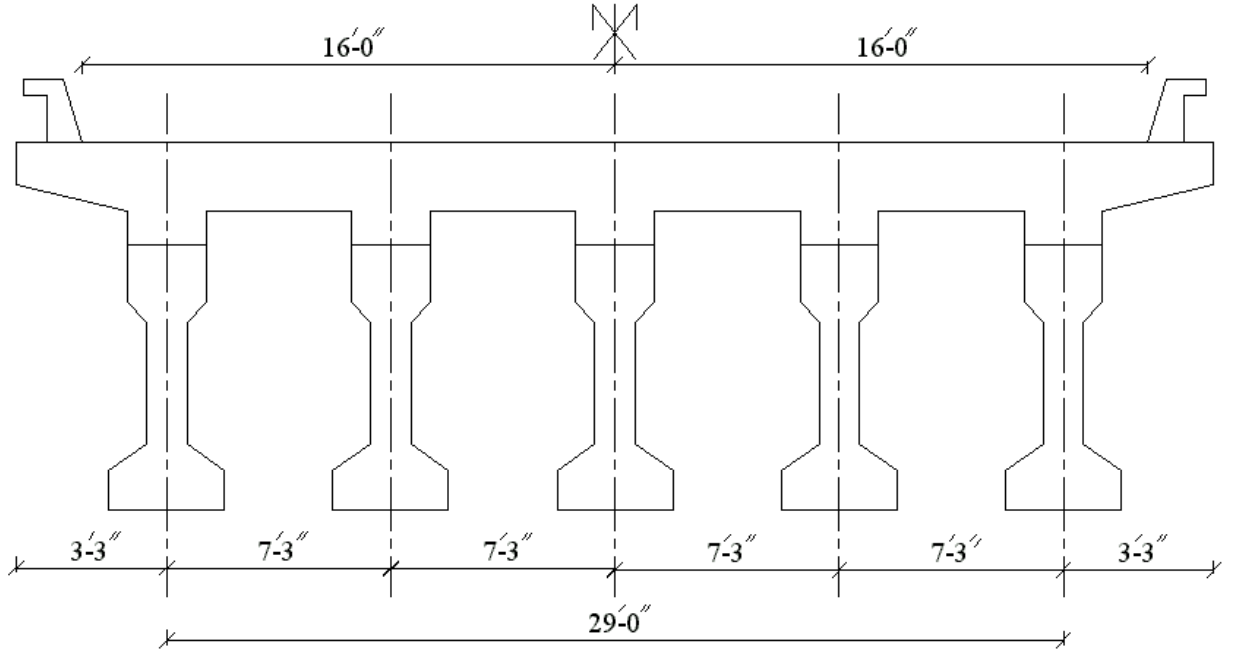


PROBLEM



Ölçüleri yukarıda verilen öngerilmeli I kirişini tasarımı yapınız .

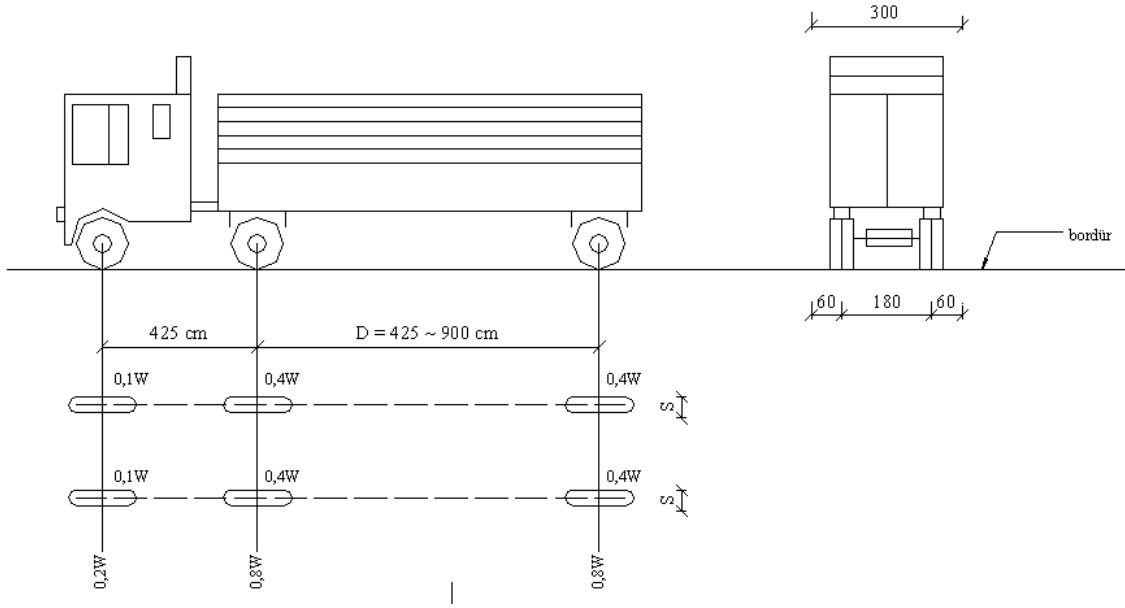
Veriler :

- 70 ft basit açıklıklı HS20-44 hareketli yüküne maruz boyuna kirişlerin tasarımı AASHTO PCI standartlarının kullanımı ile yapılacaktır .
- Köprü üst yapısı 5 kirişten oluşmaktadır .
- Köprüde 2 trafik şeridi bulunmaktadır .
- Basit mesnetli olarak verilmiştir .
- Bariyer alanı = 2.61 ft²
- Çeliğin dayanımı $f_s^1 = 270\ 000$ psi
- Betonun dayanımı $f_c^1 = 5000$ psi
- Tabliye ve kiriş aynı mukavemetli betondan yapılmıştır .
- Kaplama birim ağırlığı ve beton birim ağırlığı 0.150 k/ft³
- Kaplama kalınlığı 2.5 inç

EK : (Hareketli Yükler Hakkında Bilgi)

Yük sınıflarını belirten simgelerden H iki dingilli bir kamyon , S ise ona bağlı bir yarım treylere denk gelmektedir . H harfinden sonra gelen rakam kamyonun iki dingilinden

gelen W ağırlığını ve S harfinden sonra gelen rakam yarım treylere ait tek dingilden gelen ağırlığı vermektedir .



1. ADIM

Impact ve dağıtım faktörlerinin bulunması :

A . Impact Faktörü

$$I = 1 + \frac{50}{L + 125} \text{ (formül 1)}$$

L = kiriş açıklığıdır . Birim olarak ft kullanılıyor . (70 ft)

$$I = 1 + \frac{50}{70 + 125} = 1,26 \text{ (birimsiz)}$$

B . Dağıtım Faktörü

$$Df = \frac{S}{5,5} \text{ (formül 2)}$$

S = iki kiriş arası mesafedir. Birim olarak ft kullanılıyor. (7' - 3")

EK : (Ft → inç birim çevirme)

$$12 \text{ ft} = 1 \text{ inç}$$

$$7 \text{ ft} - 3 \text{ inç} = 7.25 \text{ ft}$$

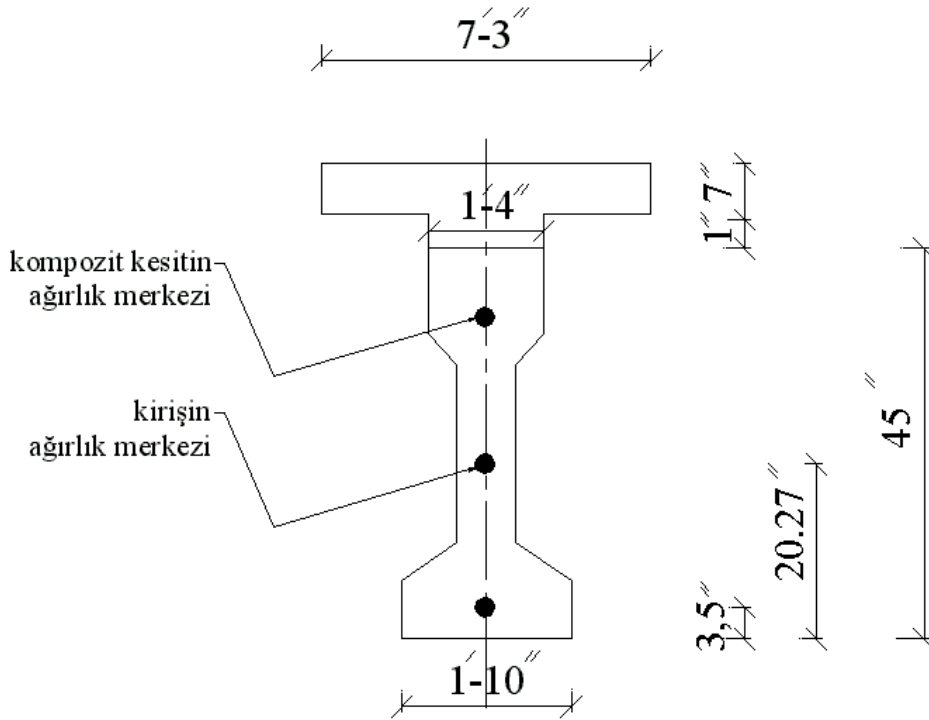
2. ADIM

Kompozit kesitin atalet momentinin bulunması:

EK : (AASHTO`ya göre PCI standartı kirişlerin özellikleri)

Kesit Tipi	Kesit Alanı (in ²)	Atalet M. (in ⁴)	y ¹ (in) ağır.mer.	Açıklı (ft)
I	267	22750	12,59	30-35
II	369	50980	15,83	40-45
III	560	125390	20.27	55-80
IV	789	260730	24.73	70-100
V	1013	521180	31.96	90-120
VI	1085	733320	36.38	110-140

Kiriş açıklığımız 70 ft olduğu için AASHTO PCI III kirişini kullanıyoruz.



Sözü edilen kiriş ve oluşturduğu kompozit kesitle ilgili özellikler yukarıda verildi .

Bunlar şablonlar şekilde verilecektir .

Atalet momenti tablo yardımıyla hesaplanacaktır .

Eleman	Alan (in ²)	y (in)	A x y	A x y ²	I (in ⁴)
Döşeme	609	49,5	30145,5	1492202,3	2486,75
Kiriş	560	20,27	1131,2	230088,8	125390,00
Toplam	1169	---	41496,7	1722291,1	127876,75

- Kirişle ilgili bilgiler AASHTO tablosundan alınmıştır .
- Döşeme de alan hesabı :

$$7\text{ft}-3\text{inç} = 87 \text{ inç}$$

$$\text{Alan} = 87 \times 7 = 609 \text{ in}^2$$

- Döşeme Atalet momenti

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{87 \times 7^3}{12} = 2486,75 \text{ in}^4$$

$$I_z = \sum I + \sum A y^2 \text{ (formül 3)}$$

$$= 127876,75 + 1722291,1 = 1850167,8 \text{ in}^4$$

$$y' = \frac{\sum A y}{\sum A} \text{ (formül 4)}$$

$$y' = \frac{\sum A y}{\sum A} = \frac{4496,7}{1169} = 35,498 \text{ in}$$

$$I = I_z - (\sum A \times (y')^2) \text{ (formül 5)}$$

$$= 1850167,8 - 1169 \times 35,5^2$$

$$I = 377369 \text{ in}^4$$

3 . ADIM

Öngörme kiriş üzerindeki ölü yüklerin hesapları :

A . Döşemeden gelen ölü yük

Dslab = döşeme açıklığı x döşeme kalınlığı x beton birim ağırlığı

$$= 70,25 \text{ ft} \times 7 \text{ inç} \times (1 / 12) \times 0,150 \text{ k/ft}^3$$

$$\searrow \text{ in} \rightarrow \text{ft çevirim}$$

$$= 0.634 \text{ k/ft}$$

B. Döşeme altındaki dişten (haunch)

$D_{\text{haunch}} = \text{genişlik} \times \text{kalınlık} \times \text{beton birim ağırlığı}$

$$= 1,33 \text{ ft} \times 1 \text{ inç} \times (1/12) \times 0,150 \text{ k/ft}^3$$

\swarrow 1 ft – 4 in = 1.33 ft

$$= 0,017 \text{ k/ft}$$

C. Kirişten gelen ölü yük

$D_{\text{girder}} = \text{Alan} \times \text{birim ağırlık}$

$$= 560 \text{ in}^2 \times (1/12)^2 \times 0,150 \text{ k/ft}^3$$

\swarrow \searrow in² → ft² çevirim

TipIII için AASHTO

$$= 0,583 \text{ k/ft}$$

D. Bariyerden Gelen Ölü Yük

$D_{\text{barrier}} = (2 \times \text{Alan} \times \text{birim ağırlık}) / 5$

$$= (2 \times 2,61 \text{ ft}^2 \times 0,150 \text{ k/ft}^3) / 5$$

\swarrow yanlarda 2 adet bariyer var \searrow Bu yük 5 adet kirişe dağılacak

$$= 0.157 \text{ k/ft}$$

E. Kaplamadan Gelen Yük

$D_{\text{wearing}} = (\text{kaplama genişliği} \times \text{kaplama yüksekliği} \times \text{birim ağırlık})$

$$= (2,5 \text{ in} \times (1/12) \times 32 \text{ ft} \times 0,150 \text{ k/ft}^3) / 5 = 0,200 \text{ k/ft}$$

$$\text{Toplam Ağırlık} = 1,591 \text{ k/ft}$$

4. ADIM

Ölü yüklerden dolayı oluşan momentin bulunması.

A. Döşeme ve Altındaki Dişten Dolayı

$$M_{slamb} = ((döşeme ve dışten gelen ölü yük) x (kiriş açıklığı) ^2) / 8$$
$$= ((0,634+0,017) x 70^2) / 8 = 399 \text{ ftk}$$

B. Kirişten Dolayı

$$M_{girder} = ((kirişten gelen ölü yük) x (kiriş açıklığı) ^2) / 8$$
$$= (0,583 x 70^2) / 8 = 357 \text{ ftk}$$

C. Bariyerden Dolayı

$$M_{barrier} = ((bariyerden gelen ölü yük) x (kiriş açıklığı) ^2) / 8$$
$$M_{barrier} = (0,157 x 70^2) / 8 = 96 \text{ ftk}$$

D. Kaplamadan Dolayı

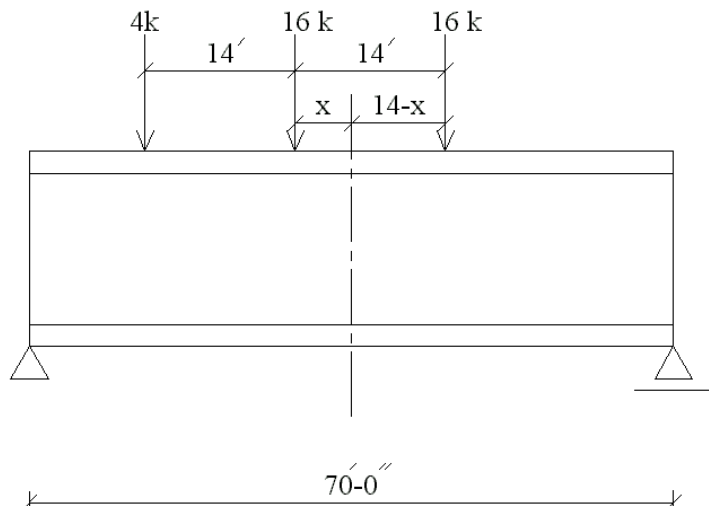
$$M_{wearing} = ((kaplamadan gelen ölü yük) x (kiriş açıklığı) ^2) / 8$$
$$= (0,200 x 70^2) / 8 = 123 \text{ ftk}$$

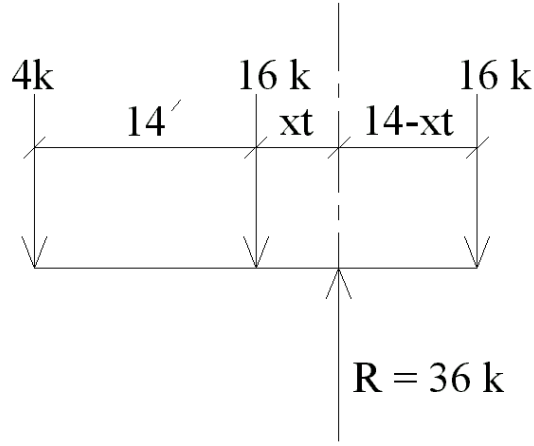
Oluşan Toplam Moment = 975 ftk

5. ADIM

Hareketli yüklerden dolayı oluşan momentin bulunması .

Kamyon hareketli yükünü (HS20-44) kiriş üzerine yerleştirirken kiriş ağırlık merkezi ile kamyon yükü ile en yapın konsantre yüke olan uzaklığın yarısı kiriş açıklı ortasına gelecek şekilde yerleştirilmelidir .





Moment alınarak x mesafesi hesaplanır .

$$16 \cdot 28 + 16 \cdot 14 = 36 \cdot (14 + xt)$$

$$xt = 4,67 \text{ ft}$$

$$x = xt / 2 = 2,34 \text{ ft}$$

A noktasına göre moment alınarak By mesnet tepkisi hesaplanır .

$$By \cdot 70 = 16 (46,66) + 16 (32,66) + 4 (18,66)$$

$$By = 19,20 \text{ k}$$

Max moment ortadaki 16 k kuvvet altında olur . Bu noktaya göre moment alınırsa
Mmax hesaplanır .

$$M_{max} = R_b \cdot x - 16 (14)$$

İmpact ve dağıtım faktörlerini kullanılarak kompozit yapının momenti hesaplanır .

$$M_{LL+I} = M_{LL} \cdot Df \cdot \text{Impact (formül 6)}$$

$$M_{LL+I} = 492,93 \cdot 1,32 \cdot 1,26 = 819,84 \text{ k ft}$$

6. ADIM

Kiriş üst lifindeki gerilmelerin hesaplanması .

6 ve 7 . adımlar öncesinde 2. adımdan kompozit ve kompozit olmayan kesitin merkeze mesafeleri ve atalet momentleri gibi bilgiler gerekli olduğundan ilgili bilgiler aşağıda toplanmıştır .

Kompozit Olmayan Kesit	Kompozit Kesit
Tip III Kirişi	7 inç`lik döşeme ve Tip III kirişi
Atalet momentleri $I = 125390 \text{ in}^4$	$I = 337367 \text{ in}^4$

$Y_{top} = 45 - 20,27 = 24,73$ -----A--	$Y_{top} = 45 - 35,50 = 9,50$ -----B--
$Y_{bottom} = 20,27$	$Y_{bottom} = 35,5$

A- Kiriş yüksekliğinden kiriş ağırlık merkezinden çıkartılır

B- Kiriş yüksekliğinden kompozit kesit ağırlık merkezinden çıkarılır

Kirişin üst lifindeki gerilmeleri standart $f = \frac{Mc \times y}{I}$ (formül 7)

	Eleman	Deneklem	Üst Lifteki Gerilme (ksi)
Kompozit Olmayan Kesit	Döşeme	$\frac{399kft \times (12in / ft) \times 24,73in}{125390}$	0,944
	Kiriş	$\frac{357kft \times (12in / ft) \times 24,73in}{125390}$	0,845
Kompozit Kesit	LL+I	$\frac{820kft \times (12in / ft) \times 9,50in}{337367}$	0,248
	korkuluk	$\frac{96kft \times (12in / ft) \times 9,50in}{337367}$	0,029
	kaplama	$\frac{123kft \times (12in / ft) \times 9,50in}{337367}$	0,037
			f_{top} 2,103

Hareketli yükten dolayı oluşan moment

Kompozit yapının atalet mom.

Ytop mesafesi

7. ADIM

Kiriş alt lifindeki gerilmelerin hesaplanması .

Ft → in çeviriyor .

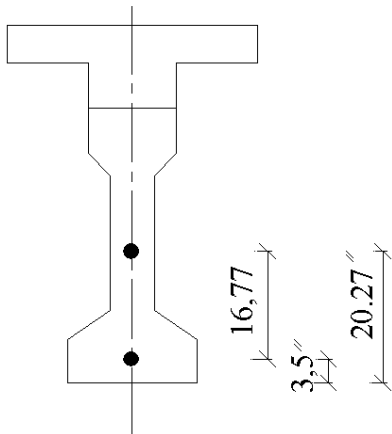
3. Adım döşeme mom. Kirise ait atalet mom. ybottom mesafesi

	Eleman	Deneklem	Alt Lifteki Gerilme (ksi)
Kompozit Olmayan Kesit	Döşeme	$\frac{399kft \times (12in / ft) \times 20,27in}{125390}$	0,774
	Kiriş	$\frac{357kft \times (12in / ft) \times 20,27in}{125390}$	0,692
Kompozit Kesit	LL+I	$\frac{820kft \times (12in / ft) \times 35,50in}{337367}$	0,926
	korkuluk	$\frac{96kft \times (12in / ft) \times 35,50in}{337367}$	0,108
	kaplama	$\frac{123kft \times (12in / ft) \times 35,50in}{337367}$	0,139
ftop			2,639

Kompozit yapının atalet mom. Kompozit yapının atalet mom. ybottom mesafesi

8. ADIM

İlk öngerme kuvvetinin hesaplanması



$$e = 20,27 \text{ in} - 3,5 \text{ in} = 16,77 \text{ in}$$

A. Atalet yarıçapı hesaplanır .

$$r^2 = \frac{I}{A} = \frac{125390in^4}{560in^2} = 223,91in^2$$

Buradaki atalet momentini ve alan tip III kirişine aittir .

B. Efektif Öngerme Kuvveti Hesaplanır .

$$c = Pf = \frac{f_{bottom} \times A}{1 + \frac{e \times y_{bottom}}{r^2}} \text{ (formül 8)}$$

$$c = Pf = \frac{2,639 \times 560}{1 + \frac{16,77 \times 20,27}{223,91}} = 586,9k$$

C. Efektif Öngerilim Hesabı

f_c = izin verilen ilk gerilme – varsayılan kayıplar (formül 9)

izin verilen ilk gerilme = $0,75 \times f'_s$ (formül 10)

$$0,75 \times 270 \text{ ksi} = 202,5 \text{ ksi}$$

tablo 1`den öngerme kayıpları klasik tahmin tablosundan öngerme halinde toplam

35000 psi olduğu görülüyor . Bu tablo daha önce işlendi ve verilecek .

$$35000 \text{ psi} = 35 \text{ ksi}$$

$$f_c = 202,5 - 35 = 167,5 \text{ ksi formül 9 dan}$$

D. Donatı Alanı Hesabı

$$A_s = \frac{Pf}{f_c} \text{ (formül 11)}$$

$$A_s = \frac{586,9}{167,5} = 3,50 \text{ in}^2$$

E. Transfer Sonrası Kayıplar

Elastik kısalmalar nedeniyle ilgili tablodan 13 ksi (varsayılan 12000 psi) alınır .

Transfer sonrası kayıplar = toplam öngreme kaybı – elastik kısalmadan oluşan
(formül 12)

$$= 35 - 13 = 22 \text{ ksi}$$

F. İlk Öngerme Kuvveti

$$P_i = P_f + (\text{ transferden sonraki kayıplar }) \times A_s = 586,9 \text{ k} + 22 \text{ ksi} \times 3,5 \text{ in}^2 \text{ (formül 13)}$$

$$P_i = 663,9 \text{ k}$$

9. ADIM

Kirişte lif gerilmesinin hesaplanması .

Gerilme 3 farklı zaman için hesaplanacaktır .

1. Kiriş öngerildiği zaman
2. Döşeme yerleştirildiği zaman
3. Tasarım yükleme şartları altında

	Üst Lif	Alt Lif	
	$\left(1 - \frac{e \times y_{top}}{r^2}\right)$ <p>6. adım kom.olmayan kesit</p> $\left(1 + \frac{16,77 \times (-24,73)}{223,9} = -0,85\right)$ <p>Atalet yarıçapı 8.adım</p>	$\left(1 + \frac{e \times y_{bottom}}{r^2}\right)$ <p>6. adım bot . kom.olmayan kesit</p> $\left(1 + \frac{16,77 \times (20,27)}{223,9} = 2,52\right)$ <p>Atalet yarıçapı 8.adım</p>	
	$f_{top} = -0,85 (P/A) \pm f_{time}$	$f_{bot} = 2,52(P/A) \pm f_{time}$	
	İlk öngerme kuvveti 8. Adım	6. adım kom. Olmayan kesit kiriş gerilmesi	
		Efektif öngerme kuvveti 8. Adım	
		6. adım kom. Olmayan kesit kiriş + döşeme gerilmesi	
		6. adım ftoplamları	
		7. Adım kom.olmayan kiriş gerilmesi	
		7. Adım kiriş + döşeme	
		7 adım ftoplamları	
	Zamana Bağlı Gerilme	Denklem	Gerilme
Üst Lif	Öngerme Anında	$-0,85 \times \frac{-663,9}{560} = -0,845$	0,163 ksi (T)
	Döşeme Yerleştiği A.	$-0,85 \times \frac{-586,9}{560} = -1,789$	-0,898 ksi (C)
	Tasarım Yüğü	$-0,85 \times \frac{-586,9}{560} = -2,103$	-1,22 ksi (C)
Alt Lif	Öngerme Anında	$2,52 \times \frac{-663,9}{560} + 0,692$	-2,295 ksi (C)
	Döşeme Yerleştiği A.	$2,52 \times \frac{-586,9}{560} + 1,466$	-1,175 ksi (C)
	Tasarım Yüğü	$2,52 \times \frac{-586,9}{560} + 2,639$	-0,002 ksi (C)