{2} = 27,94 \text{ t}$. (her bir neopren üzerine)

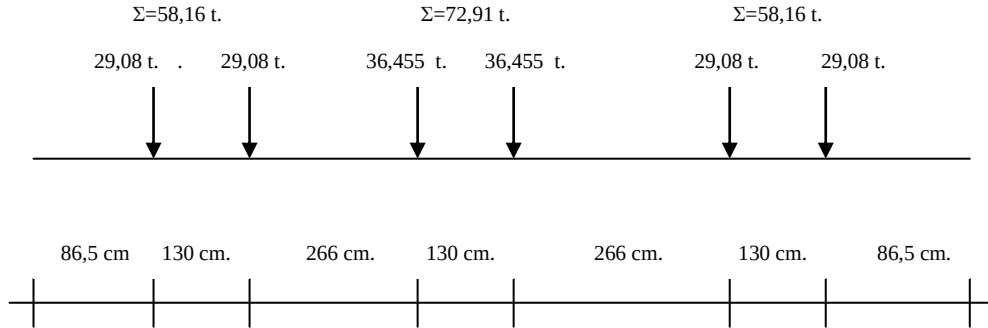
İlave daimi yükten başlık kirişine gelen yükler:



Şekil 5.18 İlave daimi yüklerin başlık kirişi üzerinde yayılışı

Σ İlave Daimi Yük=52,18 t. (herbir konsola)

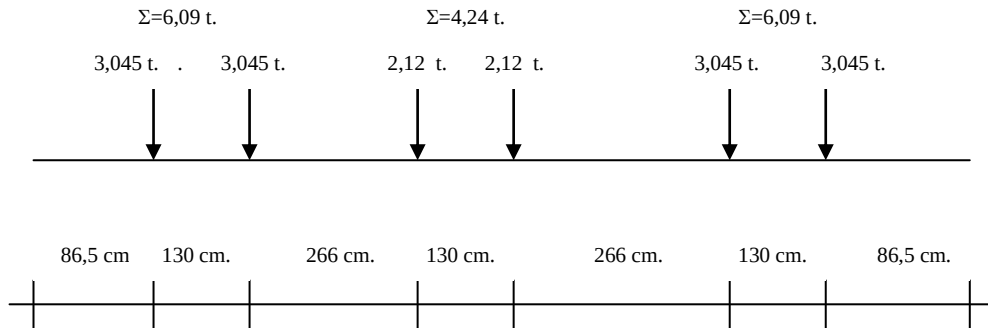
Hareketli yükten (Şerit yükünden) başlık kirişine gelen yükler:



Şekil 5.19 Hareketli yüklerin başlık kirişi üzerinde yayılışı

Σ Şerit Yüğü=189,23 t. (herbir konsola)

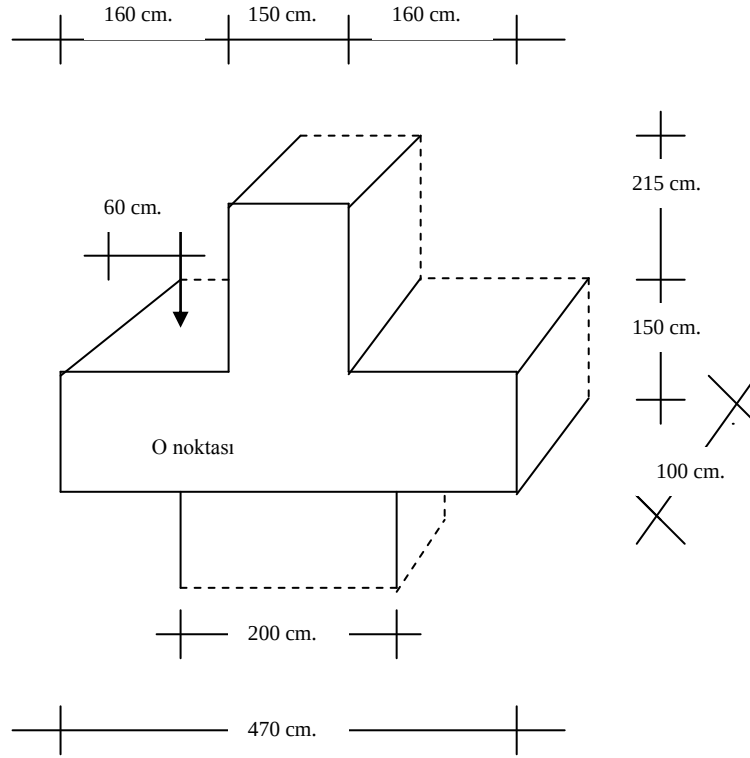
Yaya yükünden başlık kirişine gelen yükler:



Şekil 5.20 Yaya yüklerinin başlık kirişi üzerinde yayılışı

Σ Yaya Yüğü=16,42 t. (herbir konsola)

5.7.2 Başlık Kirişi Konsol Hesabı



Şekil 5.21 Başlık kirişi (1 m. genişlik için)

$$M_d = 1,3 * [G + 1,67 * Q]$$

O noktasına göre moment alınırsa;

Şerit Yükünden:

$$M_1 = 0,75 * 189,23 * 1,204 = 170,87 \text{ tm.}$$

Yaya Yükünden:

$$M_2 = 16,42 * 0,75 = 12,32 \text{ tm.}$$

Zatü Yükten:

$$M_3 = (1,35 * 1,5 * 2,5) * 0,675 + (33,34 * 8 + 52,18 + 27,94 * 8) * 0,75 = 410,23 \text{ tm.}$$

$$\phi * M_d = 1,3 * [410,23 + 1,67 * (12,32 + 170,87)] = 931,0 \text{ tm. (10,95 m. genişlik için)}$$

1 m. için:

$$\phi * M_d = \frac{931,0}{10,95} = 85,0 \text{ tm/m.}$$

$$\phi = 0,9 \quad \text{ise} \quad M_d = \frac{85,0}{0,9} = 94,44 \text{ tm/m.}$$

b=100 cm. (1 m. için hesap yapıldığı için)

d=145 cm.

d'=5 cm. (paspayı)

h=150 cm.

Beton sınıfı: BS25

Donatı: S420

$$K = \frac{b_w * d^2}{M_d} = \frac{100 * 145^2}{94,44 * 1000} = 22,26 \quad \text{ise} \quad k_s = 0,0278$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0278 * \frac{94,44 * 1000}{145} = 18,11 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

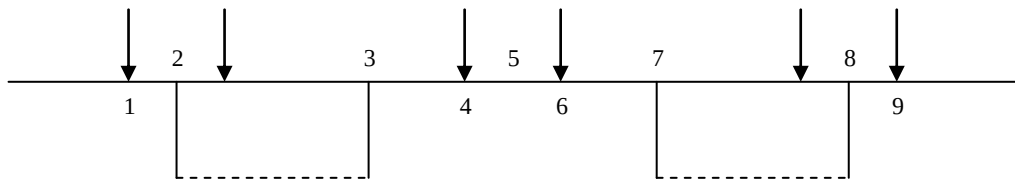
$$A_{s,min} = \frac{1,2}{f_{yd}} * b * d = \frac{1,2}{365} * 100 * 145 = 47,67 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

$$A_s < A_{s,min}$$

Seçilen Donatı: $\phi 26/10$ (üstte) $A_{s,seçilen} = 53,09 \text{ cm}^2$

5.7.3 Başlık Kirişinin Analizi

Başlık kirişinin analizini yapmak için SAP2000 modeli oluşturulmuştur. Bu model üzerine zati yükler ve hareketli yükler verilmiştir. Kolonların kirişlerle birleştiği noktalar kolon genişliği kadar rijit teşkil edilmiştir.



Şekil 5.22 Başlık kirişi analizi yapılan kesitler

Tablo 5.5 Başlık kirişinde oluşan kesit tesirleri

	Yükleme	M (tm.)	Q (t)
1	G+Q	-19,74	129,33
	1,3*G+2,17*Q	-29,03	198,79
2	G+Q	-31,74	224,11
	1,3*G+2,17*Q	-47,41	347,24
3	G+Q	-122,58	-245,60
	1,3*G+2,17*Q	-190,42	-388,01
4	G+Q	59,82	-200,35
	1,3*G+2,17*Q	99,17	-320,03
5	G+Q	83,34	0
	1,3*G+2,17*Q	135,70	0
6	G+Q	59,82	200,35
	1,3*G+2,17*Q	99,17	320,03
7	G+Q	-122,58	245,60
	1,3*G+2,17*Q	-190,42	388,01
8	G+Q	-31,74	-224,11
	1,3*G+2,17*Q	-47,41	-347,24
9	G+Q	-19,74	-129,33
	1,3*G+2,17*Q	-29,03	-198,79

b=150 cm.

d=310 cm.

d'=5 cm. (paspayı)

h=315 cm.

Beton sınıfı: BS25

Donatı: S420

2 Noktası için:

$M_d=47,41$ tm

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{150 * 310^2}{47,41 * 1000} = 304,05$$

$\rho < \rho_{min}$

3 Noktası için:

$$M_d=190,42 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{150 * 310^2}{190,42 * 1000} = 75,70$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

5 Noktası için:

$$M_d=135,70 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{150 * 310^2}{135,70 * 1000} = 106,23$$

$$\rho < \rho_{\min}$$

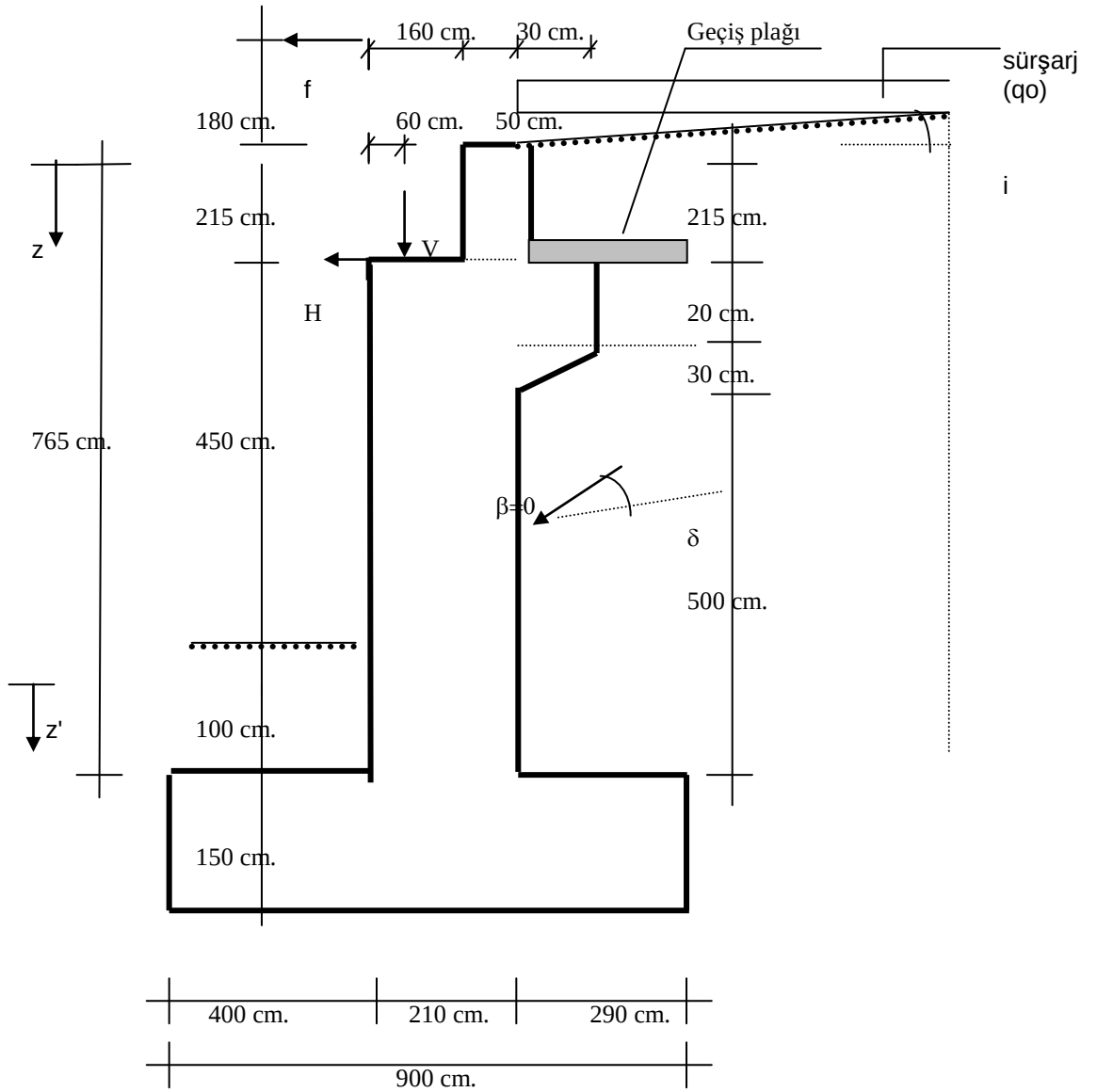
Minimum donatı:

$$A_{s,\min} = \rho_{\min} * b_w * d = 0,0015 * 150 * 310 = 69,75 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } 20\phi 22 \text{ (altta ve üstte) } \quad A_{s,\text{seçilen}} = 76,03 \text{ cm}^2$$

5.8 Kenar Ayak Hesabı

Kenar ayağa gelen üstyapı yükleri üç boyutlu SAP2000 modelinden alınmıştır.
Kenar ayağa gelen toprak itkisinin hesabı için Mononobe-Okabe Analizi yapılmıştır.



Şekil 5.23 Kenar ayak geometrisi

5.8.1 G+Q Yükleme

Malzeme Bilgileri:

Beton: BS25

Çelik: S420

Minimum donatı oranı: 0,002

Paspayı: 7,5 cm.

Zemin Bilgileri:

$\phi=30^\circ$ (zemin içsel sürtünme açısı)

$\beta=0^\circ$ (duvar-zemin arakesitinin düşeyle yaptığı açı)

$\delta=0^\circ$ (zemin ile duvar arasındaki sürtünme açısı)

$i=0^\circ$ (zemin yüzeyinin yatayla yaptığı açı)

$\gamma=1,8 \text{ t/m}^3$ (zemin birim hacim ağırlığı)

$q_0=1,2 \text{ t/m}^2$ (sürşarj)

$A=0,4$ (deprem bölgesi yatay ivme katsayısı)

$k_h=0,2$ (deprem yüklemesinde yatay ivme katsayısı) $A/2 \leq K_h \leq 0,7$

$k_v=0,12$ (deprem yüklemesinde düşey ivme katsayısı)

$PKO=0$ (pasif etkinin hesaba katılma oranı)

$f_s=0,5$ (beton-zemin sürtünme katsayısı)

$KO=0$ (hareketli yüklerin deprem hesabına katılma oranı)

$B=1 \text{ m.}$ (hesap genişliği)

Tabliyeden kenar ayağa etki eden yükler (1 m. genişlik için):

Tabliye öz ağırlığı..... $V_g=31,73 \text{ t/m.}$ $V=V_g+V_y=32,83 \text{ t/m.}$

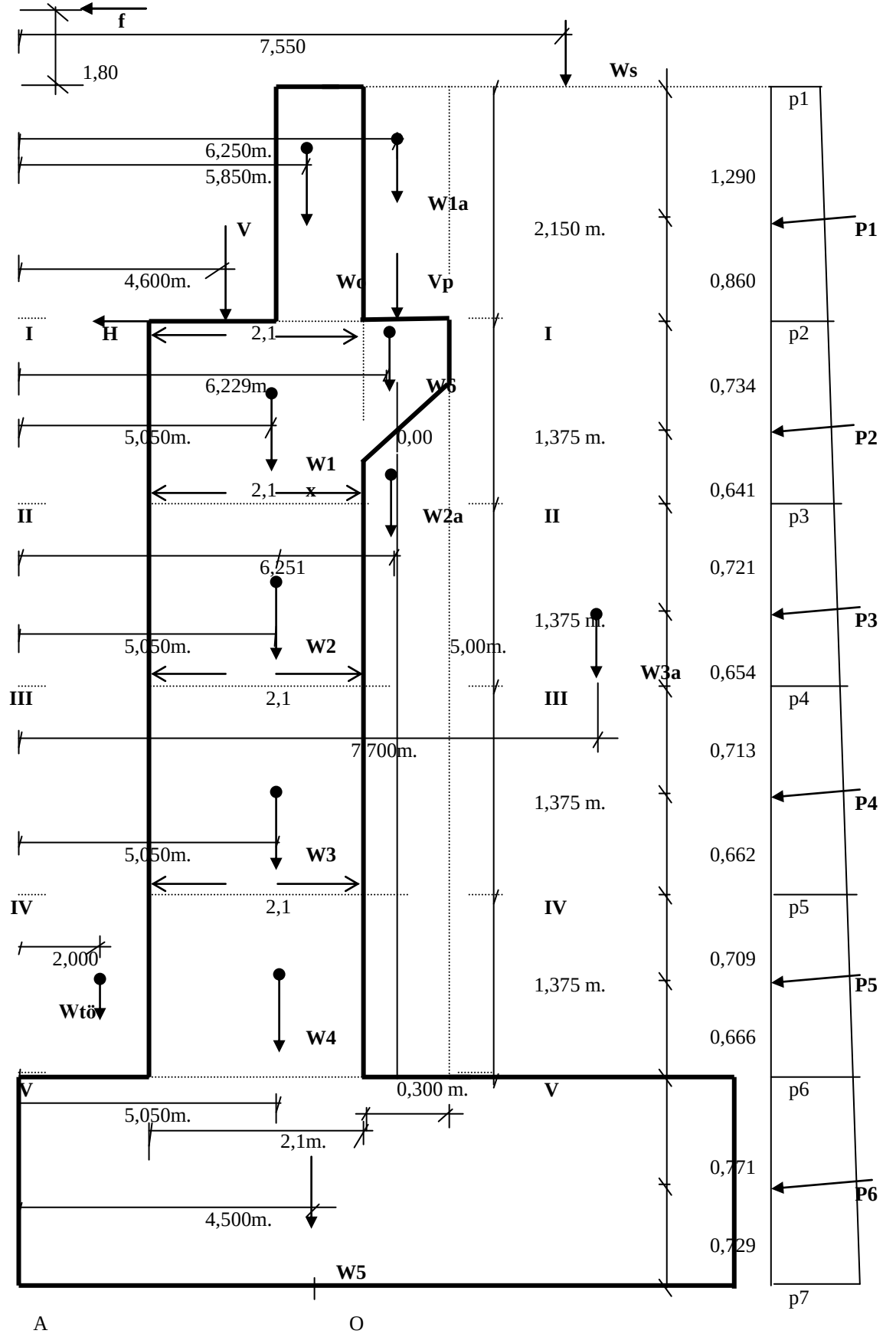
Tabliye yaya yükü..... $V_h=1,10 \text{ t/m.}$

Tabliye yatay yükü (fren hariç)... $H=0 \text{ t/m.}$

Geçiş plağı yükü (vasıta dahil).... $V_{pt}=3,0 \text{ t/m.}$

Geçiş plağı yükü (vasıta hariç).... $V_{pg}=3,0 \text{ t/m.}$ $V_{pk}=0 \text{ t/m.}$

Tabliye vasıta yükü..... $V_k=12,42 \text{ t/m.}$ (fren) $f=0,62 \text{ t/m.}$



Şekil 5.24 Kenar ayağa etkiyen yükler

5.8.1.1 Statik Toprak İtkisi Hesabı

Statik Aktif Basınç Katsayısı:

$$K_{as} = \frac{\cos^2(\phi - \beta)}{\cos^2 \beta * \cos(\delta + \beta)} * \frac{1}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) * \sin(\phi - i)}{\cos(\delta + \beta) * \cos(i - \beta)}} \right]^2} \quad (5.23)$$

Statik aktif basınç katsayısı için zemin özellikleri yerine konularak;

$$\phi = 30^\circ \quad \beta = 0^\circ \quad \delta = 0^\circ \quad i = 0^\circ$$

$K_{as} = 0,333$ bulunur.

Statik Sürşarj Basınçları:

$$q_s = q_0 * K_{as} * B \quad (5.24)$$

$$q_s = 1,2 * 0,333 * 1,0 = 0,40 \text{ t/m.}$$

$$p_{as} = \gamma * z * K_{as} \quad \text{bağıntısından; (B=1 m. için)} \quad (5.25)$$

	$z = 0,000 \text{ m. için}$	$p_{as1} = 1,8 * 0,000 * 0,333 + q_s = 0,40 \text{ t/m.}$
1-1 Kesiti	$z = 2,150 \text{ m. için}$	$p_{as2} = 1,8 * 2,150 * 0,333 + q_s = 1,69 \text{ t/m.}$
2-2 Kesiti	$z = 3,525 \text{ m. için}$	$p_{as3} = 1,8 * 3,525 * 0,333 + q_s = 2,51 \text{ t/m.}$
3-3 Kesiti	$z = 4,900 \text{ m. için}$	$p_{as4} = 1,8 * 4,900 * 0,333 + q_s = 3,34 \text{ t/m.}$
4-4 Kesiti	$z = 6,275 \text{ m. için}$	$p_{as5} = 1,8 * 6,275 * 0,333 + q_s = 4,16 \text{ t/m.}$
5-5 Kesiti	$z = 7,650 \text{ m. için}$	$p_{as6} = 1,8 * 7,650 * 0,333 + q_s = 4,99 \text{ t/m.}$
Taban	$z = 9,150 \text{ m. için}$	$p_{as7} = 1,8 * 9,150 * 0,333 + q_s = 5,88 \text{ t/m.}$

		$e_y \text{ (m.)}$		$e_d \text{ (m.)}$
$P_1 = 2,247 \text{ t} \Rightarrow P_{1y} = 2,247 \text{ t}$		7,854	$P_{1d} = 0 \text{ t}$	6,100
$P_2 = 2,891 \text{ t} \Rightarrow P_{2y} = 2,891 \text{ t}$		6,268	$P_{2d} = 0 \text{ t}$	6,100
$P_3 = 4,025 \text{ t} \Rightarrow P_{3y} = 4,025 \text{ t}$		4,905	$P_{3d} = 0 \text{ t}$	6,100
$P_4 = 5,160 \text{ t} \Rightarrow P_{4y} = 5,160 \text{ t}$		3,537	$P_{4d} = 0 \text{ t}$	6,100
$P_5 = 6,294 \text{ t} \Rightarrow P_{5y} = 6,294 \text{ t}$		2,167	$P_{5d} = 0 \text{ t}$	6,100
$P_6 = 8,160 \text{ t} \Rightarrow P_{6y} = 8,160 \text{ t}$		0,729	$P_{6d} = 0 \text{ t}$	9,000
	$\Sigma = 28,777 \text{ t}$		$\Sigma = 0 \text{ t}$	

e_y : P_{iy} kuvvetlerinin A noktasına olan yatay mesafesidir.

e_d : P_{id} kuvvetlerinin A noktasına olan düşey mesafesidir.

5.8.1.2 Hesapta kullanılacak yüklerin belirlenmesi

Toplam Yatay ve Düşey Kuvvetler

$$\Sigma P_{düşey}=0 \text{ t}$$

$$\Sigma P_{yatay}=28,78 \text{ t} \quad (P_y)_{sür}=3,66 \text{ t}$$

A noktasına göre moment:

$$(M_{d1})_a=93,35 \text{ tm} \quad (M_d)_{sür}=16,74 \text{ tm}$$

Kenar Ayak Ağırlığı ($W_0+W_1+W_2+W_3+W_4+W_5+W_6$)

$$W_0=2,688 \text{ t} \quad W_1=7,219 \text{ t} \quad W_2=7,219 \text{ t} \quad W_3=7,219 \text{ t}$$

$$W_4=7,219 \text{ t} \quad W_5=33,750 \text{ t} \quad W_6=0,263 \text{ t}$$

$$\Sigma W_{beton}=65,58 \text{ t}$$

$$\text{A noktasına göre moment:} \quad (M_{k1})_a=315,05 \text{ t}$$

Toprak Ağırlığı ($W_{1a}+W_{2a}+W_{3a}+W_{tö}$)

$$W_{1a}=1,161 \text{ t} \quad W_{2a}=2,781 \text{ t} \quad W_{3a}=35,802 \text{ t} \quad W_{tö}=7,200 \text{ t}$$

$$\Sigma W_{toprak}=46,94 \text{ t}$$

$$\text{A noktasına göre moment:} \quad (M_{k2})_a=314,72 \text{ tm}$$

Sürşarj Yüğü

$$\Sigma W_{sürşarj}=3,48 \text{ t}$$

$$\text{A noktasına göre moment:} \quad (M_{k3})_a=26,27 \text{ tm}$$

Tabliye Düşey Yüğü

$$\Sigma V=45,25 \text{ t}$$

$$\text{A noktasına göre moment:} \quad (M_{k4})_a=208,15 \text{ tm}$$

Vasıtasız hal için:

$$\Sigma V=31,73 \text{ t}$$

$$\text{A noktasına göre moment:} \quad (M_{k4})_a=145,96 \text{ tm}$$

Tabliye Yatay Yüğü

$$\Sigma H=0,62 \text{ t}$$

$$\text{A noktasına göre moment: } (M_{d2})_a=5,46 \text{ tm}$$

Vasıtasız hal için:

$$\Sigma H=0,00 \text{ t}$$

$$\text{A noktasına göre moment: } (M_{d2})_a=0,00 \text{ tm}$$

Geçiş Plağı Yüğü

$$\Sigma V_p=3,00 \text{ t}$$

$$\text{A noktasına göre moment: } (M_{k5})_a=18,75 \text{ tm}$$

5.8.1.3 Kenar Ayak Kesitlerinde Oluşan Kesit Tesirleri

I-I Kesiti:

$$N_g=2,688 \text{ t} \quad M_g=1,920 \text{ tm}$$

$$N_q=0,000 \text{ t} \quad M_q=2,040 \text{ tm}$$

II-II Kesiti:

Vasıtalı hal için:

$$N_g=46,06 \text{ t} \quad M_g=11,21 \text{ tm}$$

$$N_q=13,52 \text{ t} \quad M_q=10,54 \text{ tm}$$

Vasıtasız hal için:

$$N_g=46,06 \text{ t} \quad M_g=11,21 \text{ tm}$$

$$N_q=0,000 \text{ t} \quad M_q=2,490 \text{ tm}$$

III-III Kesiti:

Vasıtalı hal için:

$$N_g=53,28 \text{ t} \quad M_g=18,59 \text{ tm}$$

$$N_q=13,52 \text{ t} \quad M_q=13,71 \text{ tm}$$

Vasıtasız hal için:

$$N_g=53,28 \text{ t} \quad M_g=18,59 \text{ tm}$$

$$N_q=0,000 \text{ t} \quad M_q=4,800 \text{ tm}$$

IV-IV Kesiti:

Vasıtalı hal için:

$$N_g=60,50 \text{ t} \quad M_g=31,53 \text{ tm}$$

$$N_q=13,52 \text{ t} \quad M_q=17,64 \text{ tm}$$

Vasıtasız hal için:

$$N_g=60,50 \text{ t} \quad M_g=31,53 \text{ tm}$$

$$N_q=0,000 \text{ t} \quad M_q=7,880 \text{ tm}$$

V-V Kesiti:

Vasıtalı hal için:

$$N_g=66,91 \text{ t} \quad M_g=47,93 \text{ tm}$$

$$N_q=13,52 \text{ t} \quad M_q=21,87 \text{ tm}$$

Vasıtasız hal için:

$$N_g=66,91 \text{ t} \quad M_g=47,93 \text{ tm}$$

$$N_q=0,000 \text{ t} \quad M_q=11,25 \text{ tm}$$

5.8.2 G+E Yükleme

Tabliyeden kenar ayağa etki eden yükler (1 m. genişlik için):

Tabliye öz ağırlığı.....	$V_g=28,14 \text{ t/m.}$	$V=V_g+V_y=28,14 \text{ t/m.}$
Tabliye yaya yükü.....	$V_h=0,0 \text{ t/m.}$	
Tabliye yatay yükü (fren hariç)...	$H=53,66 \text{ t/m.}$	
Geçiş plağı yükü (vasıta dahil)....	$V_{pt}=3,0 \text{ t/m.}$	
Geçiş plağı yükü (vasıta hariç)....	$V_{pg}=3,0 \text{ t/m.}$	$V_{pk}=0,0 \text{ t/m.}$
Tabliye vasıta yükü.....	$V_k=0,0 \text{ t/m.}$	(fren) $f=0,0 \text{ t/m.}$

5.8.2.1 Statik+Dinamik Toprak İtkisi Hesabı

Dinamik Aktif Basınç Katsayısı:

$$\Phi = \arctan\left(\frac{k_h}{1 - k_v}\right) = \arctan\left(\frac{0,2}{1 - 0,12}\right) = 12,80^\circ \quad (5.26)$$

$$K_{at} = \frac{\cos^2(\phi - \Phi - \beta)}{\cos \Phi * \cos^2 \beta * \cos(\delta + \beta + \Phi)} * \frac{1}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) * \sin(\phi - i - \Phi)}{\cos(\delta + \beta + \Phi) * \cos(i - \beta)}}\right]^2} \quad (5.27)$$

Dinamik aktif basınç katsayısı için zemin özellikleri yerine konularak;

$$\phi = 30^\circ \quad \beta = 0^\circ \quad \delta = 0^\circ \quad i = 0^\circ$$

$$K_{at} = 0,497 \text{ bulunur.} \quad K_{ae} = K_{at} - K_{as} = 0,497 - 0,333 = 0,164 \quad (5.28)$$

Dinamik Sürşarj Basınçları:

$$q_e = 2 * q_0 * (K_{at} - K_{as}) * (1 - z/H) * \cos \beta / \cos(\beta - i) * B \quad (5.29)$$

Dinamik Sürşarj Basınçları: $q_e = 2 * q_0 * 1 - z/H * K_{ae} * \cos \beta / \cos(\beta - i)$ bağıntısından;
(B=1 m. için)

	$z=0,000 \text{ m. için}$	$q_{e1} = 2,4 * 1,000 * 0,164 * 1,0 = 0,39 \text{ t/m.}$
1-1 Kesiti	$z=2,150 \text{ m. için}$	$q_{e2} = 2,4 * 0,765 * 0,164 * 1,0 = 0,30 \text{ t/m.}$
2-2 Kesiti	$z=3,525 \text{ m. için}$	$q_{e3} = 2,4 * 0,615 * 0,164 * 1,0 = 0,24 \text{ t/m.}$
3-3 Kesiti	$z=4,900 \text{ m. için}$	$q_{e4} = 2,4 * 0,464 * 0,164 * 1,0 = 0,18 \text{ t/m.}$
4-4 Kesiti	$z=6,275 \text{ m. için}$	$q_{e5} = 2,4 * 0,314 * 0,164 * 1,0 = 0,12 \text{ t/m.}$
5-5 Kesiti	$z=7,650 \text{ m. için}$	$q_{e6} = 2,4 * 0,164 * 0,164 * 1,0 = 0,06 \text{ t/m.}$
Taban	$z=9,150 \text{ m. için}$	$q_{e7} = 2,4 * 0,000 * 0,164 * 1,0 = 0,00 \text{ t/m.}$

Dinamik Toprak Basınçları: $p_{ea} = \gamma \cdot (1 - k_v) \cdot (1 - z/H) \cdot K_{ea}$ bağıntısından;
(B=1 m. için) (5.30)

	z=0,000 m. için	$p_{ea1} = 1,8 \cdot 0,880 \cdot 0,164 + q_e + p_{sa1} = 0,65 \text{ t/m.}$
1-1 Kesiti	z=2,150 m. için	$p_{ea2} = 1,8 \cdot 0,673 \cdot 0,164 + q_e + p_{sa2} = 1,79 \text{ t/m.}$
2-2 Kesiti	z=3,525 m. için	$p_{ea3} = 1,8 \cdot 0,541 \cdot 0,164 + q_e + p_{sa3} = 2,52 \text{ t/m.}$
3-3 Kesiti	z=4,900 m. için	$p_{ea4} = 1,8 \cdot 0,409 \cdot 0,164 + q_e + p_{sa4} = 3,24 \text{ t/m.}$
4-4 Kesiti	z=6,275 m. için	$p_{ea5} = 1,8 \cdot 0,277 \cdot 0,164 + q_e + p_{sa5} = 3,97 \text{ t/m.}$
5-5 Kesiti	z=7,650 m. için	$p_{ea6} = 1,8 \cdot 0,144 \cdot 0,164 + q_e + p_{sa6} = 4,70 \text{ t/m.}$
Taban	z=9,150 m. için	$p_{ea7} = 1,8 \cdot 0,000 \cdot 0,164 + q_e + p_{sa7} = 5,49 \text{ t/m.}$

		$e_y \text{ (m.)}$		$e_d \text{ (m.)}$
$P_1 = 2,625 \text{ t} \Rightarrow P_{1y} = 2,625 \text{ t}$		7,901	$P_{1d} = 0 \text{ t}$	6,100
$P_2 = 2,960 \text{ t} \Rightarrow P_{2y} = 2,960 \text{ t}$		6,274	$P_{2d} = 0 \text{ t}$	6,100
$P_3 = 3,960 \text{ t} \Rightarrow P_{3y} = 3,960 \text{ t}$		4,909	$P_{3d} = 0 \text{ t}$	6,100
$P_4 = 4,959 \text{ t} \Rightarrow P_{4y} = 4,959 \text{ t}$		3,539	$P_{4d} = 0 \text{ t}$	6,100
$P_5 = 5,959 \text{ t} \Rightarrow P_{5y} = 5,959 \text{ t}$		2,168	$P_{5d} = 0 \text{ t}$	6,100
$P_6 = 7,640 \text{ t} \Rightarrow P_{6y} = 7,640 \text{ t}$		0,731	$P_{6d} = 0 \text{ t}$	9,000
$\Sigma = 28,104 \text{ t}$			$\Sigma = 0 \text{ t}$	

e_y : P_{iy} kuvvetlerinin A noktasına olan yatay mesafesidir.

e_d : P_{id} kuvvetlerinin A noktasına olan düşey mesafesidir.

5.8.2.2 Hesapta kullanılacak yüklerin belirlenmesi

Toplam Yatay ve Düşey Kuvvetler

$$\Sigma P_{düşey} = 0 \text{ t}$$

$$\Sigma P_{yatay} = 35,26 \text{ t} \quad (P_y)_{sür} = 1,80 \text{ t}$$

A noktasına göre moment:

$$k_h \cdot W_{3a} = 7,16 \text{ t}$$

$$(M_{d1})_a = 132,95 \text{ tm} \quad (M_d)_{sür} = 10,98 \text{ tm}$$

Kenar Ayak Ağırlığı ($W_0 + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6$)

$$W_0 = 2,688 \text{ t} \quad W_1 = 7,219 \text{ t} \quad W_2 = 7,219 \text{ t} \quad W_3 = 7,219 \text{ t}$$

$$W_4 = 7,219 \text{ t} \quad W_5 = 33,750 \text{ t} \quad W_6 = 0,263 \text{ t}$$

$$\Sigma W_{beton} = 65,58 \text{ t}$$

A noktasına göre moment: $(M_{k1})_a = 315,05 \text{ t}$

Toprak Ağırlığı ($W_{1a} + W_{2a} + W_{3a} + W_{tö}$)

$W_{1a} = 1,161 \text{ t}$ $W_{2a} = 2,781 \text{ t}$ $W_{3a} \cdot (1 + k_v) = 40,098 \text{ t}$ $W_{tö} = 7,200 \text{ t}$

$\Sigma W_{\text{toprak}} = 51,24 \text{ t}$

A noktasına göre moment: $(M_{k2})_a = 347,80 \text{ tm}$

Sürşarj Yüğü

$\Sigma W_{\text{sürşarj}} = 3,48 \text{ t}$

A noktasına göre moment: $(M_{k3})_a = 26,27 \text{ tm}$

Tabliye Düşey Yüğü

$\Sigma V = 28,14 \text{ t}$

A noktasına göre moment: $(M_{k4})_a = 129,44 \text{ tm}$

Tabliye Yatay Yüğü

$\Sigma H = 53,66 \text{ t}$

A noktasına göre moment: $(M_{d2})_a = 375,62 \text{ tm}$

Geçiş Plağı Yüğü

$\Sigma V_p = 3,00 \text{ t}$

A noktasına göre moment: $(M_{k5})_a = 18,75 \text{ tm}$

5.8.2.3 Kenar Ayak Kesitlerinde Oluşan Kesit Tesirleri

I-I Kesiti:

$N_g = 2,690 \text{ t}$ $M_g = 4,550 \text{ tm}$

$N_q = 0,000 \text{ t}$ $M_q = 0,840 \text{ tm}$

II-II Kesiti:

$N_g = 42,47 \text{ t}$ $M_g = 90,59 \text{ tm}$

$N_q = 0,000 \text{ t}$ $M_q = 2,130 \text{ tm}$

III-III Kesiti:

$N_g = 49,69 \text{ t}$ $M_g = 178,34 \text{ tm}$

$$N_q=0,000 \text{ t} \quad M_q=3,880 \text{ tm}$$

IV-IV Kesiti:

$$N_g=56,91 \text{ t} \quad M_g=273,64 \text{ tm}$$

$$N_p=0,000 \text{ t} \quad M_p=5,970 \text{ tm}$$

V-V Kesiti:

$$N_g=63,32 \text{ t} \quad M_g=373,00 \text{ tm}$$

$$N_q=0,000 \text{ t} \quad M_q=7,990 \text{ tm}$$

5.8.3 Kenar Ayak İçin Kazıklı Temel Hesabı

5.8.3.1 Sap2000 Modeli İçin Gerekli Olan Yüklemeler

Kenar ayak için yapılacak olan kazıklı temelin SAP2000 modelinde yukarıda belirtilen yükleme durumlarında bulunmuş olan V-V kesitine ait kesit tesirleri kullanılmıştır. Kazık başlık plağı “shell” eleman olarak tanımlanmıştır. Kalınlığı 1,5 m. seçilmiştir. Boyutları 12m.*9m. dir. Plak 0,5m.*0,5m. lik “mesh” lere ayrılmıştır. Plak üzerinde kenar ayağın bulunduğu bölgelere rijit çubuklar tanımlanmıştır. Bu çubukları birbirine bağlayan düğüm noktalarına yükler verilmiştir. Normal kuvvetler düğüm noktalarına eşit dağıtılmış, momentler ise kuvvet çiftlerine ayrılarak çekme ve basınç kuvvetleri olarak dağıtılmıştır. Toprak yükleri yayılı yük halinde “mesh” lere verilmiştir.

5.8.3.2 Kazık Taşıma Gücünün Belirlenmesi

Zemin Sınıfı: Z2

$$f_s=5 \text{ t/m}^2 \text{ (çevre sürtünmesi için)}$$

$$q_{uç}=400 \text{ t/m}^2 \text{ (uç direnci için)}$$

Seçilen kazık çapı: $\phi 100$

Seçilen kazık boyu: $L=15 \text{ m.}$

Kazık adedi: 12 adet

$$Q_{\text{çevre}}=f_s \cdot \Sigma \text{Çevre}=5 \cdot 15 \cdot \pi \cdot 1,0=235,62 \text{ t.}$$

$$Q_{uç}=q_{uç} \cdot A_{\text{kazık}}=400 \cdot \frac{\pi \cdot 1,0^2}{4}=314,16 \text{ t.}$$

$Q_{\text{çevre}}$: Çevre sürtünmesi ile kazığın taşıyabileceği yük miktarı

$Q_{\text{uç}}$: Uç direnci ile kazığın taşıyabileceği yük miktarı

$\Sigma\text{Çevre}$: Kazığın çevresi

$A_{\text{kazık}}$: Kazığın alanı

G+Q Yükleme için kazığın taşıyabileceği emniyet yükü:

$$Q_{\text{em}} = \frac{Q_{\text{uç}} + Q_{\text{çevre}}}{2,5} = \frac{235,62 + 314,16}{2,5} = 219,91 \text{ t.}$$

G+E Yükleme için kazığın taşıyabileceği emniyet yükü:

$$Q_{\text{em}} = \frac{Q_{\text{uç}} + Q_{\text{çevre}}}{2} = \frac{235,62 + 314,16}{2} = 274,89 \text{ t.}$$

5.8.3.3 Kazıklara Etkiyen Yatay Yayların Hesaplanması

$$k_h = 5000 \text{ t/m}^3$$

k_h : Yatay yay katsayısı

$$k_h * D * L = 5000 * 1,0 * 1 = 5000 \text{ t/m}$$

Kazık, herbiri 1 m. uzunluğundaki 15 eşit parçaya bölünmüştür. Kazığın uçundan itibaren yukarı doğru orantılı olarak azalacak şekilde yay katsayıları tespit edilmiştir. Bulunan değerler SAP2000 programında 1 m.lik parçaları birbirlerine bağlayan düğüm noktalarına X ve Y yönünde yay katsayıları olarak verilmiştir.

5.8.3.4 Sonuçların Değerlendirilmesi

SAP2000 programında modelin analiz edilmesi sonucu bulunan maksimum yüklerin emniyet gerilmeleri ile karşılaştırılması aşağıdaki gibidir,

- G+Q için

$$\text{Max. } P_{G+Q} = 208,33 \text{ t} < Q_{\text{em}} = 219,91 \text{ t} \quad \text{Tahkik Sağlanır.}$$

- G+E için

$$\text{Max. } P_{G+E} = 240,44 \text{ t} < Q_{\text{em}} = 274,89 \text{ t} \quad \text{Tahkik Sağlanır.}$$

5.8.3.5 Kazık Donatı Hesabı

$$P_r = \phi * P_n$$

$$P_n = 0,85 * [0,85 * f_c * (A_g - A_{st}) + f_y * A_{st}] \quad (\text{A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.7.4.4-3})$$

Yukarıdaki bağıntı spiral etriyeli elemanlar için verilmiş bir bağıntıdır.

$\phi=0,75$ (A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.5.4.2'ye göre eksenel yük altındaki spiral ve normal etriyeli kolonlar için dayanım faktörü)

P_r : Faktörlü eksenel dayanım

P_n : Nominal eksenel dayanım

f_c' : Betonun 28 günlük basınç dayanımı (BS25 için 250 kg/cm^2)

A_g : Kesitin brüt alanı

$$A_g = \frac{\pi * 100^2}{4} = 7853,98 \text{ cm}^2$$

A_{st} : Boyuna donatının toplam alanı

$$A_{st} \cong 0,01 * A_g = 78,54 \text{ cm}^2 \quad (\text{A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.7.4.2})$$

f_y : Çeliğin akma dayanımı (S420 için 4200 kg/cm^2)

$$P_n = 0,85 * [0,85 * 250 * (7853,98 - 78,54) + 4200 * 78,54] = 1684826,65 \text{ kg}$$

$$P_n = 1684,83 \text{ t}$$

$$P_r = 0,75 * 1684,83 = 1263,62 \text{ t}$$

$$1,3 * G + 2,17 * Q \text{ Yüklemesi için: } N_d = 287,37 \text{ t}$$

$$N_d = 287,37 \text{ t} < P_r = 1263,62 \text{ t} \quad \text{Tahkik sağlanır.}$$

• G+E Yüklemesi için:

$$N = 240,44 \text{ t}$$

$$M = 0,02 \text{ tm}$$

$$m = \frac{M_d}{A_c * h * f_{cd}} = \frac{0,02}{\frac{\pi * 1,0^3}{4} * 1670} = 0,000015$$

$$n = \frac{N_d}{A_c * f_{cd}} = \frac{240,44}{\frac{\pi * 1,0^2}{4} * 1670} = 0,18$$

minimum donatı

gerektirmektedir

- 1,3*G+2,17*Q Yükleme için:

$$N=287,37 \text{ t}$$

$$M=0,01 \text{ tm}$$

$$m = \frac{M_d}{A_c * h * f_{cd}} = \frac{0,01}{\frac{\pi * 1,0^3}{4} * 1670} = 0,000008$$

$$n = \frac{N_d}{A_c * f_{cd}} = \frac{287,37}{\frac{\pi * 1,0^2}{4} * 1670} = 0,22$$

} minimum donatı
} gerektirmektedir

$$\rho \left\{ \begin{array}{l} \geq \rho_{\min}=0,01 \\ < \rho_{\max}=0,04 \end{array} \right. \text{ olmalıdır.}$$

$$A_{s,\min}=0,01 * \frac{\pi * 100^2}{4} = 78,54 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } 16\phi 26 \quad A_s=84,94 \text{ cm}^2$$

$$s=17 \text{ cm.} < 20 \text{ cm. (A.A.S.H.T.O.98 LRFD 5.10.11.4.1d)}$$

5.8.3.6 Kazık Başlık Plağı Donatı Hesabı

$$b=100 \text{ cm.}$$

$$\text{Beton Sınıfı: BS25}$$

$$h=150 \text{ cm.}$$

$$\text{Donatı: S420}$$

$$d'=7,5 \text{ cm.}$$

$$d=142,5 \text{ cm.}$$

$$\rho_{\min}=0,002$$

$$A_{s,\min}=0,002 * 100 * (150-7,5)=28,5 \text{ cm}^2$$

- G+E yükleme için donatı hesabı:

$$\text{Max. } M_{11}=50 \text{ tm}$$

$$\text{Max. } M_{22}=192 \text{ tm}$$

$$\text{Min. } M_{11}=-55 \text{ tm}$$

$$\text{Min. } M_{22}=-76 \text{ tm}$$

1 - 1Yönü:

Plak alt yönü:

$$M_d=50 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{50 * 1000} = 40,61 \longrightarrow k_s = 0,0277$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0277 * \frac{50 * 1000}{142,5} = 9,72 \text{ cm}^2 < A_{s,\min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 20/10 \quad A_{s,\text{seçilen}} = 31,42 \text{ cm}^2$$

Plak üst yönü:

$$M_d=55 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{55 * 1000} = 36,92 \longrightarrow k_s = 0,0277$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0277 * \frac{55 * 1000}{142,5} = 10,69 \text{ cm}^2 < A_{s,\min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 20/10 \quad A_{s,\text{seçilen}} = 31,42 \text{ cm}^2$$

2 - 2Yönü:

Plak alt yönü:

$$M_d=192 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{192 * 1000} = 10,58 \longrightarrow k_s = 0,0284$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0284 * \frac{192 * 1000}{142,5} = 38,27 \text{ cm}^2 > A_{s,\min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 24/10 \quad A_{s,\text{seçilen}} = 45,24 \text{ cm}^2$$

Plak üst yönü:

$$M_d=76 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{76 * 1000} = 26,72 \longrightarrow k_s = 0,0277$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0277 * \frac{76 * 1000}{142,5} = 14,77 \text{ cm}^2 < A_{s,\min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 20/10 \quad A_{s,\text{seçilen}} = 31,42 \text{ cm}^2$$

- 1,3*G+2,17*Q yüklemesi için donatı hesabı:

$$\text{Max. } M_{11}=52 \text{ tm}$$

$$\text{Max. } M_{22}=127 \text{ tm}$$

$$\text{Min. } M_{11}=-58 \text{ tm}$$

$$\text{Min. } M_{22}=-50 \text{ tm}$$

1 - 1Yönü:

Plak alt yönü:

$$M_d=52 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{52 * 1000} = 39,05 \longrightarrow k_s = 0,0277$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0277 * \frac{52 * 1000}{142,5} = 10,11 \text{ cm}^2 < A_{s,\min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 20/10 \quad A_{s,\text{seçilen}} = 31,42 \text{ cm}^2$$

Plak üst yönü:

$$M_d=58 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{58 * 1000} = 35,01 \longrightarrow k_s = 0,0277$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0277 * \frac{58 * 1000}{142,5} = 11,27 \text{ cm}^2 < A_{s,\min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 20/10 \quad A_{s,\text{seçilen}} = 31,42 \text{ cm}^2$$

2 - 2Yönü:

Plak alt yönü:

$$M_d=127 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{127 * 1000} = 15,99 \longrightarrow k_s = 0,0280$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0280 * \frac{127 * 1000}{142,5} = 24,95 \text{ cm}^2 < A_{s,\min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 20/10 \quad A_{s,\text{seçilen}} = 31,42 \text{ cm}^2$$

Plak üst yönü:

$$M_d=50 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w * d^2}{M} = \frac{100 * 142,5^2}{50 * 1000} = 40,61 \longrightarrow k_s = 0,0277$$

$$A_s = k_s * \frac{M_d}{d} = 0,0277 * \frac{50 * 1000}{142,5} = 9,72 \text{ cm}^2 < A_{s,min} = 28,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen Donatı: } \phi 20/10 \quad A_{s,seçilen} = 31,42 \text{ cm}^2$$

Sonuç:

1 –1 Yönü (Uzun Kenara Paralel) :

Plak Alt Donatısı:

Seçilen Donatı: $\phi 20/10$

Plak Üst Donatısı:

Seçilen Donatı: $\phi 20/10$

2 –2 Yönü (Kısa Kenara Paralel) :

Plak Alt Donatısı:

Seçilen Donatı: $\phi 24/10$

Plak Üst Donatısı:

Seçilen Donatı: $\phi 20/10$

5.8.4 Kenar Ayak Donatı Hesabı

Beton Sınıfı: BS25

Donatı: S420

paspayı=7,5 cm.

5.8.4.1 1,3*G+2,17*Q Yükleme İçin Donatı Hesabı:

I-I Kesiti:

$$\begin{aligned} N_d &= 3,49 \text{ t} & M_d &= 6,93 \text{ tm} \\ b &= 100 \text{ cm.} & d &= 50 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$m = \frac{M_d}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{6,93}{1 * 0,5^2 * 1670} = 0,017$$

$$n = \frac{N_d}{b * h * f_{cd}} = \frac{3,49}{1 * 0,5 * 1670} = 0,004$$

$$\omega = 0,023 \quad \rho = \omega * f_{cd} / f_{yd}$$

$$\rho = 0,023 * 1670 / 36500$$

$$\rho = 0,0014 < \rho_{\min} = 0,002$$

$$A_{s,\min} = 0,002 * (50 - 7,5) * 100 = 8,5 \text{ cm}^2$$

II-II Kesiti:

$$\begin{aligned} N_d &= 89,23 \text{ t} & M_d &= 37,45 \text{ tm} \\ b &= 100 \text{ cm.} & d &= 210 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$m = \frac{M_d}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{37,45}{1 * 2,1^2 * 1670} = 0,005$$

$$n = \frac{N_d}{b * h * f_{cd}} = \frac{89,23}{1 * 2,1 * 1670} = 0,025$$

$$\rho < \rho_{\min} = 0,002$$

$$A_{s,\min} = 0,002 * (210 - 7,5) * 100 = 40,5 \text{ cm}^2$$

III-III Kesiti:

$$\begin{aligned} N_d &= 98,61 \text{ t} & M_d &= 53,94 \text{ tm} \\ b &= 100 \text{ cm.} & d &= 210 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{M_d}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{53,94}{1 \cdot 2,1^2 \cdot 1670} = 0,007 \\
 n &= \frac{N_d}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{98,61}{1 \cdot 2,1 \cdot 1670} = 0,028
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} m &= \frac{M_d}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{53,94}{1 \cdot 2,1^2 \cdot 1670} = 0,007 \\ n &= \frac{N_d}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{98,61}{1 \cdot 2,1 \cdot 1670} = 0,028 \end{aligned}} \right\} \rho < \rho_{\min} = 0,002$$

$$A_{s,\min} = 0,002 \cdot (210 - 7,5) \cdot 100 = 40,5 \text{ cm}^2$$

IV-IV Kesiti:

$$\begin{aligned}
 N_d &= 108,00 \text{ t} & M_d &= 79,29 \text{ tm} \\
 b &= 100 \text{ cm.} & d &= 210 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{M_d}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{79,29}{1 \cdot 2,1^2 \cdot 1670} = 0,011 \\
 n &= \frac{N_d}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{108}{1 \cdot 2,1 \cdot 1670} = 0,031
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} m &= \frac{M_d}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{79,29}{1 \cdot 2,1^2 \cdot 1670} = 0,011 \\ n &= \frac{N_d}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{108}{1 \cdot 2,1 \cdot 1670} = 0,031 \end{aligned}} \right\} \rho < \rho_{\min} = 0,002$$

$$A_{s,\min} = 0,002 \cdot (210 - 7,5) \cdot 100 = 40,5 \text{ cm}^2$$

V-V Kesiti:

$$\begin{aligned}
 N_d &= 116,33 \text{ t} & M_d &= 109,79 \text{ tm} \\
 b &= 100 \text{ cm.} & d &= 210 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{M_d}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{109,79}{1 \cdot 2,1^2 \cdot 1670} = 0,015 \\
 n &= \frac{N_d}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{116,33}{1 \cdot 2,1 \cdot 1670} = 0,033
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} m &= \frac{M_d}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{109,79}{1 \cdot 2,1^2 \cdot 1670} = 0,015 \\ n &= \frac{N_d}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{116,33}{1 \cdot 2,1 \cdot 1670} = 0,033 \end{aligned}} \right\} \rho < \rho_{\min} = 0,002$$

$$A_{s,\min} = 0,002 \cdot (210 - 7,5) \cdot 100 = 40,5 \text{ cm}^2$$

5.8.4.2 G+E Yüklemesi İçin Donatı Hesabı:

I-I Kesiti:

$$\begin{aligned} N_d &= 2,69 \text{ t} & M_d &= 5,39 \text{ tm} \\ b &= 100 \text{ cm.} & d &= 50 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$m = \frac{M_d}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{5,39}{1 * 0,5^2 * 1670} = 0,013$$

$$n = \frac{N_d}{b * h * f_{cd}} = \frac{2,69}{1 * 0,5 * 1670} = 0,003$$

$$\rho < \rho_{\min} = 0,002$$

$$A_{s,\min} = 0,002 * (50 - 7,5) * 100 = 8,5 \text{ cm}^2$$

II-II Kesiti:

$$\begin{aligned} N_d &= 42,47 \text{ t} & M_d &= 92,72 \text{ tm} \\ b &= 100 \text{ cm.} & d &= 210 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$m = \frac{M_d}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{92,72}{1 * 2,1^2 * 1670} = 0,013$$

$$n = \frac{N_d}{b * h * f_{cd}} = \frac{42,47}{1 * 2,1 * 1670} = 0,012$$

$$\rho < \rho_{\min} = 0,002$$

$$A_{s,\min} = 0,002 * (210 - 7,5) * 100 = 40,5 \text{ cm}^2$$

III-III Kesiti:

$$\begin{aligned} N_d &= 49,69 \text{ t} & M_d &= 182,22 \text{ tm} \\ b &= 100 \text{ cm.} & d &= 210 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$m = \frac{M_d}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{182,22}{1 * 2,1^2 * 1670} = 0,025$$

$$n = \frac{N_d}{b * h * f_{cd}} = \frac{49,69}{1 * 2,1 * 1670} = 0,014$$

$$\rho < \rho_{min} = 0,002$$

$$A_{s,min} = 0,002 * (210 - 7,5) * 100 = 40,5 \text{ cm}^2$$

IV-IV Kesiti:

$$N_d = 56,91 \text{ t}$$

$$M_d = 279,61 \text{ tm}$$

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$d = 210 \text{ cm.}$$

$$m = \frac{M_d}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{279,61}{1 * 2,1^2 * 1670} = 0,038$$

$$n = \frac{N_d}{b * h * f_{cd}} = \frac{56,91}{1 * 2,1 * 1670} = 0,016$$

$$\omega = 0,045 \quad \omega = \rho * f_{yd} / f_{cd}$$

$$\rho = 0,045 * 16,7 / 365$$

$$\rho = 0,00206 > \rho_{min} = 0,002$$

$$A_{s,min} = 0,00206 * (210 - 7,5) * 100 = 41,72 \text{ cm}^2$$

V-V Kesiti:

$$N_d = 63,32 \text{ t}$$

$$M_d = 380,98 \text{ tm}$$

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$d = 210 \text{ cm.}$$

$$m = \frac{M_d}{b * h^2 * f_{cd}} = \frac{380,98}{1 * 2,1^2 * 1670} = 0,052$$

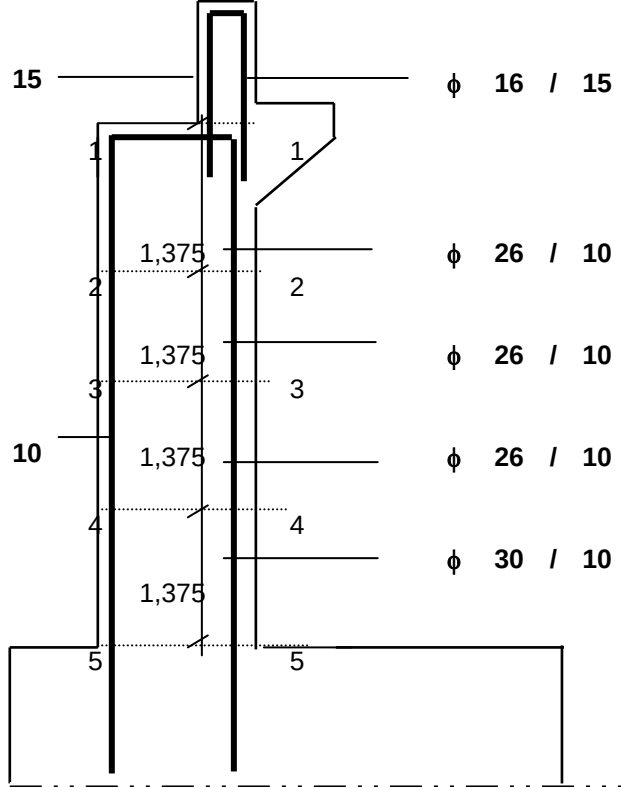
$$n = \frac{N_d}{b * h * f_{cd}} = \frac{63,32}{1 * 2,1 * 1670} = 0,018$$

$$\omega = 0,065 \quad \omega = \rho * f_{yd} / f_{cd}$$

$$\rho = 0,065 * 16,7 / 365$$

$$\rho = 0,0030 > \rho_{min} = 0,002$$

$$A_{s,min} = 0,0030 * (210 - 7,5) * 100 = 60,75 \text{ cm}^2$$

		<u>Seçilen</u>	<u>Hesap</u>
	$\phi \ 16 \ / \ 15$	$\phi \ 16 \ / \ 15$	$= \ 13,40 \ > \ 8,50 \ \text{cm}^2$
		$\phi \ 26 \ / \ 10$	$= \ 53,09 \ > \ 40,05 \ \text{cm}^2$
		$\phi \ 26 \ / \ 10$	$= \ 53,09 \ > \ 40,05 \ \text{cm}^2$
		$\phi \ 26 \ / \ 10$	$= \ 53,09 \ > \ 41,72 \ \text{cm}^2$
		$\phi \ 30 \ / \ 10$	$= \ 70,69 \ > \ 60,75 \ \text{cm}^2$

Şekil 5.28 Kenar ayak donatıları

Düşey Donatı:

Ön yüze:

$$A_{s,\text{ön}} = 0,0015 \cdot 100 \cdot h = 0,0015 \cdot 100 \cdot 210 = 31,5 \ \text{cm}^2/\text{m}. \quad (5.31)$$

Seçilen: $\phi 22/10$

Yatay Donatı:

$$A_s = 0,0025 \cdot h \cdot 100 = 0,0025 \cdot 210 \cdot 100 = 52,5 \ \text{cm}^2/\text{m}. \quad (5.32)$$

Ön yüze:

$$A_{s,\text{ön}} = \frac{2}{3} \cdot A_s = \frac{2}{3} \cdot 52,5 = 35 \ \text{cm}^2/\text{m}. \quad (5.32.a)$$

Seçilen: $\phi 22/10$

Arka yüze: (Temelden 1,2 m. yukarıya kadar)

$$A_{s,arka} = \frac{1}{3} * A_s + \frac{1}{5} * A_{s,ana \text{ donatı}} = \frac{1}{3} * 52,5 + \frac{1}{5} * 70,69 = 32 \text{ cm}^2/\text{m}. \quad (5.32.b)$$

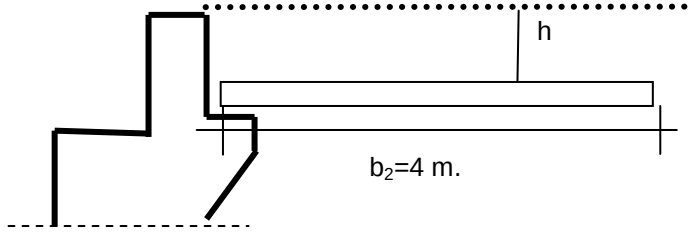
Seçilen: $\phi 22/10$ (Temelden 1,2 m. yukarıya kadar)

Arka yüze: (Temelin 1,2 m. yukarisından itibaren)

$$A_{s,arka} = \frac{1}{3} * A_s + \frac{1}{5} * A_{s,ana \text{ donatı}} = \frac{1}{3} * 52,5 + \frac{1}{5} * 53,09 = 28,12 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

Seçilen: $\phi 22/12,5$ (Temelin 1,2 m. yukarisından itibaren)

5.8.5 Geçiş Plağı Analizi



Şekil 5.29 Geçiş plağı

Geçiş plağının boyu..... $b_2 = 4$ m.

Geçiş plağı üst kotu ile kaplama arasındaki mesafe..... $h = 2,2$ m.

Geçiş plağı kalınlığı..... $t = 0,3$ m.

$h < 2,5$ m. ise teker yükü alınacaktır.

$h > 2,5$ m. ise teker yükü alınmayacaktır. Sürşarj yükü $0,6 \cdot h$ alınacaktır. (5.33)

$h = 2,2$ m. $< 2,5$ m. olduğu için 12 t. luk teker yükü alınarak hesap yapılacak.

toprak yükü..... $1,8 \cdot 2,2 \cdot 1 = 3,96$ t/m.

geçiş plağı ağırlığı..... $0,3 \cdot 2,5 \cdot 1 = 0,75$ t/m.

$$b_b = \frac{b_2}{3} = \frac{4}{3} = 1,333 \text{ m.} \quad (5.34)$$

b_b : Plağın eğilmeye çalıştığı açıklık

$$M_g = \frac{g \cdot L^2}{8} = \frac{(3,96 + 0,75) \cdot 1,333^2}{8} = 1,046 \text{ tm}$$

$$M_q = \frac{P \cdot L}{4} = \frac{12 \cdot 1,333}{4} = 4 \text{ tm}$$

5.8.5.1 Grup 1 Faktörlü Yüklerin Belirlenmesi (A.A.S.H.T.O. 3.23.2.2)

$$\Sigma M = 1,3 * (M_g + 1,67 * M_q)$$

$$\Sigma M = 1,3 * (1,046 + 1,67 * 4) = 10,04 \text{ tm}$$

5.8.5.2 Eğilme Donatısı Hesabı (A.A.S.H.T.O. Beton)

$$f_c' = 25 \text{ N/mm}^2 \text{ (Beton karakteristik basınç dayanımı)}$$

$$f_y = 420 \text{ N/mm}^2 \text{ (Betonarme çeliği akma dayanımı)}$$

$$b_w = 1000 \text{ mm. (Kesit genişliği)}$$

$$h = 300 \text{ mm. (Kesit yüksekliği)}$$

$$d' = 50 \text{ mm. (Paspayı)}$$

$$d = 250 \text{ mm. (Kesit hesap yüksekliği)}$$

$$\phi = 0,9 \text{ (Dayanım azaltma çarpanı)}$$

$$M_u = 1,996 \text{ tm (Hesap Momenti)}$$

$$\text{Seçim: } \phi 16/15$$

$$A_s = 1339 \text{ mm}^2 \text{ (1 m. için)}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f_c' * b_w} = \frac{1339 * 420}{0,85 * 25 * 1000} = 26,46 \text{ mm.}$$

a: Kesit basınç bloğu yüksekliği

$$\phi * M_n = \phi * A_s * f_y * (d - \frac{a}{2}) = 0,9 * 1339 * 420 * (250 - \frac{26,46}{2})$$

$$\phi * M_n = 119,84 \text{ kNm} = 11,98 \text{ tm}$$

$$\phi * M_n > M_u \quad \text{Tahkik Sağlanır.}$$

Seçilen donatı $\phi 16/15$

SONUÇLAR

Bu yüksek lisans tez çalışmasında I. derece deprem bölgesinde 9 açıklıklı kutu kesitli öngerilmeli prefabrike kirişli bir viyadüğün SAP90 ve SAP2000 sonlu elemanlar programları ile analizi yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar görülmüştür.

Kutu kesitli öngerilmeli prefabrike kirişler, bu tarz viyadüklerde tercih edilmektedir. Mukavemet özellikleri açısından elverişli olan bu kirişlerle büyük açıklıklar, sistem daha fazla ağırlaştırılmadan geçilebilmektedir.

Öngerilmeli kirişlerde öngerilme kabloları açıklık ortasındaki maksimum momente göre hesaplanmaktadır. Mesnet bölgelerine yaklaşıldıkça momentin azalması nedeniyle bu bölgelere öngerilme kuvvetleri fazla gelmektedir. Bu nedenle mesnete yakın bölgelerde öngerilme halatlarının bir bölümü kılıf içine alınarak bu kesitlere öngerilme kuvvetinin tamamının gelmesi önlenmektedir.

Kurbu ve düzgün olmayan bu tip sistemlerin davranışını sağlıklı bir şekilde algılayabilmek için sistemin idealizasyonun iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir. Düzenli yapılara nazaran bu tip kurbu viyadüklerde kuvvetlerin yayılışları sistemin geometrisi nedeniyle eşit olmamaktadır. Deprem esnasında bu etki sistemde bazı bölgelerin fazla zorlanmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle bu tarz yapılarda sistemi üç boyutlu olarak modellemek ve bu model üzerinde çalışmak bize daha sağlıklı sonuçlar verecektir.

Sistemin üç boyutlu modelinde, prefabrike kirişlerin altlarında bulunan elastomer mesnetlerin tanımlanması, sonuçların yakınsaklığı açısından önemlidir. Bu neoprenler, deprem esnasında kayma deformasyonları yapmakta ve bir miktar enerji sönmlemektedir. Bu nedenle neoprenler sistemde yay olarak tanımlanabilmektedir.

Kenar ayaklara gelen dinamik ve statik toprak yüklerinden dolayı kenar ayakların sistemin üç boyutlu modelinden ayrı olarak çözülmesi hesapları kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle sistemin üç boyutlu modelinde kenar ayaklar yerine mesnetlerin verilmesi uygun olmaktadır.

Bu tarz viyadüklerde üst yapı yüklerinden, yüksek olan ayakların temeller üzerinde oluşturduğu kuvvetlerden, sistemin kurbu olması nedeniyle kuvvet dağılımının eşit olamamasından, kenar ayaklara gelen statik ve dinamik toprak yüklerinin kenar ayak temellerinde oluşturduğu etkilerden ve zemin koşullarından dolayı kazıklı temeller yapmak gerekebilmektedir.

KAYNAKLAR

A.A.S.H.T.O. LRFD, 1998. Bridge design specification, *American Association Of State Highway And Transportation Officials*, Washington DC.

A.A.S.H.T.O., 1992. Standard specifications for highway bridges, *American Association Of State Highway And Transportation Officials*, Washington DC.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik, 1998., *İnşaat Mühendisleri Odası*, İzmir.

ATC-6, 1981. Seismic design guidelines for highway bridges, *Federal Highway Administration Department Of Transportation*, CA.

Berktaş, İ., 1995. Betonarme 1, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul.

Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2001. Betonarme yapılar, Rehber Matbaacılık, İstanbul.

Collins, P. M. & Denis, M., 1991. Prestressed concrete structures, Prentice-Hall.

Karayolu Köprülerinin Deprem Hesabı Hakkında Şartname, 1987., *Ortadoğu Teknik Üniversitesi*, Ankara.

Özmen, G., Orakdöğen, E. ve Darılmaz, K., 2001. Örneklerle SAP 2000, Birsan Yayınevi, İstanbul.

Polat, Z., 1994. SAP 90 yapı analizi programı ile bina taşıyıcı sistemlerinin statik ve dinamik hesabı, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul.

Toğrol, E., 1970. Kazıklı temeller, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

TS 3233, 1979. Öngerilmeli beton yapıların hesap ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

TS 500, 2000. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

Yol Köprüleri İçin Teknik Şartname, 1982., *Karayolları Genel Müdürlüğü*, Ankara.

Ek A

KUTU KESITLI PREFABRIKE KIRIS DATASI

SYSTEM

L=17

:

JOINTS

1	X= 0.00	Y= 0.00	Z=0.00
3	X= 7.92	Y= 0.00	G=1,3,1
10	X= 0.00	Y= 4.15	
12	X= 7.92	Y= 4.15	
58	X= 0.00	Y=33.35	
60	X= 7.92	Y=33.35	Q=10,12,58,60,1,3
4	X= 0.00	Y= 0.50	
6	X= 7.92	Y= 0.50	G=4,6,1
7	X= 0.00	Y= 1.80	
9	X= 7.92	Y= 1.80	G=7,9,1
67	X= 0.00	Y=37.50	
69	X= 7.92	Y=37.50	G=67,69,1
64	X= 0.00	Y=37.00	
66	X= 7.92	Y=37.00	G=64,66,1
61	X= 0.00	Y=35.70	
63	X= 7.92	Y=35.70	G=61,63,1
73	X= 1.05	Y= 4.15	
96	X= 2.91	Y= 4.15	
89	X= 1.05	Y=33.35	
112	X= 2.91	Y=33.35	Q=73,96,89,112,23,1
119	X= 5.01	Y= 4.15	
142	X= 6.87	Y= 4.15	
135	X= 5.01	Y=33.35	
158	X= 6.87	Y=33.35	Q=119,142,135,158,23,1
70	X= 1.05	Y= 0.00	
71	X= 1.05	Y= 0.50	
72	X= 1.05	Y= 1.80	
90	X= 1.05	Y=35.70	
91	X= 1.05	Y=37.00	
92	X= 1.05	Y=37.50	
93	X= 2.91	Y= 0.00	
94	X= 2.91	Y= 0.50	
95	X= 2.91	Y= 1.80	
113	X= 2.91	Y=35.70	
114	X= 2.91	Y=37.00	
115	X= 2.91	Y=37.50	
116	X= 5.01	Y= 0.00	
117	X= 5.01	Y= 0.50	
118	X= 5.01	Y= 1.80	
136	X= 5.01	Y=35.70	
137	X= 5.01	Y=37.00	
138	X= 5.01	Y=37.50	
139	X= 6.87	Y= 0.00	
140	X= 6.87	Y= 0.50	
141	X= 6.87	Y= 1.80	
159	X= 6.87	Y=35.70	
160	X= 6.87	Y=37.00	
161	X= 6.87	Y=37.50	

:

RESTRAINS

1,161,1 R=1,1,0,0,0,1

4,6,1 R=1,1,1,0,0,1

(Prefabrike giriş SAP90 datası devamı)

64,66,1 R=1,1,1,0,0,1

70,161,1 R=1,1,0,1,0,1

:

FRAME

NM=3 NL=16

1 A=2.13830 I=1.4603,2.1198

E=3E6

2 A=0.82125 I=0.8351,0.2279

E=3E6

3 A=0.63875 I=0.0065,0.1773

E=3E6

1 WG= 0.0000, 0.0000, -1.2317 :1

Nolu yukleme

2 WG= 0.0000, 0.0000, -0.3960 :1

Nolu yukleme

3 WG= 0.0000, 0.0000, -0.4500 :2

Nolu yukleme

4 WG= 0.0000, 0.0000, -2.2250 :3 :7 :11

Nolu yukleme

5 WG= 0.0000, 0.0000, -4.5000 :3 :7 :11

Nolu yukleme

6 PLD= 0.0000, -6.8182, 0.0000 :3 :11

Nolu yukleme

7 PLD= 0.0000, -13.3636, 0.0000 :3 :11

Nolu yukleme

8 PLD= 0.0000, -6.2940, 0.0000 :7

Nolu yukleme

9 PLD= 0.0000, -12.3360, 0.0000 :7

Nolu yukleme

10 PLD= 0.0000, -8.9510, 0.0000 :8

Nolu yukleme

11 PLD= 0.0000, -26.4060, 0.0000 :8

Nolu yukleme

12 PLD= 0.0000, -2.5180, 0.0000 :9

Nolu yukleme

13 PLD= 0.0000, -17.1190, 0.0000 :9

Nolu yukleme

14 PLD= 0.0000, -3.3570, 0.0000 :10

Nolu yukleme

15 PLD= 0.0000, -22.4900, 0.0000 :10

Nolu yukleme

16 PLD= 0.0000, -18.4620, 0.0000 :10

Nolu yukleme

C YUKLEME NO 1 2 3 3 4 5 6 7 7 8 9 10 11 11 12 13 14

C SIRA NO 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

1,1,4 LP=3,0 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

2,4,7 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

3,7,10 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

4,10,13 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

5,13,16 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

6,16,19 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

7,19,22 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

8,22,25 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

9,25,28 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

10,28,31 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

11,31,34 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

12,34,37 M=1 NSL=1,3,4,6,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

13,37,40 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

14,40,43 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

15,43,46 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

16,46,49 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

17,49,52 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,6,0,0,0

18,52,55 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

19,55,58 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

20,58,61 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

21,61,64 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0

22,64,67 M=1 NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,8,10,12,14,4,0,0,0,0

23,2,5 M=1 NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0

24,5,8 M=1 NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0

25,8,11 M=1 NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0

26,11,14 M=1 NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0

27,14,17 M=1 NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0

28,17,20 M=1 NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0

29,20,23 M=1 NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0

30,23,26 M=1 NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0

31,26,29 M=1 NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0

32,29,32 M=1 NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0

(Prefabrike giriş SAP90 datası devamı)

33,32,35	M=1	NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0
34,35,38	M=1	NSL=2,0,5,7,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0
35,38,41	M=1	NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0
36,41,44	M=1	NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0
37,44,47	M=1	NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0
38,47,50	M=1	NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0
39,50,53	M=1	NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,7,0,0,0
40,53,56	M=1	NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0
41,56,59	M=1	NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0
42,59,62	M=1	NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0
43,62,65	M=1	NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0,5,0,0,0,0
44,65,68	M=1	NSL=2,0,5,0,0,0,0,5,9,11,13,15,5,0,0,0,0
45,3,6	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
46,6,9	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
47,9,12	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
48,12,15	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
49,15,18	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
50,18,21	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
51,21,24	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
52,24,27	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
53,27,30	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
54,30,33	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
55,33,36	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
56,36,39	M=1	NSL=1,3,4,6,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
57,39,42	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
58,42,45	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
59,45,48	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
60,48,51	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
61,51,54	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,6,0,0,0
62,54,57	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
63,57,60	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
64,60,63	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
65,63,66	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0,4,0,0,0,0
66,66,69	M=1	NSL=1,3,4,0,0,0,0,4,8,10,12,16,4,0,0,0,0
67,1,70	LP=2,0 M=2 G=22,1,3,1	
90,70,93	M=3 G=22,1,1,1	
113,93,2	M=2 G=22,1,1,3	
136,2,116	M=2 G=22,1,3,1	
159,116,139	M=3 G=22,1,1,1	
182,139,3	M=2 G=22,1,1,3	
:		
LOADS		
25 L=5	F=0,0,-1.74,0,0,0	
26 L=5	F=0,0,-5.134,0,0,0	
27 L=5	F=0,0,-1.74,0,0,0	
28 L=5	F=0,0,-0.684,0,0,0	
29 L=5	F=0,0,-2.018,0,0,0	
30 L=5	F=0,0,-0.684,0,0,0	
31 L=5	F=0,0,-3.773,0,0,0	
32 L=5	F=0,0,-11.129,0,0,0	
33 L=5	F=0,0,-3.773,0,0,0	
34 L=5	F=0,0,-5.925,0,0,0	
35 L=5	F=0,0,-17.477,0,0,0	
36 L=5	F=0,0,-5.925,0,0,0	
37 L=5	F=0,0,-0.585,0,0,0	
38 L=5	F=0,0,-1.724,0,0,0	
39 L=5	F=0,0,-0.585,0,0,0	
40 L=5	F=0,0,-9.113,0,0,0	

(Prefabrike giriş SAP90 datası devamı)

41 L=5 F=0,0,-26.882,0,0,0
42 L=5 F=0,0,-9.113,0,0,0
25 L=6 F=0,0,-0.490,0,0,0
26 L=6 F=0,0,-3.328,0,0,0
27 L=6 F=0,0,-0.490,0,0,0
28 L=6 F=0,0,-0.193,0,0,0
29 L=6 F=0,0,-1.308,0,0,0
30 L=6 F=0,0,-0.193,0,0,0
31 L=6 F=0,0,-1.061,0,0,0
32 L=6 F=0,0,-7.215,0,0,0
33 L=6 F=0,0,-1.061,0,0,0
34 L=6 F=0,0,-1.667,0,0,0
35 L=6 F=0,0,-11.331,0,0,0
36 L=6 F=0,0,-1.667,0,0,0
37 L=6 F=0,0,-0.165,0,0,0
38 L=6 F=0,0,-1.118,0,0,0
39 L=6 F=0,0,-0.165,0,0,0
40 L=6 F=0,0,-2.563,0,0,0
41 L=6 F=0,0,-17.428,0,0,0
42 L=6 F=0,0,-2.563,0,0,0
25 L=7 F=0,0,-0.653,0,0,0
26 L=7 F=0,0,-4.372,0,0,0
27 L=7 F=0,0,-3.590,0,0,0
28 L=7 F=0,0,-0.257,0,0,0
29 L=7 F=0,0,-1.719,0,0,0
30 L=7 F=0,0,-1.411,0,0,0
31 L=7 F=0,0,-1.415,0,0,0
32 L=7 F=0,0,-9.479,0,0,0
33 L=7 F=0,0,-7.781,0,0,0
34 L=7 F=0,0,-2.222,0,0,0
35 L=7 F=0,0,-14.885,0,0,0
36 L=7 F=0,0,-12.220,0,0,0
37 L=7 F=0,0,-0.219,0,0,0
38 L=7 F=0,0,-1.468,0,0,0
39 L=7 F=0,0,-1.206,0,0,0
40 L=7 F=0,0,-3.417,0,0,0
41 L=7 F=0,0,-22.895,0,0,0
42 L=7 F=0,0,-18.795,0,0,0
61 L=9 F=0,0,-0.524,0,0,0
62 L=9 F=0,0,-1.028,0,0,0
63 L=9 F=0,0,-0.524,0,0,0
49 L=10 F=0,0,-1.727,0,0,0
50 L=10 F=0,0,-5.094,0,0,0
51 L=10 F=0,0,-1.727,0,0,0
52 L=10 F=0,0,-0.698,0,0,0
53 L=10 F=0,0,-2.057,0,0,0
54 L=10 F=0,0,-0.698,0,0,0
55 L=10 F=0,0,-3.720,0,0,0
56 L=10 F=0,0,-10.972,0,0,0
57 L=10 F=0,0,-3.720,0,0,0
58 L=10 F=0,0,-5.978,0,0,0
59 L=10 F=0,0,-17.634,0,0,0
60 L=10 F=0,0,-5.978,0,0,0
61 L=10 F=0,0,-0.746,0,0,0
62 L=10 F=0,0,-2.200,0,0,0
63 L=10 F=0,0,-0.746,0,0,0
49 L=11 F=0,0,-0.486,0,0,0
50 L=11 F=0,0,-3.303,0,0,0

(Prefabrike giriş SAP90 datası devamı)

51 L=11 F=0,0,-0.486,0,0,0
52 L=11 F=0,0,-0.196,0,0,0
53 L=11 F=0,0,-1.334,0,0,0
54 L=11 F=0,0,-0.196,0,0,0
55 L=11 F=0,0,-1.046,0,0,0
56 L=11 F=0,0,-7.113,0,0,0
57 L=11 F=0,0,-1.046,0,0,0
58 L=11 F=0,0,-1.681,0,0,0
59 L=11 F=0,0,-11.432,0,0,0
60 L=11 F=0,0,-1.681,0,0,0
61 L=11 F=0,0,-0.210,0,0,0
62 L=11 F=0,0,-1.427,0,0,0
63 L=11 F=0,0,-0.210,0,0,0
49 L=12 F=0,0,-0.648,0,0,0
50 L=12 F=0,0,-4.339,0,0,0
51 L=12 F=0,0,-3.562,0,0,0
52 L=12 F=0,0,-0.262,0,0,0
53 L=12 F=0,0,-1.752,0,0,0
54 L=12 F=0,0,-1.439,0,0,0
55 L=12 F=0,0,-1.395,0,0,0
56 L=12 F=0,0,-9.345,0,0,0
57 L=12 F=0,0,-7.671,0,0,0
58 L=12 F=0,0,-2.242,0,0,0
59 L=12 F=0,0,-15.019,0,0,0
60 L=12 F=0,0,-12.329,0,0,0
61 L=12 F=0,0,-0.280,0,0,0
62 L=12 F=0,0,-1.875,0,0,0
63 L=12 F=0,0,-1.539,0,0,0
40 L=15 F=0,0,-1.740,0,0,0
41 L=15 F=0,0,-5.134,0,0,0
42 L=15 F=0,0,-1.740,0,0,0
43 L=15 F=0,0,-0.684,0,0,0
44 L=15 F=0,0,-2.018,0,0,0
45 L=15 F=0,0,-0.684,0,0,0
46 L=15 F=0,0,-3.773,0,0,0
47 L=15 F=0,0,-11.129,0,0,0
48 L=15 F=0,0,-3.773,0,0,0
49 L=15 F=0,0,-5.925,0,0,0
50 L=15 F=0,0,-17.477,0,0,0
51 L=15 F=0,0,-5.925,0,0,0
52 L=15 F=0,0,-0.585,0,0,0
53 L=15 F=0,0,-1.724,0,0,0
54 L=15 F=0,0,-0.585,0,0,0
55 L=15 F=0,0,-9.113,0,0,0
56 L=15 F=0,0,-26.882,0,0,0
57 L=15 F=0,0,-9.113,0,0,0
40 L=16 F=0,0,-0.490,0,0,0
41 L=16 F=0,0,-3.328,0,0,0
42 L=16 F=0,0,-0.490,0,0,0
43 L=16 F=0,0,-0.193,0,0,0
44 L=16 F=0,0,-1.308,0,0,0
45 L=16 F=0,0,-0.193,0,0,0
46 L=16 F=0,0,-1.061,0,0,0
47 L=16 F=0,0,-7.215,0,0,0
48 L=16 F=0,0,-1.061,0,0,0
49 L=16 F=0,0,-1.667,0,0,0
50 L=16 F=0,0,-11.331,0,0,0
51 L=16 F=0,0,-1.667,0,0,0

(Prefabrike giriş SAP90 datası devamı)

52 L=16 F=0,0,-0.165,0,0,0
53 L=16 F=0,0,-1.118,0,0,0
54 L=16 F=0,0,-0.165,0,0,0
55 L=16 F=0,0,-2.563,0,0,0
56 L=16 F=0,0,-17.428,0,0,0
57 L=16 F=0,0,-2.563,0,0,0
40 L=17 F=0,0,-0.653,0,0,0
41 L=17 F=0,0,-4.372,0,0,0
42 L=17 F=0,0,-3.590,0,0,0
43 L=17 F=0,0,-0.257,0,0,0
44 L=17 F=0,0,-1.719,0,0,0
45 L=17 F=0,0,-1.411,0,0,0
46 L=17 F=0,0,-1.415,0,0,0
47 L=17 F=0,0,-9.479,0,0,0
48 L=17 F=0,0,-7.781,0,0,0
49 L=17 F=0,0,-2.222,0,0,0
50 L=17 F=0,0,-14.885,0,0,0
51 L=17 F=0,0,-12.220,0,0,0
52 L=17 F=0,0,-0.219,0,0,0
53 L=17 F=0,0,-1.468,0,0,0
54 L=17 F=0,0,-1.206,0,0,0
55 L=17 F=0,0,-3.417,0,0,0
56 L=17 F=0,0,-22.895,0,0,0
57 L=17 F=0,0,-18.795,0,0,0

:

COMBO

C	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17
1	C=1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	C=0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	C=0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	C=0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	C=0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	C=0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	C=0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	C=0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	C=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10	C=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
11	C=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
12	C=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
13	C=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	C=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

:

NOT: Bu SAP90 datası SAP2000 programı içinde çalıştırılmıştır.

Ek B

Tablo B.1 Viyadüğün 3 boyutlu SAP2000 modelinin koordinatları

TYPE	NAME	X	Y	Z
POINT	1	0	0	0
POINT	2	31,52	21,23	-0,1
POINT	3	66,46	40,7	-0,2
POINT	4	102,99	56,99	-0,3
POINT	5	140,82	69,97	-0,4
POINT	6	179,62	79,69	-0,5
POINT	7	218,98	86,81	-0,6
POINT	8	258,73	91,29	-0,7
POINT	9	298,69	93,11	-0,8
POINT	10	336,68	92,31	-0,9
POINT	11	1,675842	-2,48828	0
POINT	12	32,97992	18,60919	-0,1
POINT	13	67,68164	37,96	-0,2
POINT	14	103,9637	54,15242	-0,3
POINT	15	141,5493	67,06	-0,4
POINT	16	180,1538	76,73788	-0,5
POINT	17	219,316	83,82887	-0,6
POINT	18	258,8666	88,29311	-0,7
POINT	19	298,6266	90,11067	-0,8
POINT	20	336,4269	89,3207	-0,9
POINT	21	-1,67584	2,488283	0
POINT	22	30,06008	23,85081	-0,1
POINT	23	65,23836	43,44	-0,2
POINT	24	102,0163	59,82758	-0,3
POINT	25	140,0907	72,88	-0,4
POINT	26	179,0862	82,64212	-0,5
POINT	27	218,644	89,79113	-0,6
POINT	28	258,5934	94,28689	-0,7
POINT	29	298,7534	96,10933	-0,8
POINT	30	336,9331	95,2993	-0,9
POINT	31	32,97992	18,60919	-6,1
POINT	32	67,68164	37,96	-19,2
POINT	33	103,9637	54,15242	-24,3
POINT	34	141,5493	67,06	-24,4
POINT	35	180,1538	76,73788	-27,5
POINT	36	219,316	83,82887	-27,6
POINT	37	258,8666	88,29311	-14,7
POINT	38	298,6266	90,11067	-8,8
POINT	39	30,06008	23,85081	-6,1
POINT	40	65,23836	43,44	-19,2
POINT	41	102,0163	59,82758	-24,3
POINT	42	140,0907	72,88	-24,4
POINT	43	179,0862	82,64212	-27,5
POINT	44	218,644	89,79113	-27,6
POINT	45	258,5934	94,28689	-14,7
POINT	46	298,7534	96,10933	-8,8
POINT	47	29,9912	20,37838	-0,1
POINT	48	64,86167	39,98737	-0,2
POINT	49	101,3347	56,42199	-0,3
POINT	50	139,1225	69,54456	-0,4
POINT	51	177,8979	79,3786	-0,5
POINT	52	217,241	86,61402	-0,6

FI
33,96
29,12
24,03
18,94
14,07
10,25
6,43
2,61
1,21
4,84

Ek B

Tablo B.1 Viyadüğün 3 boyutlu SAP2000 modelinin koordinatları

POINT	53	256,9818	91,21031	-0,7
POINT	54	296,9404	93,14695	-0,8
POINT	55	33,0488	22,08162	-0,1
POINT	56	68,05833	41,41263	-0,2
POINT	57	104,6453	57,55801	-0,3
POINT	58	142,5175	70,39544	-0,4
POINT	59	181,3421	80,0014	-0,5
POINT	60	220,719	87,00598	-0,6
POINT	61	260,4782	91,36969	-0,7
POINT	62	300,4396	93,07305	-0,8
POINT	63	31,45112	17,75757	-0,1
POINT	64	66,08331	37,24738	-0,2
POINT	65	102,3085	53,58441	-0,3
POINT	66	139,8518	66,63456	-0,4
POINT	67	178,4318	76,42648	-0,5
POINT	68	217,577	83,63289	-0,6
POINT	69	257,1184	88,21342	-0,7
POINT	70	296,877	90,14762	-0,8
POINT	71	34,50873	19,46081	-0,1
POINT	72	69,27998	38,67263	-0,2
POINT	73	105,619	54,72043	-0,3
POINT	74	143,2468	67,48544	-0,4
POINT	75	181,8759	77,04928	-0,5
POINT	76	221,055	84,02485	-0,6
POINT	77	260,6148	88,3728	-0,7
POINT	78	300,3763	90,07371	-0,8
POINT	79	28,53127	22,99919	-0,1
POINT	80	63,64002	42,72737	-0,2
POINT	81	100,361	59,25957	-0,3
POINT	82	138,3932	72,45456	-0,4
POINT	83	177,3641	82,33072	-0,5
POINT	84	216,905	89,59515	-0,6
POINT	85	256,8452	94,2072	-0,7
POINT	86	297,0037	96,14629	-0,8
POINT	87	31,58888	24,70243	-0,1
POINT	88	66,83669	44,15262	-0,2
POINT	89	103,6715	60,39559	-0,3
POINT	90	141,7882	73,30544	-0,4
POINT	91	180,8082	82,95352	-0,5
POINT	92	220,383	89,98711	-0,6
POINT	93	260,3416	94,36658	-0,7
POINT	94	300,503	96,07238	-0,8
POINT	95	0	0	1,39
POINT	96	29,9912	20,37838	1,29
POINT	97	64,86167	39,98737	1,19
POINT	98	101,3347	56,42199	1,09
POINT	99	139,1225	69,54456	0,99
POINT	100	177,8979	79,3786	0,89
POINT	101	217,241	86,61402	0,79
POINT	102	256,9818	91,21031	0,69
POINT	103	296,9404	93,14695	0,59
POINT	104	336,68	92,31	0,49
POINT	105	33,0488	22,08162	1,29

Ek B

Tablo B.1 Viyadüğün 3 boyutlu SAP2000 modelinin koordinatları

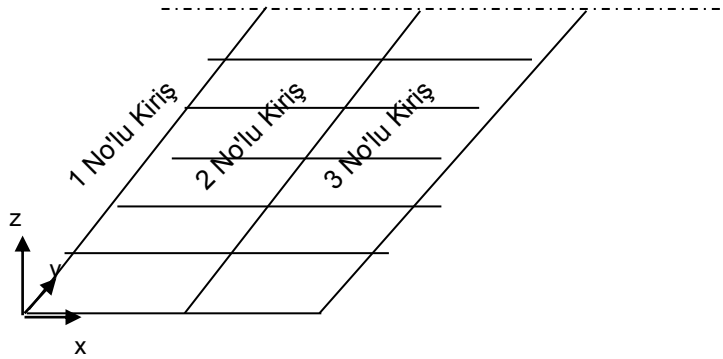
POINT	106	68,05833	41,41263	1,19
POINT	107	104,6453	57,55801	1,09
POINT	108	142,5175	70,39544	0,99
POINT	109	181,3421	80,0014	0,89
POINT	110	220,719	87,00598	0,79
POINT	111	260,4782	91,36969	0,69
POINT	112	300,4396	93,07305	0,59
POINT	113	1,675842	-2,48828	1,39
POINT	114	31,45112	17,75757	1,29
POINT	115	66,08331	37,24738	1,19
POINT	116	102,3085	53,58441	1,09
POINT	117	139,8518	66,63456	0,99
POINT	118	178,4318	76,42648	0,89
POINT	119	217,577	83,63289	0,79
POINT	120	257,1184	88,21342	0,69
POINT	121	296,877	90,14762	0,59
POINT	122	336,4269	89,3207	0,49
POINT	123	34,50873	19,46081	1,29
POINT	124	69,27998	38,67263	1,19
POINT	125	105,619	54,72043	1,09
POINT	126	143,2468	67,48544	0,99
POINT	127	181,8759	77,04928	0,89
POINT	128	221,055	84,02485	0,79
POINT	129	260,6148	88,3728	0,69
POINT	130	300,3763	90,07371	0,59
POINT	131	-1,67584	2,488283	1,39
POINT	132	28,53127	22,99919	1,29
POINT	133	63,64002	42,72737	1,19
POINT	134	100,361	59,25957	1,09
POINT	135	138,3932	72,45456	0,99
POINT	136	177,3641	82,33072	0,89
POINT	137	216,905	89,59515	0,79
POINT	138	256,8452	94,2072	0,69
POINT	139	297,0037	96,14629	0,59
POINT	140	336,9331	95,2993	0,49
POINT	141	31,58888	24,70243	1,29
POINT	142	66,83669	44,15262	1,19
POINT	143	103,6715	60,39559	1,09
POINT	144	141,7882	73,30544	0,99
POINT	145	180,8082	82,95352	0,89
POINT	146	220,383	89,98711	0,79
POINT	147	260,3416	94,36658	0,69
POINT	148	300,503	96,07238	0,59

KİRİŞLERE AİT KESME KUVVETLERİ (Mesnetten 0,1 m. Uzaklıktaki Kesitte)

Tablo 4.9 Mesnetten 0,1 m. uzaklıktaki kesitte oluşan kesme kuvvetleri

YÜKLEME NO	KESME KUVVETİ (t)			AÇIKLAMA
	KIRIŞ NO			
	1	2	3	
1	18,42	15,06	18,42	İlave zati yükler (asfalt, korkuluk vs.)
2	6,05	4,24	6,05	Yaya yükü
3	57,63	66,17	57,63	Standart Şerit Yükleri (L/2)
4	19,42	17,26	19,42	Standart Kamyon Yükleme (L/2)
5	9,95	8,15	9,95	Standart Kamyon Yükleme (L/2)
6	9,61	17,74	28,74	Standart Kamyon Yükleme (L/2)
7	51,84	61,58	51,84	Standart Şerit Yükleri (L=0,1 m.)
8	14,40	26,21	14,40	Standart Kamyon Yükleme (L=0,1 m.)
9	5,88	15,76	5,88	Standart Kamyon Yükleme (L=0,1 m.)
10	6,35	23,56	25,10	Standart Kamyon Yükleme (L=0,1 m.)
11	60,15	70,65	60,15	Standart Şerit Yükleri (L/4)
12	24,50	34,10	24,50	Standart Kamyon Yükleme (L/4)
13	11,17	19,20	11,17	Standart Kamyon Yükleme (L/4)
14	11,41	31,94	39,74	Standart Kamyon Yükleme (L/4)
15	60,72	77,43	60,72	Standart Şerit Yükleri (L=1,5 m.)
16	23,95	47,28	23,95	Standart Kamyon Yükleme (L=1,5 m.)
17	9,36	28,87	9,36	Standart Kamyon Yükleme (L=1,5 m.)
18	10,34	42,04	42,79	Standart Kamyon Yükleme (L=1,5 m.)
g _{zati}	61,22	61,22	61,22	Kiriş Zati Ağırlığından
g _{döşeme+fligran}	54,27	54,27	54,27	Betonarme Döşeme+Fligran Ağırlığından

NOT: Yukarıdaki moment değerleri SAP90 sonlu elemanlar programı ile elde edilmiştir.

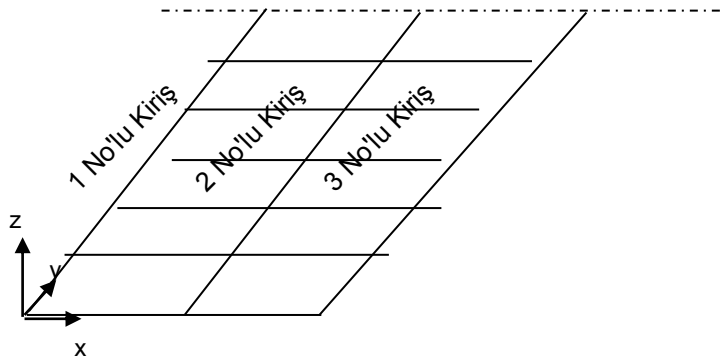


KİRİŞLERE AİT MOMENTLER (L/2 Kesitinde)

Tablo 4.5 L/2 kesitinde oluşan momentler

YÜKLEME NO	MOMENTLER (tm)			AÇIKLAMA
	KİRİŞ NO			
	1	2	3	
1	160,01	155,76	160,01	İlave zati yükler (asfalt, korkuluk vs.)
2	50,68	48,41	50,68	Yaya yükü
3	570,45	594,82	570,45	Standart Şerit Yükleri (L/2)
4	269,94	313,88	269,94	Standart Kamyon Yükleme (L/2)
5	130,05	166,81	130,05	Standart Kamyon Yükleme (L/2)
6	129,34	304,02	420,40	Standart Kamyon Yükleme (L/2)
7	493,09	504,50	493,09	Standart Şerit Yükleri (L=0,1 m.)
8	54,93	48,55	54,93	Standart Kamyon Yükleme (L=0,1 m.)
9	28,18	22,84	28,18	Standart Kamyon Yükleme (L=0,1 m.)
10	27,22	49,98	81,21	Standart Kamyon Yükleme (L=0,1 m.)
11	534,30	543,92	534,30	Standart Şerit Yükleri (L/4)
12	154,16	146,28	154,16	Standart Kamyon Yükleme (L/4)
13	77,97	71,38	77,97	Standart Kamyon Yükleme (L/4)
14	75,79	148,05	230,77	Standart Kamyon Yükleme (L/4)
15	499,60	510,39	499,60	Standart Şerit Yükleri (L=1,5 m.)
16	80,89	72,20	80,89	Standart Kamyon Yükleme (L=1,5 m.)
17	41,42	34,15	41,42	Standart Kamyon Yükleme (L=1,5 m.)
18	40,03	74,16	119,81	Standart Kamyon Yükleme (L=1,5 m.)
g _{zati}	537,41	537,41	537,41	Kiriş Zati Ağırlığından
g _{döşeme+fligran}	497,62	492,62	492,62	Betonarme Döşeme+Fligran Ağırlığından

NOT: Yukarıdaki moment değerleri SAP90 sonlu elemanlar programı ile elde edilmiştir.

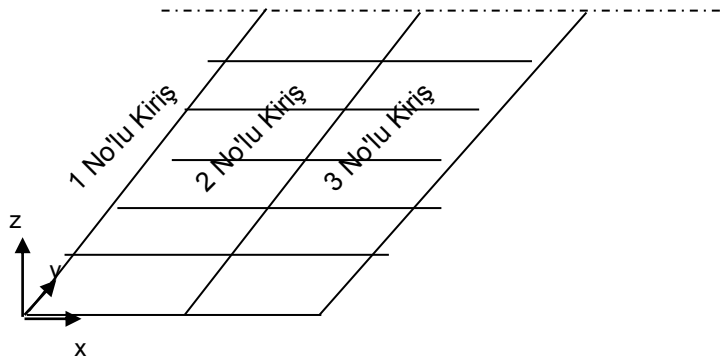


KİRİŞLERE AİT MOMENTLER (L/4 Kesitinde)

Tablo 4.6 L/4 kesitinde oluşan momentler

YÜKLEME NO	MOMENTLER (tm)			AÇIKLAMA
	KIRIŞ NO			
	1	2	3	
1	121,49	113,79	121,49	İlave zati yükler (asfalt, korkuluk vs.)
2	38,81	34,67	38,81	Yaya yükü
3	406,92	426,07	406,92	Standart Şerit Yükleri (L/2)
4	171,73	168,40	171,73	Standart Kamyon Yükleme (L/2)
5	86,24	83,46	86,24	Standart Kamyon Yükleme (L/2)
6	84,10	169,14	258,60	Standart Kamyon Yükleme (L/2)
7	365,90	386,96	365,90	Standart Şerit Yükleri (L=0,1 m.)
8	71,16	95,29	71,16	Standart Kamyon Yükleme (L=0,1 m.)
9	32,87	53,06	32,87	Standart Kamyon Yükleme (L=0,1 m.)
10	33,37	89,88	114,37	Standart Kamyon Yükleme (L=0,1 m.)
11	421,80	457,91	421,80	Standart Şerit Yükleri (L/4)
12	176,52	235,27	176,52	Standart Kamyon Yükleme (L/4)
13	81,67	130,83	81,67	Standart Kamyon Yükleme (L/4)
14	82,83	222,09	283,39	Standart Kamyon Yükleme (L/4)
15	374,90	397,29	374,90	Standart Şerit Yükleri (L=1,5 m.)
16	102,33	135,83	102,33	Standart Kamyon Yükleme (L=1,5 m.)
17	47,40	75,43	47,40	Standart Kamyon Yükleme (L=1,5 m.)
18	48,04	128,32	164,13	Standart Kamyon Yükleme (L=1,5 m.)
g _{zati}	403,60	403,60	403,60	Kiriş Zati Ağırlığından
g _{döşeme+fligran}	372,59	372,59	372,59	Betonarme Döşeme+Fligran Ağırlığından

NOT: Yukarıdaki moment değerleri SAP90 sonlu elemanlar programı ile elde edilmiştir.



KİRİŞLERE AİT MOMENTLER
(Mesnetten 50φ=0,76 m. Uzaklıktaki Kesitte)

Tablo 4.7 Mesnetten 50φ uzaklıktaki kesitte oluşan momentler

YÜKLEME NO	MOMENTLER (tm)			AÇIKLAMA
	KİRİŞ NO			
	1	2	3	
1	13,55	11,34	13,55	İlave zati yükler (asfalt, korkuluk vs.)
2	4,43	3,24	4,43	Yaya yükü
3	41,63	47,32	41,63	Standart Şerit Yükleri (L/2)
4	14,78	13,08	14,78	Standart Kamyon Yüklemesi (L/2)
5	7,58	6,16	7,58	Standart Kamyon Yüklemesi (L/2)
6	7,32	13,46	21,85	Standart Kamyon Yüklemesi (L/2)
7	38,50	44,84	38,50	Standart Şerit Yükleri (L=0,1 m.)
8	10,98	19,86	10,98	Standart Kamyon Yüklemesi (L=0,1 m.)
9	4,49	11,92	4,49	Standart Kamyon Yüklemesi (L=0,1 m.)
10	4,85	17,86	19,10	Standart Kamyon Yüklemesi (L=0,1 m.)
11	43,00	49,73	43,00	Standart Şerit Yükleri (L/4)
12	18,68	28,50	18,68	Standart Kamyon Yüklemesi (L/4)
13	8,54	14,50	8,54	Standart Kamyon Yüklemesi (L/4)
14	8,71	24,20	30,24	Standart Kamyon Yüklemesi (L/4)
15	43,30	53,40	43,30	Standart Şerit Yükleri (L=1,5 m.)
16	18,25	35,84	18,25	Standart Kamyon Yüklemesi (L=1,5 m.)
17	7,15	21,86	7,15	Standart Kamyon Yüklemesi (L=1,5 m.)
18	7,89	31,89	32,55	Standart Kamyon Yüklemesi (L=1,5 m.)
g _{zati}	44,31	44,31	44,31	Kiriş Zati Ağırlığından
g _{döşeme+fligran}	40,29	40,29	40,29	Betonarme Döşeme+Fligran Ağırlığından

NOT: Yukarıdaki moment değerleri SAP90 sonlu elemanlar programı ile elde edilmiştir.

