

50000 M² Lök Bir Sulama Deposu İçin
İki Alternatif Proje

İsmail Erinc

Yüksek Lisans Tezi

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 150
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 92
Tarih : 8.12.1986
Fatura :
Fiatı : 1000 TL
Ayniyat No : 1/32
Kayıt No : 44647
UDC :
Ek :



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ - FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Comp.

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

D.B. No

50000 M³ LÜK BİR SULAMA SUYU DEPOSU İÇİN
İKİ ALTERNATİF PROJE VE KARŞILAŞTIRILMASI

LİSANSÜSTÜ BİTİRME TEZİ

HAZIRLAYAN:

İNŞ. MÜH. İSMAİL ERİNÇ

YÖNETEN:

DOÇ. ZEKERİYA POLAT

GİRİŞ

Son yıllarda özellikle Ortadoğu Ülkeleri gibi su kaynakları bakımından fakir, fakat petrol zengini ülkelerde, sulama amaçlı birçok su tesisi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yeni projeler de mevcuttur.

Sulama amaçlı bu projelerde, deniz suyundan elde edilen tatlı su (Saline water conversion system) tarıma elverişli bölgelere pompalanıp depo edilmekte ve ihtiyaç anında kullanıma arz edilmektedir.

Bölgenin kurak, güneşlenmesi bol ve şiddetli olması dolayısı ile depolar kapalı, büyük hacimli, silindirik şekillerde plânlanmakta ve gerçekleştirilmektedir. Büyük hacimler söz konusu olduğundan bu hacimlerin üzerinin kapatılması bakımından çok çeşitli yapılar düşünmek mümkündür. Bu amaçla bu tip projelerde bugüne kadar daha çok prefabrik öngerilmeli beton çatı elemanları ile teşkil edilmiş örtü sistemlerinin tercih edildiği görülmektedir (Örnek; Suudi Arabistan'ın Cidde şehrindeki sulama suyu depoları gibi).

Bu tip yapılar için B.A. kubbe uygun bir sistem gibi gözükmekle birlikte, 80 ilâ 90 m çap ve 8.5 ilâ 11.0 m yükseklikte plânlanan bu yapılarda bu boyutta kubbe yapılması teorik olarak mümkünse de denenmediği için pek kullanılmamaktadır. Kaldı ki, bu boyuttaki kubbenin stabilitesinin de bu iklim şartlarında - ki, genleşme deformasyonları çok büyük mertebededir - sağlanıp sağlanamayacağı, sağlansa bile diğer sistemlerle yarışıp yarışamayacağı şüphelidir. Bununla birlikte bu şekilde plânlanmış fakat henüz tatbikine geçilmemiş projeler de mevcuttur (Örnek; Suudi Arabistan'da Riyadh-Qassim sulama suyu depoları projesi gibi).

Büyük hacimlerin üzerinin ; halihazırda kullanılan düz çatının yanı sıra asma çatılı olarak kapatılması da uygun olabilir. Bu çalışmada ; çok kullanılan 50.000 m³ hacimli silindirik bir deponun :

(T) kesitli prefabrik öngerilmeli beton çatı elemanları ile düz çatılı olarak (Alternatif 1),

Asma çatılı olarak (Alternatif 2) plânlanması durumlarından hangisinde en ekonomik çözümün elde edilebileceğinin araştırılması ve karşılaştırma için verilerin elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada benimle yakinen ilgilenen ve müşküllerimin hallinde samimi gayretlerini esirgemeyen Muhterem Hocam Doç. Zekeriya POLAT'a ve ayrıca As. Mustafa ZORBOZAN'a minnet ve şükranlarımı sunar, kendilerine teşekkürü bir borç bilirim.

VERİLER

Depo 50000 m³ hacimli ve silindirik formda olacaktır.

Depo cidarı, her iki alternatifte de su seviyesine kadar öngerilmeli beton olacaktır. Kalıcı öngerilme ; yatay ve düşey doğrultuda depo tam dolu iken 1N/mm² beton basınç gerilmesi sağlanacak şekilde olacaktır. Duvar kesiti de genişken olabilir. Duvar elastik mesnetlere (elastomer-neopren) oturacaktır.

Öngerilme sistemi özellikle kablolar açısından universal tutulmaya çalışılacaktır. Gerektiğinde VSL kabloları kullanılacaktır.

Geçirimsizliğin temini için su ile temasta olan yüzeylere özel sıva yapılacaktır.

Asma sistemde ; asma kabloları olarak yine öngerilme halatlarından (prestressing-strands) yapılmış elemanlar kullanılabilir. Ancak bu kablolar asma kabloları olarak kullanılınca gevşeme (relaxation) sınırı altındaki gerilmelere ($\approx 0.55 \cdot f_{pk}$; f_{pk} , kopma gerilmesi) çalıştırılacaktır.

Asma sistem kablolarının ankrajında yine öngerilme ankraj elemanları (prestressing anchorages) kullanılabilir.

Asma sistemin örtüsü için ; hazır prefabrik çatı elemanları (y tong v.b. gibi), plastik (ondülin gibi) veya uygun fakat şimdiye kadar denenmiş bir örtü kullanılacaktır. Ayrıca her iki alternatif çatı tipinde de koruyucu örtü tabakası (proofing membrane sheeting) kullanılacaktır.

Diğer boyutlandırma kriterleri (design criterium) için : TS3233 Öngerilmeli Beton Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları , TS500 B.A. Yapıların Hesap Ve Yapım Kuralları ve ilgili İngiliz , Amerikan , Alman, ... Şart-nameleri kullanılacaktır.

Beton kalitesi : duvarlar için C30, çatı elemanları için C35 ve temel için C25 alınacaktır.

Zemin emniyet gerilmesi $\sigma_{zem} \leq 2.0 \text{ kg/cm}^2$ olacaktır.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ VERİLER

A - ALTERNATİF 1 : 50000 M³ HACİMLİ, SİLİNDİRİK VE DÜZ ÇATILI SU DEPOSU- NUN PROJELENDİRİLMESİ

1 - GEOMETRİK BOYUTLAR	1
1.1 - Depo Geometrik Boyutları	1
1.2 - Yatay Öngerilme Kablosu İle İlgili Boyut Ve Karakteristikler	1
2 - ÖNGERİLME KABLOSU HESABI	3
2.1 - Gecikmiş Kayıplar İle İlgili Notlar	3
2.1.1 - Betonun Sünmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	3
2.1.2 - Betonun Büzülmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	4
2.1.3 - Çeliğin Gevşemesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	5
2.1.4 - Zamana Bağlı Gerilme Kayıplarının Girişimi	6
2.2 - Duvar Kalınlığı Ve Yatay Öngerilme Kablosunun Tayini	6
2.2.1 - Duvar Kalınlığının Tayini	6
2.2.2 - Yatay Öngerilme Kablosunun Tayini	7
2.3 - Yatay Kablo Ani Öngerilme Kayıplarının Hesabı	9
2.3.1 - Sürtünmeden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	9
2.3.2 - Ankiraj Kaçağından İleri Gelen Öngerilme Kaybı	10
2.3.3 - Betonun Ani Elastik Kısalmasından İleri Gelen Öngerilme Kaybı	10
2.4 - Yatay Kablo Gecikmiş Öngerilme Kayıplarının Hesabı	10
2.4.1 - Betonun Sünmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	10
2.4.2 - Betonun Büzülmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	11
2.4.3 - Çeliğin Gevşemesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	12
2.4.4 - Gecikmiş Kayıpların Girişimi	12
2.5 - Seçilen Kablonun Yeterli Öngerilmeyi Sağlayıp Sağlamadığının Tahkiki	12
2.6 - Düşey Öngerilme Kablosunun Tayini	12
2.7 - Düşey Kablo Ani Öngerilme Kayıplarının Hesabı	13
2.7.1 - Sürtünmeden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	13
2.7.2 - Ankiraj Kaçağından İleri Gelen Öngerilme Kaybı	13
2.7.3 - Betonun Ani Elastik Kısalmasından İleri Gelen Öngerilme Kaybı	13
2.8 - Düşey Kablo Gecikmiş Öngerilme Kayıplarının Hesabı	14
2.8.1 - Betonun Sünmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	14
2.8.2 - Betonun Büzülmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	14
2.8.3 - Çeliğin Gevşemesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	14
2.8.4 - Gecikmiş Kayıpların Girişimi	14
2.9 - Seçilen Kablonun Yeterli Öngerilmeyi Sağlayıp Sağlamadığının Tahkiki	15
3 - DÜZ ÇATININ HESABI	15
3.1 - Geometrik Boyutlar	15
3.2 - T Elemanların Yaklaşık Statik Hesabı	15
3.3 - T Elemanlarda Öngerilme Kaybı Hesabı	18
3.3.1 - Betonun Ani Elastik Kısalmasından İleri Gelen Öngerilme Kaybı	18
3.3.2 - Betonun Sünmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	18
3.3.3 - Betonun Büzülmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı	19
3.4 - T Elemanlarda Kiriş Yüksekliği Ve Öngerilme Kablosunun Tayini	19
3.5 - T Elemanların Kesin Statik Hesabı Ve Kablo Tayini	20
3.6 - T Elemanlarda Beton Üst Ve Alt Lif Gerilmesi Tahkikleri	24
3.7 - T Elemanlarda B.A. Donatısı Hesabı	26
3.7.1 - Kayma Donatısı Hesabı	26
3.7.2 - Tabla Donatısı Hesabı	26
3.8 - T Elemanlarda Elastomer Mesnet Hesabı	27
3.9 - Merkezî Kolonun Üzerini Örtten Dairesel Plâğin Hesabı	27
4 - DAİRESEL KİRİŞLERİN HESABI	28
4.1 - Birinci Dairesel Kirişin Hesabı	28
4.2 - İkinci Dairesel Kirişin Hesabı	31

5	KOLON HESAPLARI	33
5.1	Birinci Dairesel Kiriş Kolonunun Hesabı	33
5.1.1	Kolon Uzun Kenarı Doğrultusunda Hesap	34
5.1.2	Kolon Kısa Kenarı Doğrultusunda Hesap	35
5.2	İkinci Dairesel Kiriş Kolonunun Hesabı	35
5.2.1	Kolon Uzun Kenarı Doğrultusunda Hesap	36
5.2.2	Kolon Kısa Kenarı Doğrultusunda Hesap	37
5.3	DIŞ DUVARIN HESABI	37
5.3.1	Kesit Tesirlerinin Hesabı	37
5.3.2	Donatı Hesabı	38
5.3.3	Elastomer Mesnet Hesabı	39
5.4	Merkezi Kolonun Hesabı	40
6	TEMEL HESAPLARI	40
6.1	Dış Duvar Temeli	42
6.2	Merkezi Kolon Temeli	43
6.3	Birinci Dairesel Kiriş Kolonu Temeli	44
6.4	İkinci Dairesel Kiriş Kolonu Temeli	44
6.5	Radye Hesabı	45
7	METRAJ	

B — ALTERNATİF 2 : 50.000 M³ HACIMLI, SİLİNDİRİK VE ASMA ÇATILI SU DEPOSUNUN PROJELENDİRİLMESİ

1	ASMA ÇATININ ÖN HESABI	50
1.1	Geometrik Boyutlar Ve Kablonun Tayini	50
1.2	Cekme Çemberinin Hesabı	53
1.3	Basınç Çemberinin Hesabı	54
1.4	Cekme Çemberi Üzerindeki Daire Plağın Hesabı	54
2	DIŞ DUVARIN HESABI	55
2.1	Dış Duvar (d=40cm)	55
2.2	Dış Duvar (d=50cm)	56
2.3	Elastomer Mesnet Hesabı	57
3	DIŞ DUVAR TEMELİ HESABI	57
4	RADYE HESABI	58
5	METRAJ	58

C — KARŞILAŞTIRMA REFERANSLAR

A _ ALTERNATİF 1

50000 M³ HACİMLİ, SİLİNDİRİK VE DÜZ ÇATILI SU DE-
POSUNUN PROJELENDİRİLMESİ

1 _ GEOMETRİK BOYUTLAR

1.1 _ DEPO GEOMETRİK BOYUTLARI

Çap = Emsalleri gözönüne alınarak net $D = 80.00 \text{ m}$ alınmıştır.

Su seviyesi = $50000 / \pi \cdot 40.00^2 = 9.95 \text{ m}$

Hava payı = min. 30 cm

Yükseklik = $H \geq 9.95 + 0.30 = 10.25 \text{ m}$ olmak üzere düz çatı hesabı sırasında belirlenecektir.

Cidar kalınlığı = Depo boş iken mevcut öngerilmeye mukavemet edebilmesi, dolu iken 1 N/mm^2 beton basınç gerilmesinin kalabilmesi esas alınarak ile-
ride belirlenecektir. Ön boyut olarak $d = 50 \text{ cm}$ alınmıştır.

1.2 _ YATAY ÖNGERİLME KABLOSU İLE İLGİLİ BOYUT VE KARAK- TERİSTİKLER

Yapının, kablo boyunun 30 ilâ 40 m civarında tutularak anolara bölünmesi alışılmış usuldendir.

Yapı çevresi, $u \cong \pi \cdot 80.50 = 253.00 \text{ m}$

Ano sayısı, $n = 253.00 / 35 = 7.2 \approx 8 \text{ ano}$

Anolar arası kablo boyu, $L = 253.00 / 8 = 31.63 \text{ m}$

Kabloların ankırajının yapılabilmesi için yaklaşık 25 cm'lik çıkıntılara (bossage) ihtiyaç vardır. Buna göre bu amaçla yapılacak çıkıntıların plân-
daki boyu (Şekil ; 1.2a),

$$2a = 2 \cdot \sqrt{40.75^2 - 40.50^2} = 9.00 \text{ m}$$

Kablonun bindirme boyunu min tutmak amacı ile çıkıntının plandaki bo-
yu eğik olarak, $2a = 4.00 \text{ m}$ alınmıştır (Şekil ; 1.2b).

$$\overline{OA} = \sqrt{40.75^2 + 2.00^2} = 40.80 \text{ m}$$

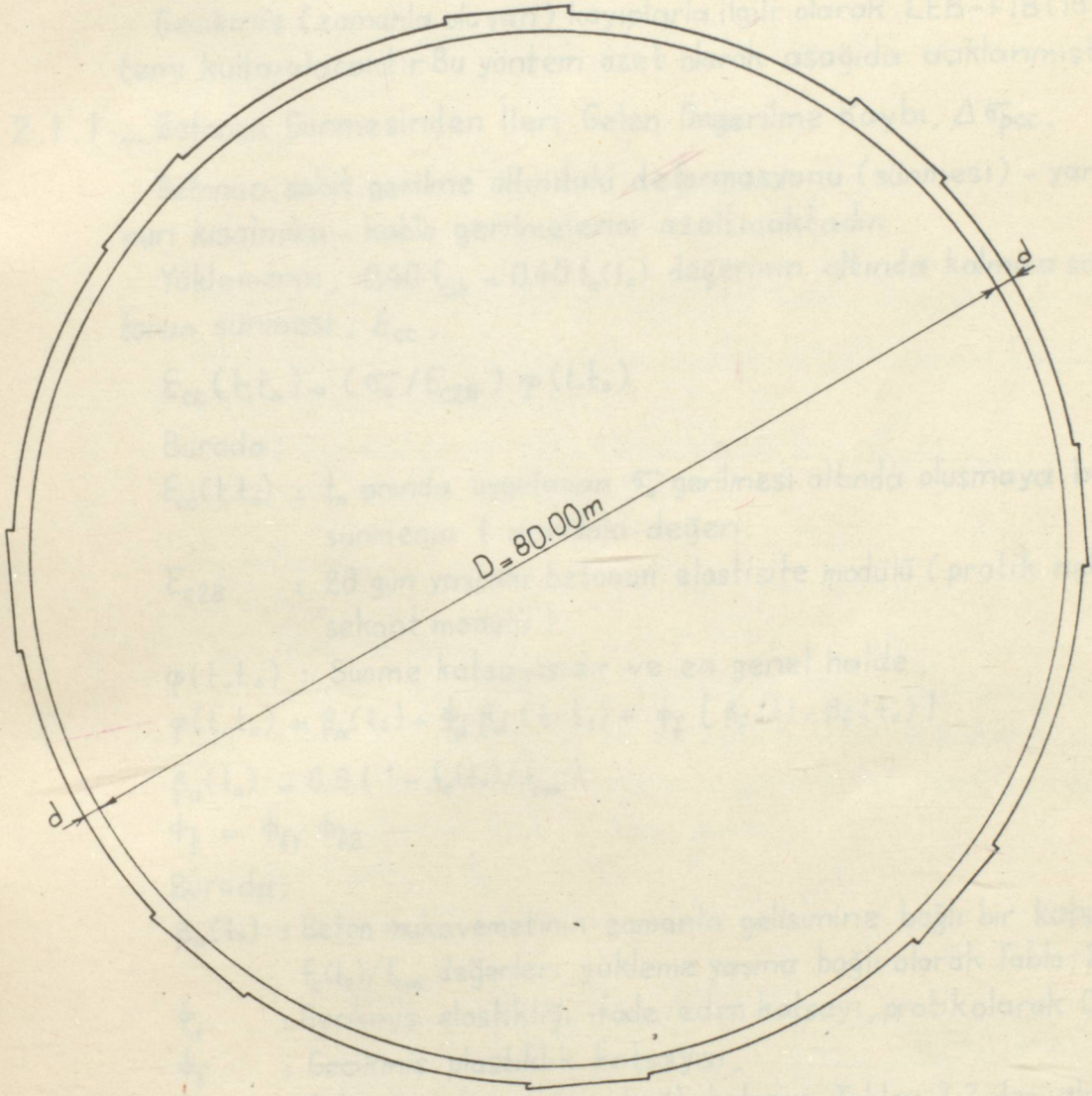
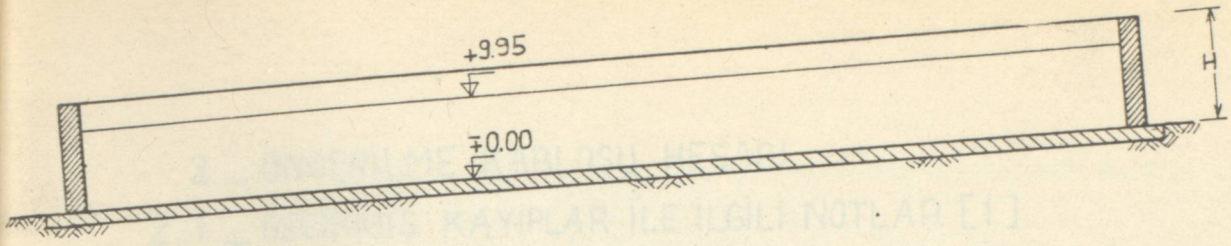
$$\tan \alpha_1 = \alpha_1 = 2.00 / 40.75 = 0.04908 \text{ rad.}$$

$$\alpha = 2\alpha_1 = 2 \cdot 0.04908 = 0.09816 \text{ rad.}$$

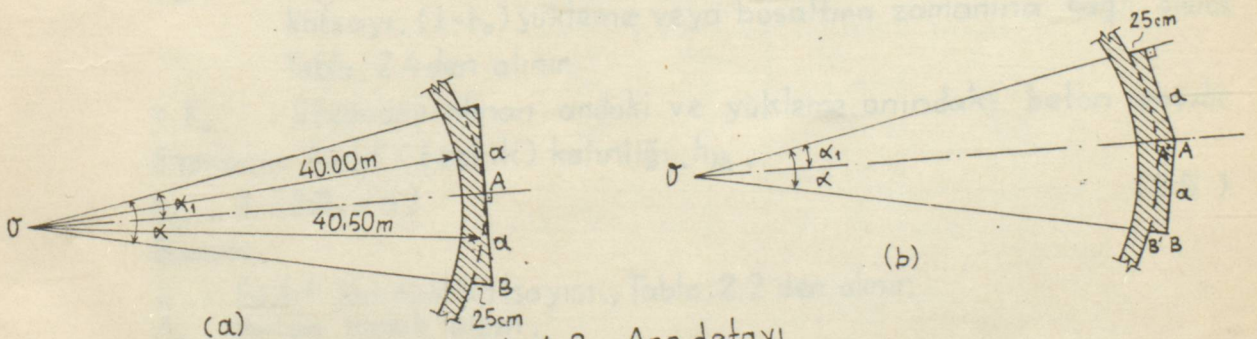
$$\widehat{A'B'} = 40.50 \cdot 0.04908 = 1.99 \text{ m}$$

Ankırjalar arası kablo boyu,

$$L = 31.63 + 4.00 = 35.63 \text{ m}$$



Şekil : 1.1 - Depo plân ve kesiti



Şekil : 1.2 - Ano detayı

2 _ ÖNGERİLME KABLOSU HESABI

2.1 _ GECİKMiŞ KAYIPLAR İLE İLGİLİ NOTLAR [1]

Gecikmiş (zamanla oluşan) kayıplarla ilgili olarak CEB-FIB (1978) yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem özet olarak aşağıda açıklanmıştır.

2.1.1 _ Betonun Sünmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta \sigma_{pcc}$,

Betonun sabit gerilme altındaki deformasyonu (sünmesi) - yani kablo - nun kısalması - kablo gerilmelerini azaltmaktadır.

Yüklemenin, $0,40 \cdot f_{cj} = 0,40 f_c(t_0)$ değerinin altında kalması şartı ile betonun sünmesi, ϵ_{cc} ,

$$\epsilon_{cc}(t, t_0) = (\sigma_0 / E_{c28}) \cdot \varphi(t, t_0) \quad (2.1)$$

Burada;

$\epsilon_{cc}(t, t_0)$: t_0 anında uygulanan σ_0 gerilmesi altında oluşmaya başlayan sünmenin t anındaki değeri,

E_{c28} : 28 gün yaştaki betonun elastisite modülü (pratik nedenler ile sekant modülü),

$\varphi(t, t_0)$: Sünme katsayısıdır ve en genel halde,

$$\varphi(t, t_0) = \beta_a(t_0) + \phi_d \beta_d(t - t_0) + \phi_f [\beta_f(t) - \beta_f(t_0)] \quad (2.2)$$

$$\beta_a(t_0) = 0,8 (1 - f_c(t_0) / f_{c\infty}) \quad (2.3)$$

$$\phi_f = \phi_{f1} \cdot \phi_{f2} \quad (2.4)$$

Burada;

$\beta_a(t_0)$: Beton mukavemetinin zamanla gelişimine bağlı bir katsayı olup, $f_c(t_0) / f_{c\infty}$ değerleri yükleme yörünğine bağlı olarak Tablo ; 2.1 den alınır.

ϕ_d : Gecikmiş elastikliği ifade eden katsayı, pratik olarak 0.4 alınır.

ϕ_f : Gecikmiş plastiklik katsayısı,

ϕ_{f1} : Ortamın nem oranına bağlı katsayı, Tablo ; 2.2 den alınır.

ϕ_{f2} : Fiktif kalınlığa bağlı fonksiyon, Tablo ; 2.3 den alınır.

β_d : Gecikmiş elastik deformasyonun zamanla gelişimini ifade eden katsayı, $(t - t_0)$ yükleme veya boşaltma zamanına bağlı olarak Tablo ; 2.4 den alınır.

t, t_0 : Gözönüne alınan andaki ve yükleme anındaki beton yaşıdır.

Elemanın fiktif (teorik) kalınlığı, h_{th} ,

$$h_{th} = \lambda \cdot (2A_c / u) \quad (2.5)$$

Burada ;

λ : Fiktif kalınlık katsayısı, Tablo ; 2.2 den alınır.

A_c : Beton kesit alanı,

u : Atmosferle temasta olan beton çevresidir.

Sünmenin 3ay ve daha uzun sürelerdeki miktarının hesabı söz konusu olduğunda, sünme katsayısı, $\varphi(t, t_0)$,

$$\varphi(t, t_0) = 0,4 + \phi_f [\beta_f(t) - \beta_f(t_0)] \quad (2.6)$$

Uygunluk şartı dolayısı ile $\epsilon_{cc}(t, t_0) = \Delta \epsilon_{ps}$ olup sünme kaybı, $\Delta \sigma_{pcc}$,
 $\Delta \sigma_{pcc} = E_{ps} \cdot \epsilon_{cc}(t, t_0)$ (2.7)

Burada ;

E_{ps} : Öngerilme kablosu elastisite modülü,

$\Delta \epsilon_{ps}$: Öngerilme kabloındaki kısalma dır.

2.1.2 _ Betonun Büzülmesinden (Rötre) İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta \sigma_{pcs}$,

Beton bünyesindeki suyun buharlaşarak beton hacminin küçülmesi neticesi oluşan öngerilme kaybıdır.

Bir $(t - t_0)$ aralığında oluşan büzülme miktarı, $\epsilon_{cs}(t, t_0)$,

$$\epsilon_{cs}(t, t_0) = \epsilon_{s0} [\beta_s(t) - \beta_s(t_0)] \quad (2.8)$$

$$\epsilon_{s0} = \epsilon_{s1} \cdot \epsilon_{s2} \quad (2.9)$$

Burada ;

ϵ_{s0} : Büzülme katsayısı,

ϵ_{s1} : Ortamın nemliliğine bağlı bir katsayı, Tablo ; 2.2 den alınır.

ϵ_{s2} : Fiktif kalınlığa bağlı bir fonksiyon, Tablo ; 2.3 den alınır.

β_s : Büzülmenin zamanla gelişimini gösteren ve fiktif kalınlığa bağlı bir fonksiyondur, Tablo ; 2.4 den alınır.

Büzülme kaybı, $\Delta \sigma_{pcs}$,

$$\Delta \sigma_{pcs} = E_{ps} \cdot \epsilon_{cs}(t, t_0) \quad (2.10)$$

Tablo;2.1- $f_c(t_0)/f_{c\infty}$ Değerleri

t_0 (gün)	3	5	10	20	50	100	200	500	1000
$\frac{f_c(t_0)}{f_{c\infty}}$	0.30	0.37	0.52	0.63	0.77	0.83	0.90	0.96	0.98

Tablo ; 2.2 _ Sünme Ve Büzülme Katsayıları

Ortam	Nem oranı %	Sünme katsayısı ϕ_{f1}	Büzülme katsayısı ϵ_{s1}	Fiktif kalınlık katsayısı λ
Su içinde	100	0,8	$+1.0 \cdot 10^{-4}$	30,0
Çok nemli	90	1,3	$-1.0 \cdot 10^{-4}$	5,0
Normal	70	2,0	$-2.5 \cdot 10^{-4}$	1,5
Kuru	40	3,0	$-4.0 \cdot 10^{-4}$	1,0

Tablo; 2.3 _ Sünme Ve Büzülme Katsayıları

Fiktif kalınlık h_{th} (cm)	5	10	20	40	80	≥ 150
ϕ_{f2}	1.85	1.70	1.55	1.40	1.25	1.12
ϵ_{s2}	1.20	1.05	0.90	0.80	0.70	0.70

Tablo ; 2.4 _ Sünme Ve Büzülme Katsayıları

Beton yaşı	5 gün	10 gün	1 ay	2 ay	3 ay	1 yıl	2 yıl	3 yıl
$\beta_d(t-t_0)$	0,35	0,40	0,50	0,60	0,68	0,90	0,97	0,99
$\beta_f(t)$	5	0,18	0,26	0,44	0,56	0,63	0,82	0,91
	10	0,18	0,25	0,40	0,53	0,59	0,79	0,88
	20	0,17	0,24	0,38	0,48	0,53	0,72	0,83
	40	0,17	0,23	0,34	0,42	0,47	0,65	0,77
	80	0,16	0,22	0,30	0,37	0,40	0,55	0,68
h_{th} (cm)	150	0,15	0,20	0,26	0,30	0,32	0,45	0,58
	5	0,30	0,36	0,55	0,68	0,75	0,90	0,94
	10	0,16	0,22	0,40	0,52	0,60	0,84	0,90
	20	0,07	0,10	0,21	0,32	0,40	0,65	0,80
	40	0,02	0,04	0,10	0,18	0,22	0,45	0,60
$\beta_s(t)$	80	0,00	0,01	0,03	0,07	0,10	0,20	0,35
	150	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,10	0,18
	5	0,30	0,36	0,55	0,68	0,75	0,90	0,94
	10	0,16	0,22	0,40	0,52	0,60	0,84	0,90
	20	0,07	0,10	0,21	0,32	0,40	0,65	0,80
h_{th} (cm)	40	0,02	0,04	0,10	0,18	0,22	0,45	0,60
	80	0,00	0,01	0,03	0,07	0,10	0,20	0,35
	150	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,10	0,18
	5	0,30	0,36	0,55	0,68	0,75	0,90	0,94
	10	0,16	0,22	0,40	0,52	0,60	0,84	0,90

2.1.3 _ Çeliğin Gevşemesinden (Rölaksasyon) İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta\sigma_{pr}$

Öngerilme çelikleri taşıma güçlerinin yüksek bir oranında çalıştırılırlar. Çelik gerilmesi $0,55 \cdot f_{pk}$ değerini aşınca çelikte önemli gevşeme görülür. Öngerilme çeliklerinin gevşeme özellikleri, gevşeme neticesi öngerilme kaybının değeri ve hesap şekli çelik imalatçısı firma tarafından verilmekle birlikte genel esaslar aşağıdaki gibidir.

TS3233 e göre ;

$$\sigma_{pi(x)} \geq 0,70 \cdot f_{pk} \quad \text{ için , } \quad \Delta\sigma_{pr} = 0,08 \cdot \sigma_{pi(x)} \quad (2.11a)$$

$$0,50 \cdot f_{pk} < \sigma_{pi(x)} < 0,70 \cdot f_{pk} \quad \text{ için , } \quad \Delta\sigma_{pr} = 0,08 \cdot \sigma_{pi(x)} [\sigma_{pi(x)} - 0,50 f_{pk}] / 0,20 f_{pk} \quad (2.11b)$$

Fransız Şartnamesi (1973) e göre ;

Biraz daha ayrıntılı bir hesap şekli verilmektedir. Gözönüne alınacak öngerilme kaybının nihai değeri için , iki değerden büyük olanı alınacaktır.

$$\Delta\sigma_{pr(x)} = \frac{2,4 \cdot rel_{1000}}{100} \cdot \frac{\sigma_{pi(x)} - 0,55 R_g}{0,25 R_g} \cdot \sigma_{pi(x)} \quad (2.12a)$$

$$\Delta\sigma_{pr(x)} = \frac{2,5 + rel_{3000}}{100} \cdot \frac{\sigma_{pi(x)} - 0,55 R_g}{0,25 R_g} \cdot \sigma_{pi(x)} \quad (2.12b)$$

Burada ;

$\sigma_{pi(x)}$: Gevşemeden önce x kesitindeki öngerilme ,

rel_{1000}, rel_{3000} : Sabit boyla yapılan gevşeme deneyinde , $0,8 R_g$ başlangıç gerilmesi altında 1000 ve 3000 saatlik gevşeme yüzdeleri

R_g : Garanti edilmiş kopma mukavemetidir, bilinmiyorsa $R_g = f_{pk}$ alınır.

rel_{3000} değeri bilinmiyorsa $(2,5 + rel_{3000})/100$ oranı yerine 0,10 alınabilir.

Gevşemenin h saatlik değeri ($h > 100$) , $\Delta\sigma_{prh(x)}$,

$$\Delta\sigma_{prh(x)} = \Delta\sigma_{pr(x)} \cdot (h/100000)^{0,19} \quad (2.13)$$

Bu fonksiyonun bazı değerleri Tablo; 2.5 de verilmiştir.

Tablo ; 2.5 _ Rölaksasyonun Zamanla Gelişimi

h (saat gün)	100	168 7	336 14	504 21	720 30	1080 45	3000 125	8760 365	17520 730
$(h/100000)^{0,19}$	0.269	0.297	0.339	0.366	0.392	0.423	0.514	0.630	0.718

2.1.4 _ Zamana Bağlı Gerilme Kayıplarının Girişimi (İnterferans), $\Delta\sigma_{pt}$,

Zamana bağlı öngerilme kayıpları birbirinden bağımsız olmayıp birbirleri üzerinde de etkilidirler. Bu etki Fransız Şartnamesi (1973) de aşağıdaki gibi göz önüne alınmıştır.

$$\Delta\sigma_{pcc} + \Delta\sigma_{pcs} < \sigma_{pi(x)} - 0,55 \cdot R_g \text{ ise,}$$

$$\Delta\sigma_{pt} = \Delta\sigma_{pcc} + \Delta\sigma_{pcs} + \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_{pr} \cdot (\Delta\sigma_{pcc} + \Delta\sigma_{pcs}) / \sigma_{pi(x)} - 0,55 \cdot R_g \quad (2.14a)$$

$$\text{Aksi halde,} \quad \Delta\sigma_{pt} = \Delta\sigma_{pcc} + \Delta\sigma_{pcs} \quad (2.14b)$$

2.2 _ DUVAR KALINLIĞI VE YATAY ÖNGERİLME KABLOSUNUN TAYİNİ

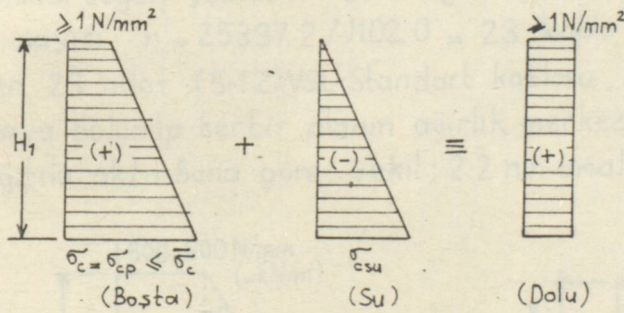
2.2.1 _ Duvar Kalınlığının Tayini

Suyun yoğunluğu γ ise, h derinlikteki su basıncı, $p(h)$,

$$p(h) = \gamma \cdot h \quad (2.15)$$

Duvarın bu safhada daire halkası gibi davrandığı kabülü ile ve daire halkasının orta yüzeyinin yarıçapı R olmak üzere, daire halkasındaki çekme kuvveti, $N(h)$,

$$N(h) = p(h) \cdot R = \gamma \cdot h \cdot R \quad (2.16)$$



Şekil ; 2.1 _ Beton gerilme diyagramları

Duvarda su basıncından ileri gelen gerilme (birim yükseklikteki kesit için, birim, cm veya mm alınarak bu yükseklikte basıncın değişmeyeceği kabülü ile) σ_{su} ,

$$\sigma_{su}(h) = N_{su}(h) / A_{duv} = \gamma \cdot h \cdot R / 1 \cdot d(h) \quad (2.17)$$

Şekil ; 2.1 in analizinden, tabanda, boşta beton gerilmesi, σ_c ,

$$\sigma_c = 0,45 \cdot f_{ck} \geq \sigma_c \geq |\sigma_{su}| + 1 \quad (2.18)$$

$$(2.17) \text{ ile, } \sigma_{su} = 10^{-5} \cdot 10,06 \cdot 40,25 \cdot 10^3 / 1 \cdot d = 4049,15 / d \text{ ve } \sigma_c = 0,45 \cdot 30 = 13,5 \text{ N/mm}^2 \quad (2.19)$$

(2.19), (2.18) de yerine konur ve d çekilirse,

$$d \geq 4049,15 / 13,5 - 1 = 324 \text{ mm}$$

Konstrüktif nedenlerle kalınlığın $d=500$ mm den az alınması uygun olmayacaktır. Bu nedenle tüm yükseklik boyunca sabit $d=500$ mm kalınlık seçilmiştir. Buna göre;

$$(2.18) \text{ ile, } \sigma_c = \sigma_{cp} = (4049,15/500) + 1 = 9,098 \text{ N/mm}^2 \text{ (tabanda)}$$

$$\sigma_{cp} = 1 \text{ N/mm}^2 \text{ (su seviyesinde)}$$

2.2.2 – Yatay Öngerilme Kablosunun Tayini

Öngerilme kuvvetinin nihai değeri, σ_{cp} alanı ile beton kesit alanının çarpımına eşit olacaktır.

$$P = \left(\frac{L}{L_2} \times \frac{L}{L} \right) = \frac{1}{2} L \cdot (L_1 + L_2) \cdot k \quad (2.20)$$

$$(2.20) \text{ ile, } P = 0,5 \cdot 10,06 \cdot 10^3 (1 + 9,098) \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 25397,2 \text{ kN}$$

Kablo aralığını ortalama 35 cm kabul edersek ;

$$\text{Kablo sayısı, } n = 10,06/0,35 = 29 \text{ kablo,}$$

$$\text{Beher kabloya gelen nihai öngerilme kuvveti, } P_i = 25397,2/29 = 875,8 \text{ kN,}$$

$$\text{Bunun başlangıç değeri, yaklaşık \%20 fazlası ile, } P_i = 1,20 \cdot 875,8 = 1050,9 \text{ kN,}$$

Bunun için uygun kablo,

10 Φ 0,5", orjinal adı ile (5-10) VSL-Standart kablosudur. Ancak ankraj eleman

larının tam kapasite ile çalışması için bu tipe yakın olması bakımından,

(5-12) VSL-Standart kablosunu seçmek daha uygun olur. Buna göre;

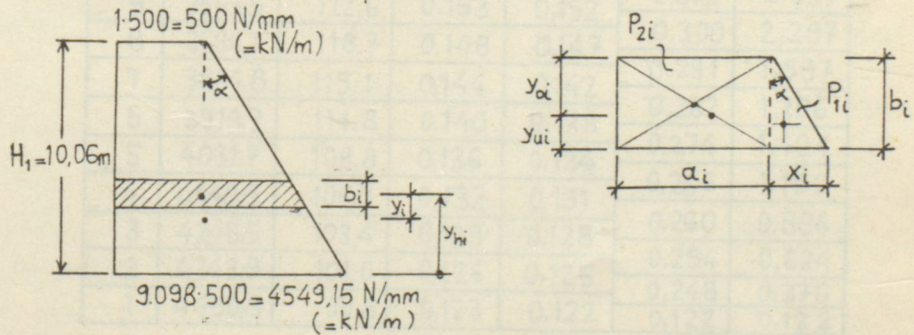
$$\text{Kablo kopma yükü, } F_{ptk} = 1968 \text{ kN,}$$

$$\text{Başlangıç germe kuvveti, } P_i = 0,70 f_{pk} = 0,70 \cdot 1968 = 1377,6 \text{ kN} \quad \left. \vphantom{P_i = 0,70 f_{pk}} \right\} \text{ (Ref: VSL kılavuzu)}$$

$$\text{Bunun nihai değeri yaklaşık \%20 eksisi ile, } P_i = 0,80 \cdot 1377,6 = 1102,0 \text{ kN,}$$

$$\text{Kablo sayısı, } n = 25397,2 / 1102,0 = 23 \text{ kablo}$$

Seçilen 23 adet (5-12) VSL-Standart kablosu, Şekil ; 2.2 deki alan 23 eşit parçaya bölünüp her bir alanın ağırlık merkezi hizasında duvar içine dağıtılacaktır. Buna göre, Şekil ; 2.2 nin analizinden ;



Şekil ; 2.2 – Yatay kablo yerleri

$$\tan \alpha = x_i / b_i = (4049,15 - 500) / 10,06 = 402,5 \text{ ve}$$

$$b_i = x_i / 402,5$$

$$P_{1i} = a_i x_i / 402,5$$

$$P_{2i} = x_i^2 / 805,0$$

$$(2.21)$$

$$(2.22)$$

$$P_i = P_{i1} + P_{i2} = 25397,2/23 = 1102,0 \text{ kN} \quad (2.23)$$

(2.22), (2.23) de yerine konur ve elde edilecek 2° denklem çözülürse,

$$x_i = -a_i + \sqrt{a_i^2 + 888902} \quad (i=23, \dots, 1) \quad (2.24)$$

$$a_i = a_{i+1} + x_{i+1} \quad (i=23, \dots, 1; a_{i+1}=500 \text{ kN/m}; x_{i+1}=0) \quad (2.25)$$

Ağırlık merkezi ordinatları,

$$y_{oi} = (1/1207,5) \cdot (2x_i^2 + 3a_i x_i) / (x_i + 2a_i) \quad (i=23, \dots, 1) \quad (2.26)$$

$$y_{ui} = b_i - y_{oi} = (x_i/402,5) - y_{oi} \quad (i=23, \dots, 1) \quad (2.27)$$

Kablo aralıkları,

$$y_i = y_{u,i+1} + y_{oi} \quad (i=22, \dots, 1) \quad (2.28)$$

Kablo seviyeleri,

$$y_{hi} = \sum y_i \quad (i=1, \dots, 23) \quad (2.29)$$

i	a_i (2.25) kN/m	x_i (2.24) kN/m	y_{oi} (2.26) m	y_{ui} (2.27) m	y_i (2.28) m	y_{hi} (2.29) m
23	500,0	567,2	0,790	0,620	0,790	10,063
22	1067,2	356,8	0,464	0,422	1,084	9,273
21	1424,0	283,8	0,363	0,342	0,785	8,189
20	1707,8	243,0	0,309	0,295	0,651	7,404
19	1950,8	215,9	0,273	0,264	0,568	6,753
18	2166,7	196,2	0,247	0,240	0,511	6,185
17	2362,9	181,1	0,228	0,222	0,468	5,674
16	2544,0	169,1	0,212	0,208	0,434	5,206
15	2713,1	159,7	0,200	0,197	0,408	4,772
14	2872,8	150,6	0,189	0,186	0,386	4,364
13	3023,6	143,6	0,180	0,177	0,366	3,978
12	3167,2	137,4	0,172	0,169	0,349	3,612
11	3304,6	131,9	0,165	0,163	0,334	3,263
10	3436,5	127,0	0,159	0,157	0,322	2,929
9	3563,5	122,6	0,153	0,152	0,310	2,607
8	3686,1	118,7	0,148	0,147	0,300	2,297
7	3804,8	115,1	0,144	0,142	0,291	1,997
6	3919,9	111,8	0,140	0,138	0,282	1,706
5	4031,7	108,8	0,136	0,134	0,274	1,424
4	4140,5	106,0	0,132	0,131	0,266	1,150
3	4246,5	103,4	0,129	0,128	0,260	0,884
2	4349,9	101,0	0,126	0,125	0,254	0,624
1	4450,9	98,8	0,123	0,122	0,248	0,370
					0,122	0,122

(5-12) VSL-Standart kablo ve Type E hareketli ankraj başlığı için min. kablo aralığı 270 mm dir. Bu sağlanamadığından kablo cinsi ve sayısı değiştirilecektir.

(5-18) VSL-Süper kablesunu ve Type E hareketli ankraj başlığını seçelim. Buna göre;

Kablo kopma yükü, $F_{ptk} = 3312 \text{ kN}$,
 Başlangıç germe kuvveti, $P_i = 0,70 \cdot 3312 = 2318,4 \text{ kN}$ } (Ref: VSL kılavuzu)
 Bunun nihai değeri yaklaşık %20 eksigi ile, $P_i = 0,8 \cdot 2318,4 = 1738,8 \text{ kN}$,
 Kablo sayısı, $n = 25397,2 / 1738,8 = 15$ kablo
 Beher kabloya gelen nihai öngerilme kuvveti, $P_i = 25397,2 / 15 = 1693,2 \text{ kN}$
 $X_i = -a_i + \sqrt{a_i^2 + 136298,1}$ ($i=15, \dots, 1$) (2.24a)
 Diğer bağıntılar ($i=15, \dots, 1$) olmak üzere geçerlidir.

i	a_i (2.25) kN/m	X_i (2.24a) kN/m	Y_{oi} (2.26) m	Y_{ui} (2.27) m	Y_i (2.28) m	Y_{ni} (2.29) m
15	500,0	770,0	1,095	0,818	1,095	10,062
14	1270,0	455,1	0,594	0,537	1,412	8,967
13	1725,1	358,0	0,459	0,431	0,996	7,555
12	2083,1	304,9	0,387	0,370	0,818	6,559
11	2388,0	270,1	0,342	0,330	0,712	5,741
10	2658,1	245,1	0,309	0,300	0,639	5,029
9	2903,2	226,0	0,277	0,284	0,577	4,390
8	3129,2	210,8	0,265	0,259	0,548	3,813
7	3340,1	198,2	0,249	0,244	0,508	3,264
6	3538,2	187,7	0,235	0,231	0,479	2,756
5	3725,9	178,7	0,224	0,220	0,455	2,277
4	3904,6	170,8	0,214	0,211	0,434	1,822
3	4075,4	164,0	0,205	0,202	0,416	1,388
2	4239,4	157,9	0,197	0,195	0,399	0,972
1	4397,3	152,4	0,190	0,188	0,385	0,573
					0,188	0,188

2.3 _ YATAY KABLO ANİ ÖNGERİLME KAYIPLARININ HESABI [2]

Ani öngerilme kayıpları kablonun kılıf üzerinde sürtünmesinden, ankıraj kaçağından ve betonun ani elastik kısalmasından ileri gelmektedir.

Kabloların gerilmesi beton yaşı 28 gün olduktan sonra yapılacaktır.

2.3.1 _ Sürtünmeden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta\sigma_{pu}$,

Germe anındaki ankıraj gerilmesi,

$$\sigma_{PA} = \sigma_{PB} = 0,70 \cdot f_{pk} \quad (2.30)$$

$f_{pk} = 1865 \text{ N/mm}^2$ (Ref: VSL kılavuzu ; 405" VSL-Süper kablosu için)

(2.30) ile, $\sigma_{PA} = \sigma_{PB} = 0,70 \cdot 1865 = 1305,5 \text{ N/mm}^2$

Bir (x) kesitindeki kablo gerilmesi,

$$\sigma_{p(x)} = \sigma_{PA} \cdot e^{-(\mu\alpha_c + k \cdot x)} \quad (2.31)$$

Açısal sapma, $\alpha_c = (31,63/40,50)/2 = 0,44 \text{ rad}$.

Sürtünme katsayısı, $\mu = 0,19$

Düzensizlik katsayısı, $k = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ 1/m}$ } (Ref: VSL kılavuzu)

(2.31) ile, $\sigma_{pc} = 1305,5 \cdot e^{-(0,19 \cdot 0,44 + 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 35,53/2)} = 1183,8 \text{ N/mm}^2$

$$\Delta\sigma_{pu} = 1305,5 - 1183,8 = 121,7 \text{ N/mm}^2$$

2.3.2 — Ankraj Kaçağından (Rantre) İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta \sigma_{pr}$,

Teorisine göre,

$$S = \lambda \cdot E_{ps} \quad (2.32)$$

$$\left. \begin{array}{l} \lambda = 0,006 \text{ m} \\ E_{ps} = 1,95 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} \text{ (Ref: VSL kılavuzu) ve Şekil; 2.3 ün analizinden,}$$

$$(2.32) \text{ ile, } 2 \cdot \frac{1305,5 - 1183,8}{35,63/2} \cdot \frac{\bar{x}^2}{2} = 0,006 \cdot 1,95 \cdot 10^5 \dots \bar{x} = 13,09 \text{ m} < 35,63/2$$

Demek oluyor ki rantreden ileri gelen öngerilme kaybı C orta kesitine kadar tesir edememektedir.

A ve B uçlarındaki rantre kaybı,

$$\Delta \sigma_{pr}^{A,B} = 2 \cdot \frac{1305,5 - 1183,8}{35,63/2} \cdot 13,09 = 178,8 \text{ N/mm}^2$$

C orta kesitinde rantre kaybı,

$$\Delta \sigma_{pr}^C = 0$$

Sürtünme ve ankraj kayıplarıyla sonraki kablo gerilmeleri ;

$$\sigma'_{PA} = \sigma'_{PB} = 1305,5 - 178,8 = 1126,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{PC} = \sigma'_{PC} = 1305,5 - 121,7 - 0 = 1183,8 \text{ N/mm}^2$$

Ankraj kesitlerinin kritik kesit olduğu görülmektedir. Bununla birlikte C orta kesitindeki gerilmelerin de hesaplanmasına devam edilecektir.

2.3.3 — Betonun Ani Elastik Kısalmışından İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta \sigma_{pci}$,

$$\Delta \sigma_{pci} = 1,2 \cdot \frac{n-1}{2n} \cdot \frac{E_{ps}}{E_{c28}} \cdot \sigma_0 \quad (2.33)$$

Burada ;

n : Kablo sayısı,

σ_0 : Kablo seviyesindeki nihai beton gerilmesinin başlangıç değeridir.

$$E_{cj} = 3250 \sqrt{f_{cj}} + 14000 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Ref: TS3233}) \quad (2.34)$$

$$(2.34) \text{ ile, } E_{c28} = 3250 \sqrt{30} + 14000 = 31800 \text{ N/mm}^2$$

Birinci kablo seviyesindeki,

$$\sigma_0 = 1,20 \cdot (1 + 8,098 \cdot \frac{10,06 - 0,188}{10,06}) = 10,74 \text{ N/mm}^2$$

$$(2.33) \text{ ile, } \Delta \sigma_{pci} = 1,2 \cdot \frac{15-1}{2 \cdot 15} \cdot \frac{1,95 \cdot 10^5}{31800} \cdot 10,74 = 36,9 \text{ N/mm}^2$$

Ani kayıplar çıktıktan sonraki kablo gerilmeleri,

$$\sigma''_{PA} = \sigma''_{PB} = 1126,7 - 36,9 = 1089,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma''_{PC} = 1183,8 - 36,9 = 1146,9 \text{ N/mm}^2$$

2.4 — YATAY KABLO GECİKMİŞ ÖNGERİLME KAYIPLARININ HESABI

2.4.1 — Betonun Sünmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta \sigma_{pcc}$,

Duvara öngerilme tatbikinden, denenip servise açılışına kadar 6 aylık bir süre geçeceği, depo hizmete açıldıktan sonra betonun ıslak kalacağı

(su ile temasta olacağı) kabul edilmiştir. Ayrıca depo hizmete açıldıktan sonraki sünmenin ihmal edilebilir mertebede kalacağı kabul edilebilir. Buna göre ;

$$t_0 = 28 \text{ gün} \approx 1 \text{ ay} , t = 7 \text{ ay}$$

$$\phi_d = 0,4$$

$$\phi_{f1} = 3,0$$

$$\phi_{f2} = 1,40 - \frac{1,40 - 1,25}{40} \cdot 10 = 1,36$$

$$(2.4) \text{ ile, } \phi_f = 3,0 \cdot 1,36 = 4,08$$

$$\frac{f_c(t_0)}{f_{c\infty}} = 0,63 + \frac{0,77 - 0,63}{30} \cdot 8 = 0,67$$

$$(2.3) \text{ ile, } \beta_a = 0,8(1 - 0,67) = 0,26$$

$$\beta_d(t - t_0) = 0,68 + \frac{0,90 - 0,68}{9} \cdot 3 = 0,75$$

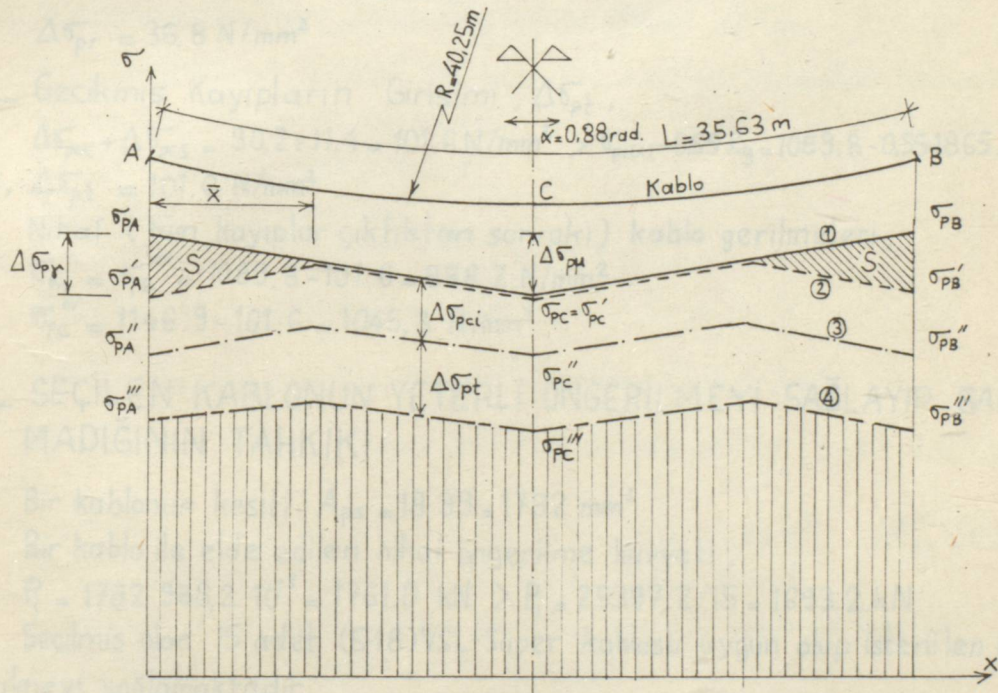
$$\beta_f(t) = 0,55 - \frac{0,55 - 0,47}{40} \cdot 10 = 0,53$$

$$\beta_f(t_0) = 0,34 - \frac{0,34 - 0,30}{40} \cdot 10 = 0,33$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{th} = 40 \dots 0,47 + \frac{0,65 - 0,47}{9} \cdot 4 = 0,55 \\ h_{th} = 80 \dots 0,40 + \frac{0,55 - 0,40}{8} \cdot 4 = 0,47 \end{array} \right.$$

$$(2.2) \text{ ile, } \varphi(t, t_0) = 0,26 + 0,4 \cdot 0,75 + 4,08 \cdot [0,53 - 0,33] = 1,37$$

$$(2.1), (2.7) \text{ ile, } \Delta \sigma_{pcc} = \frac{1,95 \cdot 10^5}{31800} \cdot 10,74 \cdot 1,37 = 90,2 \text{ N/mm}^2$$



Şekil; 2,3 _ Yatay öngerilme kablosu gerilmeleri

- (1) Ankırajdan hemen önce,
- (2) Ankırajdan hemen sonra,
- (3) Ani kayıplar çıktıktan sonra,
- (4) Hizmet sırasında.

2.4.2 _ Rötreden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta \sigma_{pcs}$,

$$E_{s1} = 4,0 \cdot 10^{-4}$$

$$E_{s2} = 0,80 - \frac{0,80 - 0,70}{40} \cdot 10 = 0,77$$

(2.9) ile, $\varepsilon_{s0} = 4.0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,77 = 3,08 \cdot 10^{-4}$

$$\beta_s(t) = 0,32 - \frac{0,32 - 0,14}{40} \cdot 10 = 0,27 \quad \left\{ \begin{array}{l} h_{th} = 40 \dots 0,22 + \frac{0,45 - 0,22}{9} \cdot 4 = 0,32 \\ h_{th} = 80 \dots 0,20 + \frac{0,20 - 0,10}{9} \cdot 4 = 0,14 \end{array} \right.$$

$$\beta_s(t_0) = 0,10 - \frac{0,10 - 0,03}{40} \cdot 10 = 0,08$$

(2.8) ile, $\varepsilon_{cs}(t, t_0) = 3,08 \cdot 10^{-4} (0,27 - 0,08) = 5,85 \cdot 10^{-5}$

(2.10) ile, $\Delta \sigma_{pcs} = 1,95 \cdot 10^5 \cdot 5,85 \cdot 10^{-5} = 11,4 \text{ N/mm}^2$

2.4.3 — Çeliğin Gevsemesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta \sigma_{pr}$, TS3233 e göre;

$$\sigma_{pi(A)} = 1089,8 \text{ N/mm}^2 < 0,70 \cdot 1865 = 1305,5 \text{ N/mm}^2 \\ > 0,50 \cdot 1865 = 932,5 \text{ N/mm}^2$$

(2.11b) ile, $\Delta \sigma_{pr} = 0,08 \cdot 1089,8 \cdot (1089,8 - 932,5) / 0,20 \cdot 1865 = 36,8 \text{ N/mm}^2$

Fransız Şartnamesi (1973) e göre ;

$$\left. \begin{array}{l} rel_{1000} = \%7 \\ R_g \cong 1865 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right\} \text{ (Ref: VSL kılavuzu)}$$

(2.12a), (2.13) ile, $\Delta \sigma_{prh} = \frac{2,4 \cdot 7}{100} \cdot \frac{1089,8 - 0,55 \cdot 1865}{0,25 \cdot 1865} \cdot 1089,8 \cdot (0,718) = 18,1 \text{ N/mm}^2$

(2.12b), (2.13) ile, $\Delta \sigma_{prh} = 0,10 \cdot \frac{1089,8 - 0,55 \cdot 1865}{0,25 \cdot 1865} \cdot 1089,8 \cdot (0,718) = 10,8 \text{ N/mm}^2$

$$\Delta \sigma_{pr} = 36,8 \text{ N/mm}^2$$

2.4.4 — Gecikmiş Kayıpların Girişimi, $\Delta \sigma_{pt}$,

$$\Delta \sigma_{pec} + \Delta \sigma_{pcs} = 90,2 + 11,4 = 101,6 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{pi(x)} - 0,55 R_g = 1089,8 - 0,55 \cdot 1865 = 64,0 \text{ N/mm}^2$$

(2.14b) ile, $\Delta \sigma_{pt} = 101,6 \text{ N/mm}^2$

Nihai (tüm kayıplar çıktıktan sonraki) kablo gerilmeleri,

$$\sigma_{PA}''' = \sigma_{PB}''' = 1089,8 - 101,6 = 988,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{PC}''' = 1146,9 - 101,6 = 1045,3 \text{ N/mm}^2$$

2.5 — SEÇİLEN KABLONUN YETERLİ ÖNGERİLMİYİ SAĞLAYIP SAĞLA — MADIĞININ TAHKİKİ

Bir kablonun kesiti, $A_{ps} = 18 \cdot 99 = 1782 \text{ mm}^2$

Bir kablo ile elde edilen nihai öngerilme kuvveti,

$$P_i = 1782 \cdot 988,2 \cdot 10^{-3} = 1761,0 \text{ kN} > P_i = 25397,2 / 15 = 1693,2 \text{ kN}$$

Seçilmiş olan 15 adet (5-18) VSL-Süper kablosu uygun olup istenilen öngerilmeyi sağlamaktadır.

2.6 — DÜŞEY ÖNGERİLME KABLOSUNUN TAYİNİ

Başlangıçta verilen proje donesinde düşey doğrultuda da $\geq 1 \text{ N/mm}^2$ lik beton basınç gerilmesinin sürekli olarak bulunması geçirimsizliğin temini için istenmektedir.

Duvarın plânda beher metresi için gerekli nihai öngerilme kuvveti, σ_{cp} alanı ile beton kesit alanının çarpımına eşit olacaktır.

$$P = (i \cdot \frac{L}{L} \times \frac{L}{L} k) = L \cdot k$$

$$(2.35)$$

(2.35) ile, $P = 1.00 \cdot 10^3 \cdot 1.500 \cdot 10^{-3} = 500 \text{ kN/m}$

Kablo aralığını yine ortalama 35 cm kabul edersek ;

Kablo sayısı, $n = 1.00 / 0,35 = 3 \text{ kablo}$,

Beher kabloya gelen nihai öngerilme kuvveti, $P_i = 500 / 3 = 166,7 \text{ kN/m}$,

Bunun başlangıç değeri, yaklaşık %20 fazlası ile, $P_i = 1,20 \cdot 166,7 = 200 \text{ kN/m}$,

Bunun için uygun kablo,

3+0,5" orjinal adı ile (5-3) VSL-Standart kablosudur. Buna göre ;

Kablo kopma yükü, $F_{ptk} = 492 \text{ kN}$,

Başlangıç germe kuvveti, $P_i = 0,70 \cdot 492 = 344,4 \text{ kN}$, } (Ref: VSL kılavuzu)

Bunun nihai değeri yaklaşık %20 eksigi ile, $P_i = 0,80 \cdot 344,4 = 275,5 \text{ kN}$,

Kablo sayısı, $n = 500 / 275,5 = 2 \text{ kablo/metre}$

Kabloların alt ucunda (A ucu) Typ P sabit ankraj başlığı, üst ucunda (B ucu) Type E hareketli ankraj başlığı kullanılacaktır. Ankraj kesitleri arasındaki kablo boyu ise,

$L = 10,38 - 0,10 = 10,28 \text{ m}$

2.7 — DÜŞEY KABLO ANİ ÖNGERİLME KAYIPLARININ HESABI

2.7.1 — Sürtünmeden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta \sigma_{\mu}$,

$f_{pk} = 1770 \text{ N/mm}^2$ (Ref: VSL kılavuzu; +0,5" VSL-Standart kablosu için)

Germe anındaki ankraj gerilmesi,

(2.30) ile, $\sigma_{PB} = 0,70 \cdot 1770 = 1239,0 \text{ N/mm}^2$

A ucundaki kablo gerilmesi,

(2.31) ile, $\sigma_{PA} = 1239,0 \cdot e^{-(0,19 \cdot 0 + 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10,28)} = 1228,9 \text{ N/mm}^2$

$\Delta \sigma_{\mu} = 1239,0 - 1228,9 = 10,1 \text{ N/mm}^2$

2.7.2 — Rantre Kaçağından İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta \sigma_{pr}$,

Rantre kayıp alanının trapez şeklinde olacağı açıktır (Şekil; 2,4). Buna göre ;

(2.32) ile, $2 \cdot (1239,0 - 1228,9) \cdot 10,28 \cdot \frac{1}{2} + \Delta \sigma_{pr}^A \cdot 10,28 = 0,006 \cdot 1,95 \cdot 10^5 \dots \Delta \sigma_{pr}^A = 103,7 \text{ N/mm}^2$

$\Delta \sigma_{pr}^B = 2 \cdot (1239,0 - 1228,9) \cdot 10,28 \cdot \frac{1}{2} + 103,7 = 207,5 \text{ N/mm}^2$

Sürtünme ve rantre kayıpları çıktıktan sonraki kablo gerilmeleri,

$\sigma_{PA}' = 1239,0 - (10,1 + 103,7) = 1125,2 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{PB}' = 1239,0 - 207,5 = 1031,5 \text{ N/mm}^2$

2.7.3 — Betonun Ani Elastik Kısalmasından İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta \sigma_{pi}$,

Kablo seviyesindeki beton basınç gerilmesi (nihai) nin başlangıç değeri,

$\sigma_s = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \text{ N/mm}^2$

(2.33) ile, $\Delta \sigma_{pi} = 1,2 \cdot \frac{2-1}{2 \cdot 2} \cdot \frac{1,95 \cdot 10^5}{31800} \cdot 1,2 = 2,2 \text{ N/mm}^2$

Ani kayıplar çıktıktan sonraki kablo gerilmeleri,

$$\sigma_{PA}'' = 1125,2 - 2,2 = 1123,0 \text{ N/mm}^2$$

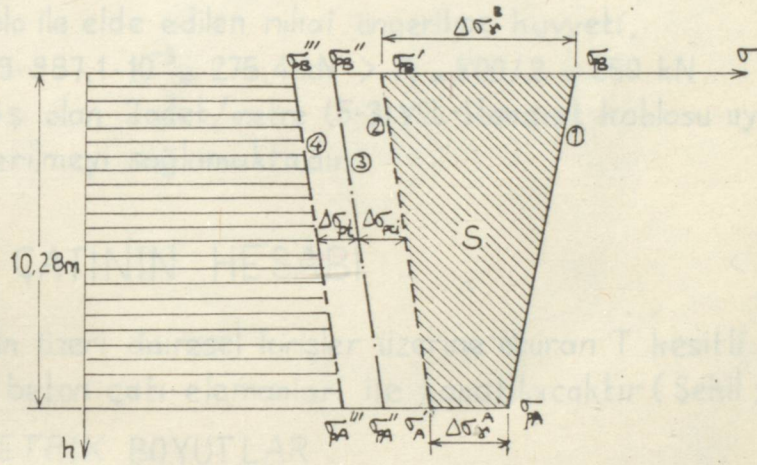
$$\sigma_{PB}'' = 1031,5 - 2,2 = 1029,3 \text{ N/mm}^2$$

2.8 – DÜŞEY KABLO GECİKMIŞ ÖNGERİLME KAYIPLARININ HESABI

2.8.1 – Betonun Sünmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta\sigma_{pcc}$,

$$\varphi(t, t_0) = 1,37 \text{ (yatay kablodaki gibi)}$$

$$(2.1), (2.7) \text{ ile, } \Delta\sigma_{pcc} = \frac{1,95 \cdot 10^{-5} \cdot 1,2 \cdot 1,37}{31800} = 10,1 \text{ N/mm}^2$$



Şekil 2.4 – Düşey öngerilme kablosu gerilmeleri

2.8.2 – Rötreden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta\sigma_{pcs}$,

$$\Delta\sigma_{pcs} = 11,4 \text{ N/mm}^2 \text{ (yatay kablodakinin aynı)}$$

2.8.3 – Çeliğin Gevşemesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta\sigma_{pr}$,

TS3233 e göre ;

$$\sigma_{pi(B)} = 1029,3 \text{ N/mm}^2 < 0,70 \cdot 1770 = 1239,0 \text{ N/mm}^2$$

$$> 0,50 \cdot 1770 = 885,0 \text{ N/mm}^2$$

$$(2.11b) \text{ ile, } \Delta\sigma_{pr} = 0,08 \cdot 1029,3 \cdot \frac{1029,3 - 885,0}{0,20 \cdot 1770} = 33,6 \text{ N/mm}^2$$

Fransız Şartnamesi (1973) e göre ;

$$rel_{1000} = \%7$$

$$R_g \cong 1770 \text{ N/mm}^2$$

(Ref: VSL kılavuzu)

$$(2.12a), (2.13) \text{ ile, } \Delta\sigma_{pr(h)} = \frac{2,4 \cdot 7}{100} \cdot \frac{1029,3 - 0,55 \cdot 1770}{0,25 \cdot 1770} \cdot 1029,3 \cdot (0,718) = 15,7 \text{ N/mm}^2$$

$$(2.12b), (2.13) \text{ ile, } \Delta\sigma_{pr(h)} = 0,10 \cdot \frac{1029,3 - 0,55 \cdot 1770}{0,25 \cdot 1770} \cdot 1029,3 \cdot (0,718) = 9,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_{pr} = 33,6 \text{ N/mm}^2$$

2.8.4 – Gecikmiş Kayıpların Girişimi, $\Delta\sigma_{pt}$,

$$\Delta\sigma_{pcc} + \Delta\sigma_{pcs} = 10,1 + 11,4 = 21,5 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{pi(x)} - 0,55 \cdot R_g = 1029,3 - 0,55 \cdot 1770 = 55,8 \text{ N/mm}^2$$

(2.14a) ile, $\Delta \sigma_{pt} = 10,1 + 11,4 + 33,6 - \frac{33,6 \cdot (10,1 + 11,4)}{1029,3 - 0,55 \cdot 1770} = 42,2 \text{ N/mm}^2$

Nihai kablo gerilmeleri,

$$\sigma_{PA}''' = 1123,0 - 42,2 = 1080,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{PB}''' = 1029,3 - 42,2 = 987,1 \text{ N/mm}^2$$

2.9 – SEÇİLEN KABLONUN YETERLİ ÖNGERİLMİYİ SAĞLAYIP SAĞLAMADIĞININ TAHKİKİ

Bir kabloun kesiti, $A_{ps} = 3 \cdot 93 = 279 \text{ mm}^2$,

Bir kablo ile elde edilen nihai öngerilme kuvveti,

$$P_i = 279 \cdot 987,1 \cdot 10^{-3} = 275,4 \text{ kN} > P_i = 500/2 = 250 \text{ kN}$$

Seçilmiş olan 2 adet/metre (5-3) VSL-Standart kablosu uygun olup istenilen öngerilmeyi sağlamaktadır.

3 – DÜZ ÇATININ HESABI

Deponun üzeri dairesel kirişler üzerine oturan T kesitli prefabrik öngerilmeli beton çatı elemanları ile kapatılacaktır (Şekil ; 3.1).

3.1 – GEOMETRİK BOYUTLAR

T elemanlar prefabrik olacağından taşınacağı düşünülmelidir. Bu bakımdan bir treyler taşıma boyu uygun olabilir. Bu ise yaklaşık 13 ilâ 15 m dir. Buna göre T eleman boyunu, $L = 12,66 \text{ m}$ seçelim.

Telemanların enaz bir gövdesi ve gövdenin de rahat çalışılabilir bir kalınlığı ($\geq 20 \text{ cm}$) olmalıdır (Şekil ; 3.2).

T elemanların, plânda, kısa kenarı $\geq 20 \text{ cm}$, uzun kenarı ise treyler ile taşınmaya müsait ($\leq$ treyler genişliği) olmalıdır. Buna göre;

T1 elemanlarının 36 adet,

T2 elemanlarının (iki misli ile) 72 adet,

T3 elemanlarının (üç misli ile) 108 adet yapılması uygun olur.

T elemanlar ile ilgili boyutlar Şekil ; 3.3 de, Telemanları taşıyan dairesel kirişlerin kesit ve boyutları ise Şekil ; 3.4 de verilmiştir.

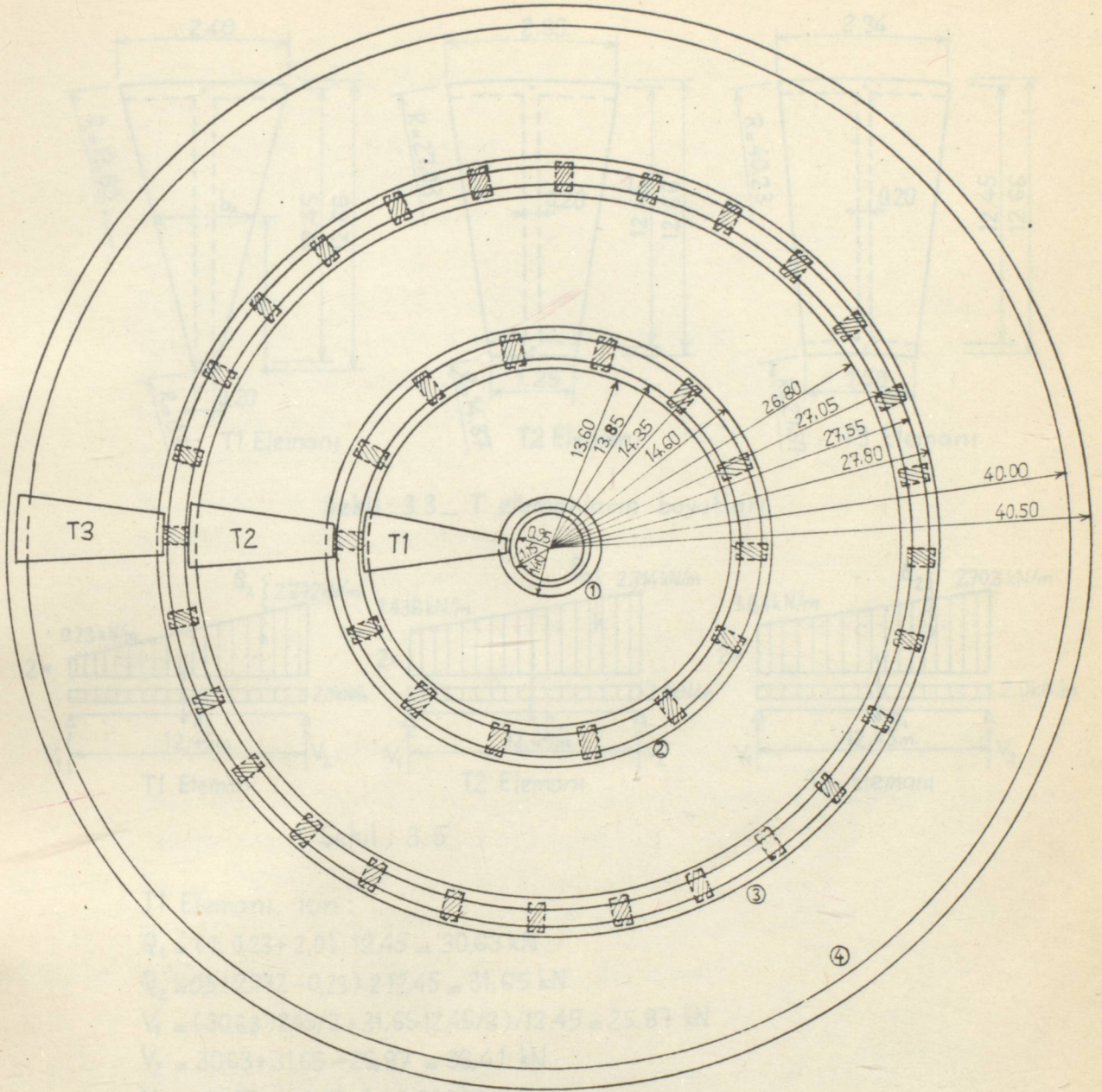
3.2 – T ELEMANLARIN (YAKLAŞIK) STATİK HESABI

Yük analizi,

$$\text{Plâk (zati+izolasyon) yükü} = 0,08 \cdot 25 + 0,30 = 2,30 \text{ kN/m}^2$$

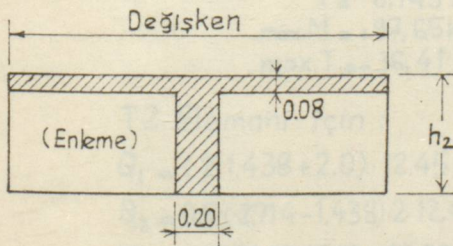
$$\text{Kiriş zati yükü} \cong 0,40 \cdot 0,20 \cdot 25 = 2,0 \text{ kN/m}$$

T elemanların statik hesabını basit kiriş olarak yapacağız. Herbir elemana etkiyen yük değerleri Şekil ; 3.5 deki gibidir. Buna göre ;

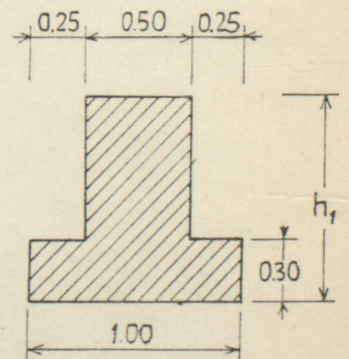


Şekil 3.1 — Çatı plânı

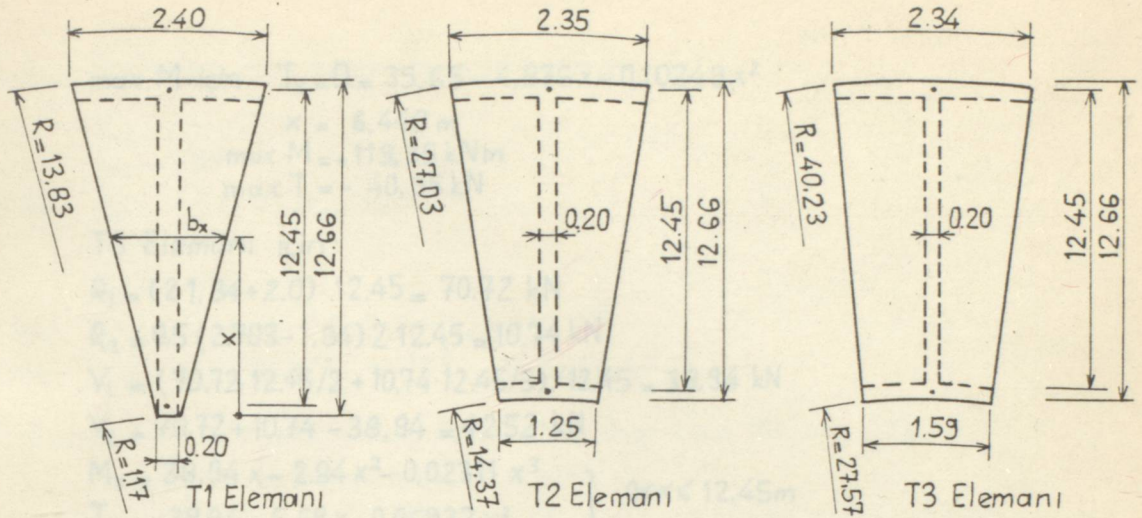
- (1) Merkezî kolon (içi baş)
 (2) Birinci dairesel kiriş
 (3) İkinci dairesel kiriş
 (4) Duvar



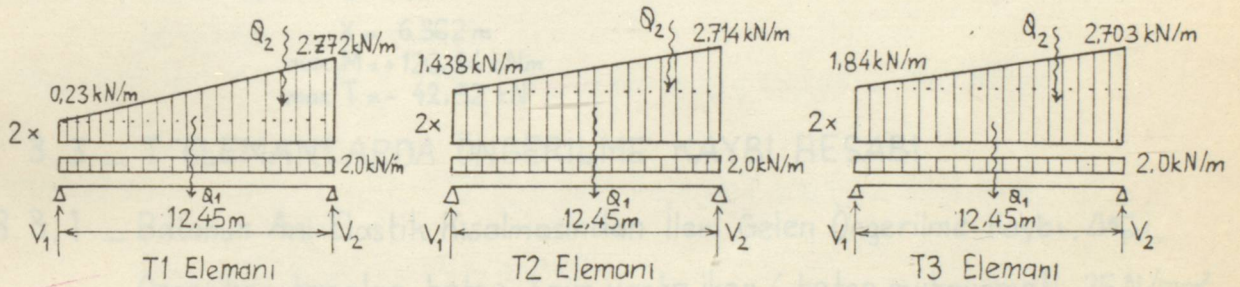
Şekil 3.2 — T eleman tip kesiti
 (enleme yalnız mesnetlerde var.)



Şekil 3.4 — Dairesel kiriş
 tip kesiti



Şekil ; 3.3_ T elemanlarının boyutları



Şekil ; 3.5

T1 Elemanı için :

$$Q_1 = (2 \cdot 0.23 + 2.0) \cdot 12.45 = 30.63 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0.5 \cdot (2.772 - 0.23) \cdot 2 \cdot 12.45 = 31.65 \text{ kN}$$

$$V_1 = (30.63 \cdot 12.45 / 2 + 31.65 \cdot 12.45 / 3) / 12.45 = 25.87 \text{ kN}$$

$$V_2 = 30.63 + 31.65 - 25.87 = 36.41 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{aligned} M_x &= 25.87x - 1.23x^2 - 0.06806 \cdot x^3 \\ T_x &= 25.87 - 2.46x - 0.20418x^2 \end{aligned} \right\} 0 \leq x \leq 12.45 \text{ m}$$

$$b_x = 0.175x + 0.218 \text{ m}$$

$$\text{max. } M \text{ için } T_x = 0 = 25.87 - 2.46x - 0.20418x^2$$

$$x = 6.743 \text{ m}$$

$$\text{max. } M = +97.65 \text{ kNm}$$

$$\text{max. } T = -36.41 \text{ kN}$$

T2 Elemanı için :

$$Q_1 = (2 \cdot 1.438 + 2.0) \cdot 12.45 = 60.71 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0.5 \cdot (2.714 - 1.438) \cdot 2 \cdot 12.45 = 15.89 \text{ kN}$$

$$V_1 = (60.71 \cdot 12.45 / 2 + 15.89 \cdot 12.45 / 3) / 12.45 = 35.65 \text{ kN}$$

$$V_2 = 60.71 + 15.89 - 35.65 = 40.95 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{aligned} M_x &= 35.65x - 2.438x^2 - 0.03416x^3 \\ T_x &= 35.65 - 4.876x - 0.10249x^2 \end{aligned} \right\} 0 \leq x \leq 12.45 \text{ m}$$

$$b_x = 0.088x + 1.250 \text{ m}$$

$$\text{max. } M \text{ için } T_x = 0 = 35,65 - 4,876x - 0,10249x^2$$

$$x = 6,440 \text{ m}$$

$$\text{max. } M = +119,35 \text{ kNm}$$

$$\text{max. } T = -40,95 \text{ kN}$$

T3 Elemanı için:

$$Q_1 = (2,1,84 + 2,0) \cdot 12,45 = 70,72 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0,5 \cdot (2,703 - 1,84) \cdot 2 \cdot 12,45 = 10,74 \text{ kN}$$

$$V_1 = (70,72 \cdot 12,45 / 2 + 10,74 \cdot 12,45 / 3) / 12,45 = 38,94 \text{ kN}$$

$$V_2 = 70,72 + 10,74 - 38,94 = 42,52 \text{ kN}$$

$$M_x = 38,94x - 2,84x^2 - 0,02311x^3$$

$$T_x = 38,94 - 5,68x - 0,06932x^2 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} M_x \\ T_x \end{matrix}} \right\} 0 \leq x \leq 12,45 \text{ m}$$

$$b_x = 0,059x + 1,606 \text{ m}$$

$$\text{max. } M \text{ için } T_x = 0 = 38,94 - 5,68x - 0,06932x^2$$

$$x = 6,362 \text{ m}$$

$$\text{max. } M = +126,84 \text{ kNm}$$

$$\text{max. } T = -42,52 \text{ kN}$$

3.3 — T ELEMANLARDA ÖNGERİLME KAYBI HESABI

3.3.1 — Betonun Ani Elastik Kısalmāsından İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta\sigma_{pe}$,

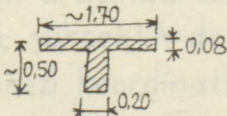
Öngerilme toronları beton 3 gün yaşta iken (beton mukavemeti 25 N/mm^2 nin üzerine çıkınca) serbest bırakılacaktır.

$$(2.4) \text{ ile, } E_{c3} = 3250 \sqrt{25} + 14000 = 30250 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{c28} = 3250 \sqrt{35} + 14000 = 33230 \text{ N/mm}^2$$

$$(2.33) \text{ ile, } \Delta\sigma_{pe} = 1,2 \left(\underbrace{\frac{n-1}{2n}}_{1 \text{ alınır}} \right) \cdot \frac{1,95 \cdot 10^5}{30250} \cdot (1,20 \cdot 1) = 9,3 \text{ N/mm}^2$$

3.3.2 — Betonun Sünmesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta\sigma_{pc}$,

Ortalama kesit, 

Ortalama kesit alanı,

$$A_{\text{ort}} = 1,70 \cdot 0,08 + 0,42 \cdot 0,20 = 0,22 \text{ m}^2$$

Atmosfer ile temasta olan çevre,

$$U_{\text{ort}} = 1,70 + (1,70 - 0,20) + 0,20 + 2 \cdot 0,42 = 4,24 \text{ m}$$

$$t_o = 3 \text{ gün, } t = \infty$$

$$\lambda = 1,0$$

$$(2.5) \text{ ile, } h_{th} = 1,0 (2 \cdot 0,22) / 4,24 = 0,104 \text{ m} \approx 10 \text{ cm}$$

$$\phi_{f1} = 3,0$$

$$\phi_{f2} = 1,70$$

$$(2.4) \text{ ile, } \phi_f = 30 \cdot 1,70 = 5,10$$

$$\beta_f(t) = 0,90$$

$$\beta_f(t_o) = 0,18$$

$$(2.6) \text{ ile, } \varphi(t, t_o) = 0,4 + 5,1 (0,90 - 0,18) = 4,072$$

$$(2.1), (2.7) \text{ ile, } \Delta\sigma_{pc} = \frac{1,95 \cdot 10^5}{33230} \cdot (1,20 \cdot 1) \cdot 4,072 = 28,7 \text{ N/mm}^2$$

3.3.3 – Rötreden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta\sigma_{pcs}$,

$$\varepsilon_{s1} = 4,0 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{s2} = 1,05$$

$$(2.9) \text{ ile } \varepsilon_{s0} = 4,0 \cdot 10^{-4} \cdot 1,05 = 4,2 \cdot 10^{-4}$$

$$\beta_s(t) = 0,93$$

$$\beta_s(t_0) = 0,15$$

$$(2.8) \text{ ile } \varepsilon_s(t, t_0) = 4,2 \cdot 10^{-4} (0,93 - 0,15) = 3,276 \cdot 10^{-4}$$

$$(2.10) \text{ ile } \Delta\sigma_{pcs} = 3,276 \cdot 10^{-4} \cdot 1,95 \cdot 10^5 = 63,9 \text{ N/mm}^2$$

3.3.4 – Çeliğin Gevşemesinden İleri Gelen Öngerilme Kaybı, $\Delta\sigma_{pr}$,

Fransız Şartnamesi (1973) e göre ;

$$f_{pk} = 1765 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Ref: VSL- kılavuzu ; } +0,6'' \text{ VSL-Standard kablo için})$$

Başlangıç gerilmesi,

$$(2.30) \text{ ile } \sigma_{pi(x)} = 0,70 \cdot 1765 = 1235,5 \text{ N/mm}^2$$

Üç günlük gevşeme kaybı,

$$(2.12a), (2.13) \text{ ile } \Delta\sigma_{pr} = \frac{2,4 \cdot 7}{100} \cdot \frac{1235,5 - 0,55 \cdot 1765}{0,25 \cdot 1765} \cdot 1235,5 \cdot (0,253) = 31,5 \text{ N/mm}^2$$

Sonsuz günde gevşeme kaybı,

$$(2.12a), (2.13) \text{ ile } \Delta\sigma_{pr} = \frac{2,4 \cdot 7}{100} \cdot \frac{1235,5 - 0,55 \cdot 1765}{0,25 \cdot 1765} \cdot 1235,5 \cdot (0,722) = 89,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_{pr} = 89,9 - 31,5 = 58,4 \text{ N/mm}^2$$

Nihai öngerilme,

$$\sigma_p = 1235,5 - (9,3 + 28,7 + 63,9 + 58,4) = 1075,2 \text{ N/mm}^2$$

3.4 – T ELEMANLARDA KİRİŞ YÜKSEKLİĞİ VE ÖNGERİLME KABLO SUNUN TAYİNİ

T elemanlarda uygun kiriş yüksekliği için ; kullanılan toronların tam kapasitesinden yararlanılacak yükseklik şeklinde değerlendirilerek ve yüksekliğin 50 ilâ 60 cm arasında olmasının beklenebileceği gözönünde bulundurularak birkaç yükseklik denenecektir. Kesit karakteristikleri :

Kesit ağırlık merkezi koordinatları,

$$v = \Sigma F \cdot y / \Sigma F \quad (3.1)$$

$$v' = h_2 - v \quad (3.2)$$

Kesit randımanı,

$$r = I_c / A_c \cdot v \cdot v' \quad (3.3)$$

Merkezi çekirdek ordinatları,

$$a = r \cdot v \quad (3.4)$$

$$a' = r \cdot v' \quad (3.5)$$

Kablo eksantrikliği,

$$e_p = v' - d \quad (3.6)$$

Öngerilme kuvveti,

$$P = M_x / (a + v' - d) = M_x / (e_p + a) \quad (3.7)$$

Öngerilme momenti,

$$M_p = P \cdot e_p \quad (3.8)$$

Deneme 1:

T eleman yüksekliğini, $h_2 = 60$ cm seçelim.

T1 Elemanı ;

Kesit karakteristikleri,

$$\max. M = 97,65 \text{ kNm}$$

$$b_x = 1,396 \text{ m}$$

$$A_c = 0,21568 \text{ m}^2$$

$$v = 0,185 \text{ m}$$

$$v' = 0,415 \text{ m}$$

$$I_c = 7,2497 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$r = 0,4378$$

$$a = 0,081 \text{ m}$$

$$e_p = 0,375 \text{ m}$$

$$P = 214,15 \text{ kN}$$

(6-1) VSL- Standart kablosunu kullanırsak ,

Kablo kesit alanı, $A_{ps} = 139 \text{ mm}^2$

Kablo ile elde edilen nihai öngerilme kuvveti,

$$P = 139 \cdot 1075,2 \cdot 10^{-3} = 149,45 \text{ kN} ,$$

Kablo sayısı , $n = 214,15 / 149,45 = 1,4 \approx 2$ kablo

T2 Elemanı ;

Kesit karakteristikleri,

$$\max. M = 119,35 \text{ kNm}$$

$$b_x = 1,824 \text{ m}$$

$$A_c = 0,24992 \text{ m}^2$$

$$v = 0,165 \text{ m}$$

$$v' = 0,435 \text{ m}$$

$$I_c = 7,88629 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$r = 0,4396$$

$$a = 0,073 \text{ m}$$

$$e_p = 0,395 \text{ m}$$

$$P = 255,02 \text{ kN}$$

Yine aynı kabloyu kullanırsak ;

Kablo sayısı , $n = 255,02 / 149,45 = 1,7 \approx 2$ kablo

T3 Elemanı ;

Kesit karakteristikleri,

$$\max. M = 126,84 \text{ kNm}$$

$$b_x = 1,983 \text{ m}$$

$$A_c = 0,26264 \text{ m}^2$$

$$v = 0,159 \text{ m}$$

$$v' = 0,441 \text{ m}$$

$$I_c = 8,08172 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$r = 0,4388$$

$$a = 0,070 \text{ m}$$

$$e_p = 0,411 \text{ m}$$

$$P = 263,70 \text{ kN}$$

Yine aynı kabloyu kullanırsak ;

Kablo sayısı , $n = 263,70 / 149,45 = 1,8 \approx 2$ kablo

Sonuç olarak, ilk deneme için seçilen $h_2 = 60$ cm kiriş yüksekliği uygun kabul edilebilir.

3.5 — T ELEMANLARIN KESİN STATİK HESABI VE KABLO TAYİNİ

Yük analizi,

Plâk (zati + izolasyon) yükü = $2,30 \text{ kN/m}^2$

Kiriş zati yükü = $0,52 \cdot 0,20 \cdot 25 = 2,60 \text{ kN/m}$

T1 Elemanı için ;

$$Q_1 = (2 \cdot 0,23 + 2,60) \cdot 12,45 = 38,10 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0,5 \cdot (2,772 - 0,23) \cdot 2 \cdot 12,45 = 31,65 \text{ kN}$$

$$V_1 = (38,10 \cdot 12,45/2 + 31,65 \cdot 12,45/3)/12,45 = 29,60 \text{ kN}$$

$$V_2 = 38,10 + 31,65 - 29,60 = 40,15 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{aligned} M_x &= 29,60x - 1,53x^2 - 0,06806x^3 \\ T_x &= 29,60 - 3,06x - 0,20418x^2 \end{aligned} \right\} 0 \leq x \leq 12,45 \text{ m}$$

$$\text{max. } M \text{ için } T_x = 0 = 29,60 - 3,06x - 0,20418x^2$$

$$x = 6,688 \text{ m}$$

$$\text{max. } M = +109,17 \text{ kNm}$$

$$\text{max. } T = -40,15 \text{ kN}$$

Kesit karakteristikleri,

$$b_x = 1,386 \text{ m}$$

$$A_c = 0,21488 \text{ m}^2$$

$$v = 0,185 \text{ m}$$

$$v' = 0,415 \text{ m}$$

$$I_c = 7,23246 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$r = 0,4384$$

$$a = 0,081 \text{ m}$$

$$e_p = 0,375 \text{ m}$$

$$P = 239,41 \text{ kN}$$

Yine (6-1) VSL-Standard kablesunu kullanırsak;

$$\text{Kablo sayısı, } n = 239,41/149,45 = 1,6 \approx 2 \text{ kablo}$$

$$\text{Öngerilme kuvveti, } P = 2 \cdot 149,45 = 298,90 \text{ kN}$$

$$\text{Öngerilme momenti, } M_p = 298,90 \cdot 0,375 = 112,09 \text{ kNm}$$

T2 Elemanı için ;

$$Q_1 = (2,1438 + 2,60) \cdot 12,45 = 68,18 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0,5 \cdot (2,714 - 1,438) \cdot 2 \cdot 12,45 = 15,89 \text{ kN}$$

$$V_1 = (68,18 \cdot 12,45/2 + 15,89 \cdot 12,45/3)/12,45 = 39,39 \text{ kN}$$

$$V_2 = 68,18 + 15,89 - 39,39 = 44,68 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{aligned} M_x &= 39,39x - 2,738x^2 - 0,03416x^3 \\ T_x &= 39,39 - 5,476x - 0,10249x^2 \end{aligned} \right\} 0 \leq x \leq 12,45 \text{ m}$$

$$\text{max. } M \text{ için } T_x = 0 = 39,39 - 5,476x - 0,10249x^2$$

$$x = 6,422 \text{ m}$$

$$\text{max. } M = +130,99 \text{ kNm}$$

$$\text{max. } T = -44,68 \text{ kN}$$

Kesit karakteristikleri,

$$b_x = 1,822 \text{ m}$$

$$A_c = 0,24976 \text{ m}^2$$

$$v = 0,165 \text{ m}$$

$$v' = 0,435 \text{ m}$$

$$I_c = 7,88371 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$r = 0,4398$$

$$a = 0,073 \text{ m}$$

$$e_p = 0,395 \text{ m}$$

$$P = 279,89 \text{ kN}$$

Yine aynı kablo kullanılırsa,

$$\text{Kablo sayısı, } n = 279,89/149,45 = 1,9 \approx 2 \text{ kablo}$$

$$\text{Öngerilme kuvveti, } P = 2 \cdot 149,45 = 298,90 \text{ kN}$$

$$\text{Öngerilme momenti, } M_p = 298,90 \cdot 0,395 = 118,07 \text{ kNm}$$

T3 Elemanı için ;

$$Q_1 = (2,184 + 2,60) \cdot 12,45 = 78,19 \text{ kN}$$

$$Q_2 = 0,5 \cdot (2,703 - 1,84) \cdot 2 \cdot 12,45 = 10,74 \text{ kN}$$

$$V_1 = (78,19 \cdot 12,45/2 + 10,74 \cdot 12,45/3)/12,45 = 42,68 \text{ kN}$$

$$V_2 = 78,19 + 10,74 - 42,68 = 46,25 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{aligned} M_x &= 42,68x - 3,14x^2 - 0,02311x^3 \\ T_x &= 42,68 - 6,28x - 0,06932x^2 \end{aligned} \right\} 0 \leq x \leq 12,45 \text{ m}$$

$$\text{max. } M \text{ için } T_x = 0 = 42,68 - 6,28x - 0,06932x^2$$

$$x = 6,351 \text{ m}$$

$$\text{max. } M = +138,49 \text{ kNm}$$

$$\text{max. } T = -46,25 \text{ kN}$$

Kesit karakteristikleri,

$$b_x = 1,983 \text{ m}$$

$$A_c = 0,26264 \text{ m}^2$$

$$v = 0,159 \text{ m}$$

$$v' = 0,441 \text{ m}$$

$$I_c = 8,08171 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$r = 0,4388$$

$$a = 0,070 \text{ m}$$

$$e_p = 0,411 \text{ m}$$

$$P = 287,92 \text{ kN}$$

Yine aynı kablo kullanılırsa,

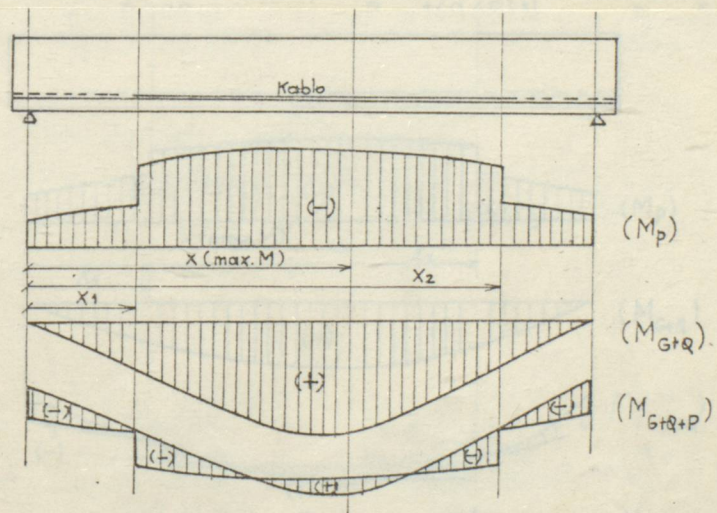
$$\text{Kablo sayısı, } n = 287,92 / 149,45 = 1,9 \approx 2 \text{ kablo}$$

$$\text{Öngerilme kuvveti, } P = 2 \cdot 149,45 = 198,90 \text{ kN}$$

$$\text{Öngerilme momenti, } M_p = 298,90 \cdot 0,441 = 122,85 \text{ kNm}$$

Mesnet bölgesinde ; dış yüklerden ($G+Q$) ileri gelen eğilme momentinin sıfır ve sıfıra yakın olması, buna karşın öngerilme momentinin sıfırdan farklı olması nedeniyle çekme gerilmeleri oluşmaktadır. Bu gerilmelerin değerini azaltmak ve B.A. donatısı ile alınabilmesini temin bakımından mesnet bölgelerinde kabloların biri kılıf içerisine alınacaktır. Kabloların mesnetten hangi kesite kadar kılıf içerisinde dacağı,

$P = M_x / a + e_p = 149,45 \text{ kN}$ olacak şekilde denenmek suretiyle aşağıdaki gibi bulunmuştur.



Şekil; 3.6 — T elemanı eğilme momentleri

T1 Elemanı için ;

$$x_1 = 2,456 \text{ m}$$

$$M_x = 62,47 \text{ kNm}$$

$$b_x = 0,647 \text{ m}$$

$$A_c = 0,15576 \text{ m}^2$$

$$v = 0,240 \text{ m}$$

$$v' = 0,360 \text{ m}$$

$$I_c = 5,48147 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$r = 0,4073$$

$$a = 0,098 \text{ m}$$

$$e_p = 0,320 \text{ m}$$

$$P = 149,45 \text{ kN}$$

$$M_p = 47,82 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} X_2 &= 10,199 \text{ m} \\ M_x &= 70,54 \text{ kNm} \\ b_x &= 2,000 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_c &= 0,264 \text{ m}^2 \\ v &= 0,158 \text{ m} \\ v' &= 0,442 \text{ m} \\ I_c &= 8,10154 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \\ r &= 0,4394 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0,070 \text{ m} \\ e_p &= 0,402 \text{ m} \\ P &= 149,45 \text{ kN} \\ M_p &= 60,08 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ayrıca,

$$\begin{aligned} X &= 0 \\ M_x &= 0 \\ b_x &= 0,218 \text{ m} \\ P &= 149,45 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_c &= 0,1308 \text{ m}^2 \\ v &= 0,300 \text{ m} \\ v' &= 0,300 \text{ m} \\ I_c &= 3,924 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_p &= 0,260 \text{ m} \\ M_p &= 38,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= 12,45 \text{ m} \\ M_x &= 0 \\ b_x &= 2,392 \text{ m} \\ P &= 149,45 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_c &= 1,4352 \text{ m}^2 \\ v &= 0,300 \text{ m} \\ v' &= 0,300 \text{ m} \\ I_c &= 43,056 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_p &= 0,260 \text{ m} \\ M_p &= 38,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sonuç olarak,

$$\begin{aligned} 0,20 \text{ m tabla genişliği olan kenardan,} \\ 0,105 + 2,456 &= 2,561 \text{ m mesafeye} \\ 2,40 \text{ m tabla genişliği olan kenardan,} \\ 0,105 + (12,45 - 10,199) &= 2,356 \text{ m mesafeye} \end{aligned}$$

} kadar kablunun biri kılıf içerisinde olacaktır.

T2 Elemanı için;

$$\begin{aligned} X_1 &= 2,027 \text{ m} \\ M_x &= 68,30 \text{ kNm} \\ b_x &= 1,437 \text{ m} \\ A_c &= 0,21896 \text{ m}^2 \\ v &= 0,183 \text{ m} \\ v' &= 0,417 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_c &= 7,31909 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \\ r &= 0,483 \\ a &= 0,080 \text{ m} \\ e_p &= 0,377 \text{ m} \\ P &= 149,45 \text{ kN} \\ M_p &= 56,34 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_2 &= 10,541 \text{ m} \\ M_x &= 70,97 \text{ kNm} \\ b_x &= 2,184 \text{ m} \\ A_c &= 0,27872 \text{ m}^2 \\ v &= 0,152 \text{ m} \\ v' &= 0,448 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_c &= 8,30411 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \\ r &= 0,4375 \\ a &= 0,066 \text{ m} \\ e_p &= 0,408 \text{ m} \\ P &= 149,45 \text{ kN} \\ M_p &= 60,98 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ayrıca,

$$\begin{aligned} X &= 0 \\ M_x &= 0 \\ b_x &= 1,260 \text{ m} \\ P &= 149,45 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_c &= 0,756 \text{ m}^2 \\ v=v' &= 0,300 \text{ m} \\ I_c &= 22,68 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \\ e_p &= 0,260 \text{ m} \\ M_p &= 38,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= 12,45 \text{ m} \\ M_x &= 0 \\ b_x &= 2,352 \text{ m} \\ P &= 149,45 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_c &= 1,4112 \text{ m}^2 \\ v=v' &= 0,300 \text{ m} \\ I_c &= 42,336 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \\ e_p &= 0,260 \text{ m} \\ M_p &= 38,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sonuç olarak,

$$\begin{aligned} 1,25 \text{ m tabla genişliği olan kenardan,} \\ 0,105 + 2,027 &= 2,132 \text{ m mesafeye,} \\ 2,35 \text{ m tabla genişliği olan kenardan,} \\ 0,105 + (12,45 - 10,541) &= 2,014 \text{ m mesafeye} \end{aligned}$$

} kadar kablunun biri kılıf içerisinde olacaktır.

T3 Elemanı için;

$$\begin{aligned} X_1 &= 1,901 \text{ m} \\ M_x &= 69,64 \text{ kNm} \\ b_x &= 1,719 \text{ m} \\ A_c &= 0,24152 \text{ m}^2 \\ v &= 0,169 \text{ m} \\ v' &= 0,431 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_c &= 7,74635 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \\ r &= 0,4403 \\ a &= 0,075 \text{ m} \\ e_p &= 0,391 \text{ m} \\ P &= 149,45 \text{ kN} \\ M_p &= 58,44 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_2 &= 10,630 \text{ m} \\ M_x &= 71,13 \text{ kNm} \\ b_x &= 2,236 \text{ m} \\ A_c &= 0,28288 \text{ m}^2 \\ v &= 0,150 \text{ m} \\ v' &= 0,450 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_c &= 8,35772 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \\ r &= 0,4377 \\ a &= 0,066 \text{ m} \\ e_p &= 0,410 \text{ m} \\ P &= 149,45 \text{ kN} \\ M_p &= 61,28 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Ayrıca,

$$\begin{aligned} X &= 0 \\ M_x &= 0 \\ b_x &= 1,606 \text{ m} \\ P &= 149,45 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_c &= 0,9636 \text{ m}^2 \\ v=v' &= 0,300 \text{ m} \\ I_c &= 28,908 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \\ e_p &= 0,260 \text{ m} \\ M_p &= 38,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= 12,45 \text{ m} \\ M_x &= 0 \\ b_x &= 2,344 \text{ m} \\ P &= 149,45 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_c &= 1,4064 \text{ m}^2 \\ v=v' &= 0,300 \text{ m} \\ I_c &= 42,192 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \\ e_p &= 0,260 \text{ m} \\ M_p &= 38,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sonuç olarak,

1,59 m tabla genişliği olan kenardan,

0,105 + 1,901 = 2,006 m mesafeye,

2,34 m tabla genişliği olan kenardan,

0,105 + (12,45 - 10,63) = 1,925 m mesafeye

} kadar kablunun biri kılıf içerisinde de olacaktır.

3.6 _ T ELEMANLARDA BETON ÜST VE ALT LİF GERİLMESİ TAHKİKLERİ

Emniyet gerilmeleri,

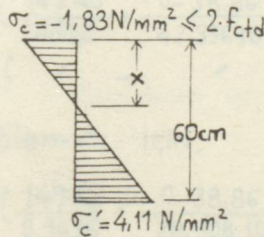
	Basınç	Çekme	
σ_c	$\bar{\sigma}_2$	$\bar{\sigma}_1$	$\bar{\sigma}_1 = -0,25 \sqrt{f_{ck}} = -1,48 \text{ N/mm}^2$
σ_c'	$\bar{\sigma}_1'$	$\bar{\sigma}_2'$	$\bar{\sigma}_1' = +0,55 \cdot f_{ck} = +19,25 \text{ N/mm}^2$
			$\bar{\sigma}_2 = +0,45 \cdot f_{ck} = +15,75 \text{ N/mm}^2$
			$\bar{\sigma}_2' = -0,50 \cdot \sqrt{f_{ck}} = -2,96 \text{ N/mm}^2$

C35
 $f_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

T1 Elemanı için;

$$x=0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma_c = \left(\frac{149,45}{0,1308} + \frac{0-38,86}{3,924 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = -1,83 \text{ N/mm}^2 > \bar{\sigma}_1 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = +4,11 \text{ N/mm}^2 < \bar{\sigma}_1' \end{array} \right.$$

* Çekme emniyet gerilmesinden büyük çıkan bu çekme gerilmesi (kuvveti) B.A. donatısı ile alınacaktır.



$$C35 : f_{ctd} = \frac{1,5}{1,4} \cdot 1,35 = 1,45 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = 1,83 \text{ N/mm}^2 < 2 \cdot f_{ctd} = 2 \cdot 1,45 = 2,90 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{1,83 + 4,11}{60} = 0,099$$

$$\frac{1,83}{x} = m = 0,099 \dots x = 18,5 \text{ cm} = 185 \text{ mm}$$

$$F_c = \frac{1,83 \cdot 185}{2} \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 33,89 \text{ kN}$$

$$A_s \geq \frac{F_c}{\sigma_{sm}} = \frac{33,89}{21} = 1,61 \text{ cm}^2$$

Mevcut 2+12 (2,26 cm²) montaj donatısı ile bu gerilme alınmaktadır.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{solunda} \\ X=2,456 \text{ m} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_c = \left(\frac{149,45}{0,15576} + \frac{62,47-47,82}{5,48147 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,240 \right) \cdot 10^{-3} = +1,60 \text{ N/mm}^2 < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,360 \right) \cdot 10^{-3} = -0,0 \text{ " } < \bar{\sigma}_2' \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{sağında} \\ X=6,688 \text{ m} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_c = \left(\frac{298,90}{0,15576} + \frac{62,47-95,64}{5,48147 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,240 \right) \cdot 10^{-3} = +0,47 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,360 \right) \cdot 10^{-3} = +4,10 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{solunda} \\ X=10,199 \text{ m} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_c = \left(\frac{298,90}{0,264} + \frac{70,54-120,16}{8,10154 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,158 \right) \cdot 10^{-3} = +0,17 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,442 \right) \cdot 10^{-3} = +3,84 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{sağında} \\ X=10,199 \text{ m} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \sigma_c = \left(\frac{149,45}{0,264} + \frac{70,54-60,08}{8,10154 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,158 \right) \cdot 10^{-3} = +0,77 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,442 \right) \cdot 10^{-3} \approx -0,0 \text{ " } < \bar{\sigma}_2' \end{array} \right.$$

$$x=12,45m \begin{cases} \sigma_c = \left(\frac{149,45}{1,4352} + \frac{0-38,86}{43,056 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = -0,17 \text{ N/mm}^2 < \bar{\sigma}_1 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = +0,38 \text{ " } < \bar{\sigma}_2' \end{cases}$$

T2 Elemanı için ;

$$x=0 \begin{cases} \sigma_c = \left(\frac{149,45}{0,756} + \frac{0-38,86}{22,68 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = -0,32 \text{ " } < \bar{\sigma}_1 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = +0,71 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{solunda} \\ x=2,027m \\ \text{sagında} \end{cases} \begin{cases} \sigma_c = \left(\frac{149,45}{0,21896} + \frac{68,30-56,34}{7,31909 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,183 \right) \cdot 10^{-3} = +0,98 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,417 \right) \cdot 10^{-3} \approx +0,0 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \\ \sigma_c = \left(\frac{298,90}{0,21896} + \frac{68,30-112,68}{7,31909 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,183 \right) \cdot 10^{-3} = +0,26 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,417 \right) \cdot 10^{-3} = +3,89 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \end{cases}$$

$$x=6,422m \begin{cases} \sigma_c = \left(\frac{298,90}{0,24976} + \frac{130,99-118,07}{7,88371 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,165 \right) \cdot 10^{-3} = +1,47 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,435 \right) \cdot 10^{-3} = +0,48 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{solunda} \\ x=10,541m \\ \text{sagında} \end{cases} \begin{cases} \sigma_c = \left(\frac{298,90}{0,27872} + \frac{70,97-121,96}{8,30411 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,152 \right) \cdot 10^{-3} = +0,14 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,448 \right) \cdot 10^{-3} = +3,82 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \\ \sigma_c = \left(\frac{149,45}{0,27872} + \frac{70,97-60,98}{8,30411 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,152 \right) \cdot 10^{-3} = +0,72 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,448 \right) \cdot 10^{-3} \approx -0,0 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \end{cases}$$

$$x=12,45m \begin{cases} \sigma_c = \left(\frac{149,45}{1,4112} + \frac{0-38,86}{42,336 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = -0,17 \text{ " } < \bar{\sigma}_1 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = +0,38 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \end{cases}$$

T3 Elemanı için ;

$$x=0 \begin{cases} \sigma_c = \left(\frac{149,45}{0,9636} + \frac{0-38,86}{28,908 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = -0,25 \text{ " } < \bar{\sigma}_1 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = +0,56 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{solunda} \\ x=1,901m \\ \text{sagında} \end{cases} \begin{cases} \sigma_c = \left(\frac{149,45}{0,24152} + \frac{69,64-58,44}{7,74835 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,169 \right) \cdot 10^{-3} = +0,86 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,431 \right) \cdot 10^{-3} \approx -0,0 \text{ " } < \bar{\sigma}_2' \\ \sigma_c = \left(\frac{298,90}{0,24152} + \frac{69,64-116,88}{7,74835 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,169 \right) \cdot 10^{-3} = +0,21 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,431 \right) \cdot 10^{-3} = +3,87 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \end{cases}$$

$$x=6,351m \begin{cases} \sigma_c = \left(\frac{298,90}{0,26264} + \frac{138,49-122,85}{8,08172 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,159 \right) \cdot 10^{-3} = +1,45 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,441 \right) \cdot 10^{-3} = +0,29 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{solunda} \\ x=10,63m \\ \text{sagında} \end{cases} \begin{cases} \sigma_c = \left(\frac{298,90}{0,28288} + \frac{71,13-122,56}{8,35772 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,150 \right) \cdot 10^{-3} = +0,13 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,450 \right) \cdot 10^{-3} = +3,83 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \\ \sigma_c = \left(\frac{149,45}{0,28288} + \frac{71,13-61,28}{8,35772 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,150 \right) \cdot 10^{-3} = +0,71 \text{ " } < \bar{\sigma}_2 \\ \sigma_c' = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,450 \right) \cdot 10^{-3} \approx -0,0 \text{ " } < \bar{\sigma}_1' \end{cases}$$

$$X=12,45m \begin{cases} \sigma_c = \left(\frac{149,45}{1,4064} + \frac{0-38,86}{42,192 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = -0,17 \text{ N/mm}^2 < \bar{\sigma}_1 \\ \sigma'_c = \left(\text{ " } - \text{ " } \cdot 0,300 \right) \cdot 10^{-3} = +0,38 \text{ " } < \bar{\sigma}'_1 \end{cases}$$

3.7 – T ELEMANLARDA B.A. DONATISI HESABI [3]

Malzeme : BS35 / S420 ($f_{ctd} = 1,45 \text{ N/mm}^2$, $f_{yd} = 365 \text{ N/mm}^2$, $\rho_{min} = 0,0015$)
S220 ($f_{yd} = 191 \text{ N/mm}^2$)

3.7.1 – Kayma Donatısı Hesabı

$$V_d = \max. V = 1,4 \cdot 46,25 = 64,75 \text{ kN}$$

Kesitin eğik çekme mukavemeti,

$$V_{cr} = 0,65 f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$$

(3.9)

Burada ;

f_{ctd} : Betonun çekme mukavemetinin hesap değeri,

b_w : Kiriş genişliği

d : Kiriş faydalı yüksekliği

s : Etriye aralığıdır.

$$(3.9) \text{ ile, } V_{cr} = 0,65 \cdot 0,145 \cdot 20 \cdot (60 - 4) = 105,56 \text{ kN} > V_d = 64,75 \text{ kN} \text{ min. etr.}$$

$$A_{smin} = 0,3 \cdot (f_{ctd} / f_{yd}) \cdot b_w \cdot s$$

(3.10)

$$(3.10) \text{ ile ve } \phi 8 \text{ için, } 2 \cdot 0,50 = 0,3 \cdot (0,145 / 19,1) \cdot 20 \cdot s \dots s = 22,0 \text{ cm}$$

Seçilen : Etr. $\phi 8 / 22$ (S220), $L = 150 \text{ cm}$

Boyuna donatı, $4 \phi 12$ montaj

Herbir Telemanda enleme kesitini $20/60 \text{ cm}$ seçelim. Enleme boyuna donatısı,

$$A_{smin} = \rho_{min} \cdot b_w \cdot d$$

(3.11)

$$(3.11) \text{ ile, } A_{smin} = 0,0015 \cdot 20 \cdot 56 = 1,68 \text{ cm}^2$$

Seçilen : $4 \phi 12$ ($4,52 \text{ cm}^2$) montaj ve min. etr. kullanılacaktır.

Seçilen : Etr. $\phi 8 / 22$, $L = 150 \text{ cm}$

3.7.2 – Tabla Donatısı Hesabı

Yük analizi,

$$\left. \begin{array}{l} \text{Tabla (zati + izolasyon) yükü} = 2,30 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Hareketli yük} = 1,50 \text{ " } \end{array} \right\} p = 1,4 \cdot 2,30 + 1,6 \cdot 1,50 = 5,62 \text{ kN/m}^2$$

T1 Elemanı ;

$$\begin{array}{|c|c|} \hline 12,66 \text{ m} & \\ \hline \end{array} \sim 0,70 \text{ m} \quad M_p = -5,62 \cdot 0,70^2 / 2 = -1,38 \text{ kNm/m} = -138,0 \text{ kNcm/m}$$

$$K = b_w d^2 / M_d \quad (3.12)$$

$$A_s = M_d / k_z d f_{yd} \quad (3.13)$$

$$(3.11) \text{ ile, } A_{smin} = 0,0015 \cdot 100 \cdot (8 - 1,5) = 0,98 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$(3.12) \text{ ile, } K = 100 \cdot 6,5^2 / 138,0 = 30,62 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_z = 0,981 \text{ (Çiz.10)}$$

$$(3.13) \text{ ile, } A_s = 138,0 / 0,981 \cdot 6,5 \cdot 36,5 = 0,59 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{smin}$$

Seçilen : R106 Beton çelik hasırı

T2 Elemanı ;

$$\begin{array}{c} 12,66\text{m} \\ \boxed{} \sim 0,90\text{m} \end{array} \quad M_p = -5,62 \cdot 0,90^2 / 2 = -2,276 \text{ kNm/m} = -227,6 \text{ kNcm/m}$$

(3.12) ile, $K = 100 \cdot 6,5^2 / 227,6 = 18,56 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_2 = 0,981$ (Çiz.10)

(3.13) ile, $A_s = 227,6 / 0,981 \cdot 6,5 \cdot 36,5 = 0,98 \text{ cm}^2/\text{m} = A_{s\text{min}}$

Seçilen : R106 Beton çelik hasırı

T3 Elemanı ;

$$\begin{array}{c} 12,66\text{m} \\ \boxed{} \sim 1,00\text{m} \end{array} \quad M_p = -5,62 \cdot 1,00^2 / 2 = -2,81 \text{ kNm/m} = -281,0 \text{ kNcm/m}$$

(3.12) ile, $K = 100 \cdot 6,5^2 / 281,0 = 15,04 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_2 = 0,981$ (Çiz.10)

(3.13) ile, $A_s = 281,0 / 0,981 \cdot 6,5 \cdot 36,5 = 1,21 \text{ cm}^2/\text{m}$

Seçilen : R131 Beton çelik hasırı

3.8 – T ELEMANLARDA ELASTOMER MESNET HESABI

Elastomer mesnet plakasında,

$$\sigma_{em} = 10 \text{ N/mm}^2 = 10^3 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta \leq 0,7 h$$

(3.14)

$$a \approx 10 \cdot h \quad \text{olmalıdır}$$

(3.15)

Elastomer mesnet alanı,

$$A_{elas.} \geq N_o / \sigma_{em}$$

(3.16)

$$N_o = \max. V = 42,68 \text{ kN}$$

(3.16) ile, $A_{elas.} = a \cdot b \geq 42,68 / 10^3 \dots \dots a = 0,20 \text{ m} = 20 \text{ cm}$

$$b = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

(3.15) ile, $20 = 10 \cdot h \dots \dots$

$$h = 2 \text{ cm}$$

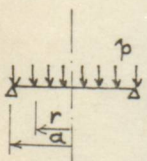
3.9 – MERKEZİ KOLON ÜZERİNİ ÖRTEN DAİRE PLAĞIN HESABI [4]

Radial doğrultudaki moment,

$$M_r = -D \left[\frac{(3+\nu)pr^2}{16D} + \frac{1+\nu}{2} C_1 - \frac{1-\nu}{r^2} \cdot C_2 \right] \quad (3.17)$$

Teğet doğrultudaki moment,

$$M_t = -D \left[\frac{(1+3\nu)pr^2}{16D} + \frac{1+\nu}{2} C_1 + \frac{1-\nu}{r^2} \cdot C_2 \right] \quad (3.18)$$



Sehim,

$$w = \frac{pr^4}{64D} + \frac{r^2}{4} C_1 + \log \frac{r}{a} C_2 + C_3 \quad (3.19)$$

$$\frac{dw}{dr} = \frac{pr^3}{16D} + \frac{r}{2} C_1 + \frac{1}{r} C_2 \quad (3.20)$$

Sınır şartlar,

$$\left. \frac{dw}{dr} \right|_{r=0} = 0 = \frac{p \cdot 0}{16D} + \frac{0}{2} \cdot C_1 + \frac{1}{0} \cdot C_2 \dots \dots C_2 = 0 \text{ olmalı.}$$

$$w \Big|_{r=a} = 0 = \frac{pa^4}{64D} + \frac{a^2}{4} C_1 + \log \frac{a}{a} \cdot 0 + C_3 \dots \dots C_3 = -\frac{2(3+\nu)}{1+\nu} \cdot \frac{pa^2}{16D} \quad (3.22)$$

$$M_r \Big|_{r=a} = 0 = \frac{(3+\nu)pa^2}{16D} + \frac{1+\nu}{2} C_1 - \frac{1-\nu}{a^2} \cdot 0 \dots \dots C_1 = +\frac{5+\nu}{1+\nu} \cdot \frac{pa^2}{64D} \quad (3.21)$$

(3.20), (3.17) ve (3.18) de yerine konur ve kısaltmalar yapılırsa,

$$M_r = \frac{(3+\nu)p}{16} (a^2 - r^2) \quad (3.17a)$$

$$M_t = \frac{p}{16} (a^2(3+\nu) - (1+3\nu)r^2) \quad (3.18a)$$

Plak yarıçapı, $r = 1,05$ m,

Poisson katsayısı, $\nu = 0,15$,

Plak yükü, $p = 5,62$ kN/m² ve

Plak kalınlığı, $h \geq 210/35 = 6$ cm ... $h = 8$ cm

(3.17a), (3.18a) ile ve $r=0$ için,

$$M_d = \max. M_r = \max. M_t = (3+0,15) \cdot 5,62 \cdot 1,05^2 / 16 = 1,22 \text{ kNm/m} = 122,0 \text{ kNcm/m}$$

(3.12) ile, $K = 100 \cdot 6,5^2 / 122,0 = 34,64 \text{ cm}^2/\text{kN}$... $k_2 = 0,979$ (Çiz.10)

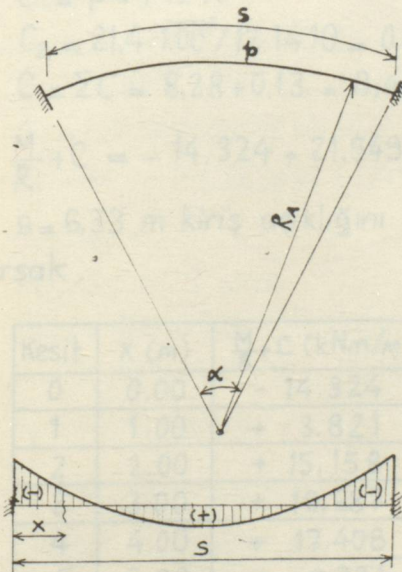
(3.13) ile, $A_s = 122,0 / 0,979 \cdot 6,5 \cdot 36,5 = 0,53 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{smin} = 0,98 \text{ cm}^2/\text{m}$

Seçilen : [R106(x) + R106(y)] Beton çelik hasırı

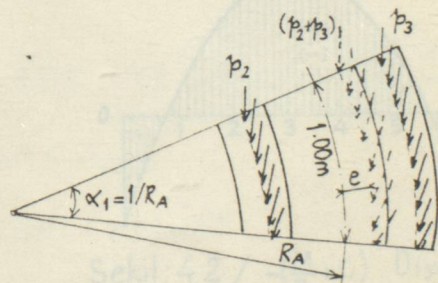
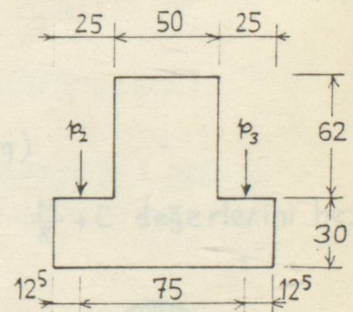
4 - DAİRESEL KİRİŞLERİN HESABI [5],[6]

Malzeme : BS30/S420 ($f_{cd} = 2,0$ kN/cm², $f_{ctd} = 0,125$ kN/cm², $f_{yd} = 36,5$ kN/cm²,
S220 ($f_{yd} = 19,1$ kN/cm²) $\rho_{min} = 0,0015$)

4.1 - BİRİNCİ DAİRESEL KİRİŞİN HESABI



Şekil ; 4.1



Bu kirişi 14 noktada kolonlar üzerine mafsallı olarak mesnetlendireceğiz . Ayrıca kirişi kolonlar arası eğri açıklıkta iki ucu ankastre kiriş gibi çözeceğiz (Şekil ; 4.1).

$$R_A = 14,10 \text{ m}$$

$$\alpha = 2\pi/14 = \pi/7 \text{ rad.}$$

$$S = 14,10 \cdot \pi/7 = 6,33 \text{ m}$$

Kiriş zati yükü,

$$p_1 = 1,4 \cdot (0,50 \cdot 0,92 + 2 \cdot 0,25 \cdot 0,30) \cdot 25 = 21,4 \text{ kN/m}$$

T1, T2 elemanlarından gelen zati yük,

$$p_2 = 1,4 \cdot (40,15/2,392) + 1,4 \cdot 0,20 \cdot 0,52 \cdot 25 = 27,2 \text{ kN/m}$$

$$p_3 = 1,4 \cdot (39,39/1,260) + 1,4 \cdot 0,20 \cdot 0,52 \cdot 25 = 47,4 \text{ kN/m}$$

$$p = \Sigma p = 21,4 + 27,2 + 47,4 = 96,0 \text{ kN/m}$$

Eğilme momenti ;

$$M_x = -ps^2/12 + p \cdot (s-x)x/2$$

(4.1)

$$(4.1) \text{ ile, } M_x = -96,0 \cdot 6,33^2/12 + 96,0(6,33-x) \cdot x/2 = -320,552 + 303,84x - 48,0x^2$$

$$(4.1) \text{ ile, } x=0 \text{ için, } M_x = M_{\text{mes.}} = -320,552 \text{ kNm/m} = -32055,2 \text{ kNcm/m}$$

$$x=6,33/2 \text{ için, } M_x = M_{\text{ağk.}} = +160,276 \text{ kNm/m} = +16027,6 \text{ kNcm/m}$$

Burulma momenti ;

Şekil ; 4.1 in analizinden,

$$P_2 = p_2(R_A - 0,375)\alpha_1 = 27,2 \cdot (14,10 - 0,375) \cdot 1/14,10 = 26,48 \text{ kN}$$

$$P_3 = p_3(R_A + 0,375)\alpha_1 = 47,4 \cdot (14,10 + 0,375) \cdot 1/14,10 = 48,66 \text{ kN}$$

$$P_2(0,375+e) = P_3(0,375-e) \text{ veya}$$

$$e = 0,375(P_3 - P_2)/P_3 + P_2 = 0,375(48,66 - 26,48)/(48,66 + 26,48) = 0,111 \text{ m}$$

T elemanların zati yükünden gelen burulma momenti,

$$C_1 = (27,2 + 47,4) \cdot 0,111 = 8,28 \text{ kNm/m}$$

Kiriş zati yükünden gelen burulma momenti,

$$C = p \cdot d^2/12 \cdot R$$

(4.2)

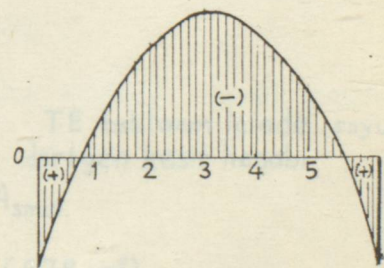
$$(4.2) \text{ ile, } C_2 = 21,4 \cdot 1,00^2/12 \cdot 14,10 = 0,13 \text{ kNm/m}$$

$$C = \Sigma C = 8,28 + 0,13 = 8,41 \text{ kNm/m}$$

$$\frac{M}{R} + C = -14,324 + 21,549x - 3,404x^2 (= -q)$$

$s=6,33 \text{ m}$ kiriş açıklığını 6 parçaya bölüp $\frac{M}{R} + C$ değerlerini hesap-larsak,

Kesit	x (m)	$\frac{M}{R} + C$ (kNm/m)
0	0,00	- 14,324
1	1,00	+ 3,821
2	2,00	+ 15,158
3	3,00	+ 19,687
4	4,00	+ 17,408
5	5,00	+ 8,321
6	6,33	- 14,324



Şekil ; 4.2 / $-(\frac{M}{R} + C)$ Diyagramı

Bu diyagram (Şekil ; 4.2) yük olarak alınıp aynı açıklıklı basit kiriş kes-me kuvveti ordinatları bulunursa, bu ordinatlar o kesitlerdeki burulma momentlerini verir.

Statikten, $\frac{dQ}{dx} = -q$ ve

$$m = Q = \int_0^x (-q) dx + K$$

(4.3)

Sistem ve yükleme simetrik olduğu için,

$x = s/2$ için $Q = 0$ olur. Buradan K integrasyon sabiti bulunur.

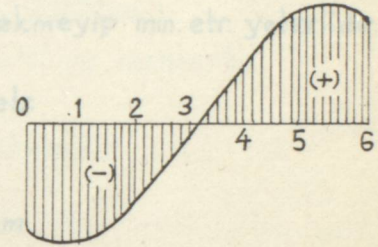
(4.3) ile, $m = \int_0^x (-14,324 + 21,549x - 3,404x^2) dx + K = [-14,324x + 10,775x^2 - 1,135x^3]_0^x + K$

$x = s/2 = 6,33/2 = 3,165$ m için $K = -26,616$ kNm/m bulunur.

$m = -26,616 + [-14,324x + 10,775x^2 - 1,135x^3]_0^x$

$s = 6,33$ m kiriş açıklığını 6 parçaya bölüp m değerlerini hesaplırsak,

Kesit	x (m)	m (kNm/m)
0	0.00	-26,616
1	1.00	-31,30
2	2.00	-21,244
3	3.00	-3,258
4	4.00	+15,848
5	5.00	+29,264
6	6.33	+26,616



Şekil 4.3— m Diyagramı

max. m için $\frac{dm}{dx} = 0 = -14,324 + 21,549x - 3,404x^2$

$x = 0,755 ; 5,575$ m

max $m = \mp 31,775$ kNm/m = 3177,5 kNcm/m

Eğilme donatısı :

Açıklıkta,

$M_d = 16027,6$ kNcm

(3.11) ile, $A_{smin} = 0,0015 \cdot 50 \cdot (92-5) = 6,53$ cm²

(3.12) ile, $K = 50 \cdot 87^2 / 16027,6 = 23,61$ cm²/kN ... $k_z = 0,979$ (Çiz.10)

(3.13) ile, $A_s = 16027,6 / 0,979 \cdot 87 \cdot 36,5 = 5,16$ cm² < A_{smin}

Seçilen : $3\phi 12 + 2\phi 14$ (6,41 cm²) $\left\{ \begin{array}{l} 3\phi 12 \text{ pliye } (2\phi 12 + 1\phi 12), L=1000 \text{ cm} \\ 2\phi 14 \text{ düz, } L=710 \text{ cm} \end{array} \right.$

Mesnette,

$M_d = 32055,2$ kNcm

(3.11) ile, $A_{smin} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 87 = 13,05$ cm²

(3.12) ile, $K = 100 \cdot 87^2 / 32055,2 = 23,61$ cm²/kN

$k_z = 0,979$ (Çiz.10) > $1 - \frac{h_f}{2d} = 1 - \frac{30}{2 \cdot 87} = 0,813$ T.E tablanın içinde, soyut dik-dörtgen kesit hesabı.

(3.13) ile, $A_s = 32055,2 / 0,979 \cdot 87 \cdot 36,5 = 10,31$ cm² < A_{smin} .

Mevcut, kesitin solunda $1\phi 12$ }
kesitin sağında $3\phi 12$ } 6 $\phi 12$ (6,78 cm²)
montaj $2\phi 12$ }

İlave, $13,05 - 6,78 = 6,27$ cm²

Seçilen : $3\phi 12 + 2\phi 14$ (6,47 cm²), $L = 405$ cm

Burulma donatısı ; [3]

$V_d = p \cdot s / 2 = 96,0 \cdot 6,33 / 2 = 303,84$ kN

$T_d = m = 3175,5$ kNcm

(3.9) ile, $V_{cr} = 0,65 \cdot 0,125 \cdot 50 \cdot 87 = 353,44$ kN

(4.1) ile, $x=0$ için, $M_x = X_{mes.} = -289,342 \text{ kNm/m} = -28934,2 \text{ kNcm/m}$

$x=6,13/2$ için, $M_x = M_{açık.} = +144,671 \text{ kNm/m} = +14467,1 \text{ kNcm/m}$

Burulma momenti ;

Şekil ; 4,1 in analizinden,

$$P_2 = 30,2 \cdot (27,30 - 0,375) \cdot 1/27,30 = 29,79 \text{ kN}$$

$$P_3 = 40,8 \cdot (27,30 + 0,375) \cdot 1/27,30 = 41,36 \text{ kN}$$

$$e = 0,375 \cdot (41,36 - 29,79) / (41,36 + 29,79) = 0,061 \text{ m}$$

T elemanların zati yükünden gelen burulma momenti,

$$C_1 = (30,2 + 40,8) \cdot 0,061 = 4,39 \text{ kNm/m}$$

Kiriş zati yükünden gelen burulma momenti,

(4.2) ile, $C_2 = 21,4 \cdot 1,00^2 / 12 \cdot 27,30 = 0,07 \text{ kNm/m}$

$$C = 4,39 + 0,07 = 4,46 \text{ kNm/m}$$

$$\frac{M}{R} + C = -6,139 + 9,666x - 1,56x^2 \quad (= -q)$$

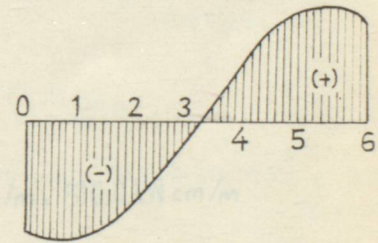
(4.3) ile, $m = \int_0^x (-6,139 + 9,666x - 1,56x^2) dx + K = [-6,139x + 4,833x^2 - 0,52x^3]_0^x + K$

$$x = s/2 = 6,13/2 = 3,065 \text{ m için } K = -11,614 \text{ kNm/m}$$

$$m = -11,614 + [-6,139x + 4,833x^2 - 0,52x^3]_0^x$$

$s = 6,13 \text{ m}$ kiriş açıklığını 6 parçaya bölüp m değerlerini hesaplırsak,

Kesit	$x \text{ (m)}$	$m \text{ (kNm/m)}$
0	0,00	-11,614
1	1,00	-13,44
2	2,00	-8,72
3	3,00	-0,574
4	4,00	+7,878
5	5,00	+13,516
6	6,13	+11,614



Şekil ; 4.4 - m Diyagramı

$$\max. m \text{ için } \frac{dm}{dx} = 0 = -6,139 + 9,666x - 1,56x^2$$

$$x = 0,718 ; 5,477 \text{ m}$$

$$\max. m = \mp 14,307 \text{ kNm/m} = \mp 1430,7 \text{ kNcm/m}$$

Eğilme donatısı ;

Açıklıkta,

$$M_d = 14467,1 \text{ kNcm}$$

(3.11) ile, $A_{smin} = 0,0015 \cdot 50 \cdot (92 \cdot 5) = 6,53 \text{ cm}^2$

(3.12) ile, $K = 50 \cdot 87^2 / 14467,1 = 26,16 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_2 = 0,979$ (Çiz.10)

(3.13) ile, $A_s = 14467,1 / 0,979 \cdot 87 \cdot 36,5 = 4,65 \text{ cm}^2 < A_{smin}$

Seçilen : $3\phi 12 + 2\phi 14$ ($6,41 \text{ cm}^2$) $\left\{ \begin{array}{l} 3\phi 12 \text{ pliye } (2\phi 12, 1\phi 12), L = 960 \text{ cm} \\ 2\phi 14 \text{ düz}, L = 690 \text{ cm} \end{array} \right.$

Mesnette,

$$M_d = 28934,2 \text{ kNcm}$$

$$(3,11) \text{ ile, } A_{smin} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 87 = 13,05 \text{ cm}^2$$

$$(3,12) \text{ ile, } K = 100 \cdot 87^2 / 28934,2 = 26,16 \text{ cm}^2/\text{kN}$$

$$k_z = 0,979 \text{ (Çiz.10)} > 1 - \frac{h_f}{2d} = 0,813 \text{ T.E. tablonun içinde soyut dikdörtgen ke-}$$

sit hesabı.

$$(3,13) \text{ ile, } A_s = 28934,2 / 0,979 \cdot 87 \cdot 36,5 = 9,31 \text{ cm}^2 < A_{smin}$$

$$\text{Mevcut, kesitin solunda } 1\phi 12 \left. \begin{array}{l} \text{kesitin sağında } 3\phi 12 \\ \text{montaj } 2\phi 12 \end{array} \right\} 6\phi 12 (6,78 \text{ cm}^2)$$

$$\text{ilave, } 13,05 - 6,78 = 6,27 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen: } 3\phi 12 + 2\phi 14 (6,47 \text{ cm}^2), L = 345 \text{ cm}$$

Burulma donatısı;

$$V_d = p \cdot s / 2 = 92,4 \cdot 6,13 / 2 = 283,21 \text{ kN}$$

$$T_d = m = 1430,7 \text{ kNcm}$$

$$(3,9) \text{ ile, } V_{cr} = 0,65 \cdot 0,125 \cdot 50 \cdot 87 = 353,44 \text{ kN}$$

$$(4,4), (4,5) \text{ ile, } T_{cr} = 1,35 \cdot 0,125 \cdot (50^2 \cdot 62 + 30^2 \cdot 100) / 3 = 13781,0 \text{ kNcm}$$

$$(4,6) \text{ ile, } \left(\frac{283,21}{353,44} \right)^2 + \left(\frac{1430,7}{13781,0} \right)^2 = 0,653 < 1 \text{ min. etr.}$$

(3,10) ile ve $\phi 8$ için,

$$\text{Seçilen: Kap. Etr. } \phi 8/15, L = 360 \text{ cm}$$

Gövde donatısı;

$$13,05 \cdot \%7 = 0,91 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen: } 2\phi 12 (2,26 \text{ cm}^2), L = 690 \text{ cm}$$

Ampartman donatısı;

$$M_1 = 30,2 \cdot 0,125 = 3,775 \text{ kNm/m} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} M_d = 5,1 \text{ kNm/m} = 510,0 \text{ kNcm/m}$$

$$M_2 = 40,8 \cdot 0,125 = 5,1 \text{ kNm/m}$$

$$(3,11) \text{ ile, } A_{smin} = 0,0015 \cdot 100 \cdot (30 - 2,5) = 4,13 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$(3,12) \text{ ile, } K = 100 \cdot 27,5^2 / 510,0 = 148,28 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_z = 0,979 \text{ (Çiz.10)}$$

$$(3,13) \text{ ile, } A_s = 510,0 / 0,979 \cdot 27,5 \cdot 36,5 = 0,52 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{smin}$$

$$\text{Seçilen: } \phi 12/27 (4,19 \text{ cm}^2/\text{m}), L = 165 \text{ cm}$$

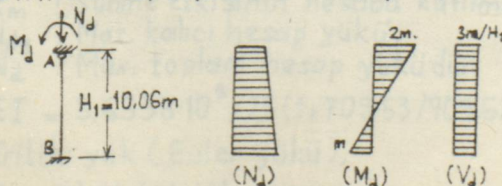
Tevzî donatısı;

$$\frac{0,0025}{0,0015} \cdot 4,19 \cdot \%20 = 1,40 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Seçilen: } \phi 8/25 (2,01 \text{ cm}^2/\text{m})$$

5 _ KOLON HESAPLARI [3]

5.1 _ BİRİNCİ DAİRESEL KİRİŞ KOLONU HESABI



Şekil; 5.1 - Kolon N_d, M_d, V_d diyagramları

Kiriş zati yükü,

$$P_1 = p_1 \cdot s = 21,4 \cdot 6,33 = 135,46 \text{ kN}$$

T1, T2 elemanlarından gelen zati yük,

$$P_2 = p_2 (R_A - 0,375) \cdot \alpha = 27,2 (14,10 - 0,375) \cdot \pi / 7 = 167,55 \text{ kN}$$

$$P_3 = p_3 (R_A + 0,375) \cdot \alpha = 47,4 (14,10 + 0,375) \cdot \pi / 7 = 307,93 \text{ kN}$$

Kolon ebadını $b/h = 40/70 \text{ cm}$ seçelim. Kolon zati yükü,

$$G = 1,4 \cdot 0,40 \cdot 0,70 \cdot 10,06 \cdot 25 = 98,59 \text{ kN}$$

5.1.1 — Kolon Uzun Kenarı Doğrultusunda Hesap

$$N_d = 135,46 + 167,55 + 307,93 + 98,59 = 709,53 \text{ kN}$$

$$M_d = 2 \cdot m = 2 \cdot 26,616 = 53,232 \text{ kNm} = 5323,2 \text{ kNcm}$$

$$V_d = 3 \cdot m / H_1 = 3 \cdot 26,616 / 10,06 = 7,94 \text{ kN}$$

Yanal deplasman durumu,

$$H \cdot \sqrt{\Sigma N_d / \Sigma E_c I_c} \leq 0,2 - 0,1 \cdot h \quad \text{ için yanal deplasman önlenmiştir. Burada, (5.1)}$$

H : Temel üst kotundan ölçülen yapı yüksekliği,

ΣN_d : Yapıdaki düşey hesap yükleri toplamı,

$\Sigma E_c I_c$: Yapıdaki düşey elemanların eğilme rijitlikleri toplamı,

n : Yapıdaki kat adedidir.

$$I_c = 40 \cdot 70^3 / 12 = 1,14333 \cdot 10^6 \text{ cm}^4$$

$$E_c I_c = 3180 \cdot 1,14333 \cdot 10^6 = 3,6358 \cdot 10^9 \text{ kNcm}^2$$

$$(5.1) \text{ ile, } 11,00 \cdot 10^2 \cdot \sqrt{709,53 / 3,6358 \cdot 10^9} = 0,49 > 0,2 - 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ yanal deplasman önlenmemiş.}$$

Düğüm noktası bağıl rijitlik parametresi,

$$\alpha = \frac{\Sigma (I/L)_{\text{kolon}}}{\Sigma (I/L)_{\text{girij}}} \approx \frac{\Sigma (I/L)_{\text{kolon}}}{0,5 \cdot \Sigma (I/L)_{\text{girij}}} \quad (5.2)$$

$$(5.2) \text{ ile, } \left. \begin{array}{l} A \text{ ucunda (kiriş olmadığı için)} \quad \alpha_A = \infty \\ B \text{ ucunda (ankastre uç)} \quad \alpha_B = 0 \end{array} \right\} k = 2 \text{ (Nomoğram 4.1)}$$

Kolon çalışma şekli,

$$k \cdot L/h \leq 6,6 \quad \text{ için kısa kolon} \quad (5.3)$$

< 30 için moment büyültme yöntemi uygulanabilir. Burada,

k : Kolon etkili boy katsayısı,

L : Kolon boyu,

h : Hesap doğrultusundaki kolon kenarıdır.

$$(5.3) \text{ ile, } k \cdot L/h = 2 \cdot 10,06 / 0,70 = 28,74 > 6,6 \text{ narin kolon}$$

< 30

Etkili eğilme rijitliği,

$$EI = E_c I_c / 2,5 (1 + R_m) \quad (5.4)$$

$$R_m = N_{dg} / N_d \quad (5.4a)$$

Burada,

R_m : Sünme etkisinin hesaba katılmasını sağlayan katsayı,

N_{dg} : Max. kolici hesap yükü,

N_d : Max. toplam hesap yüküdür.

$$(5.4) \text{ ile, } EI = 3,6358 \cdot 10^9 / 2,5 (1 + 709,53 / 709,53) = 7,2716 \cdot 10^8 \text{ kNcm}^2$$

Kritik yük (Euler yükü),

$$N_k = \pi^2 EI / (k \cdot L)^2 \quad (5.5)$$

(5.5) ile, $N_k = \pi^2 \cdot 7,2716 \cdot 10^8 / (2 \cdot 1006)^2 = 1772,86 \text{ kN}$

Moment büyültme katsayısı,

$$\beta = C_m / (1 - N_d / N_k)$$

$$C_m = 1,0 \text{ (katsayı)}$$

(5.6)

(5.6) ile, $\beta = 1,0 / (1 - 709,53 / 1772,86) = 1,67$

Büyütülmüş moment,

$$M_d = \beta \cdot M$$

(5.7)

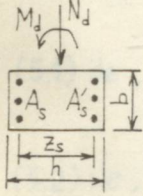
(5.7) ile, $M_d = 1,67 \cdot 5323,2 = 8889,7 \text{ kNcm}$

Eğilme donatısı ;

$$e = M_d / N_d = 8889,7 / 709,53 = 12,5 \text{ cm}$$

$$e/h = 12,5 / 70 = 0,18$$

$$z_s/h = (70 - 2,5) / 70 = 0,86 \approx 0,90$$



$$\left. \begin{aligned} N_d / b h f_{cd} &= 709,53 / 40 \cdot 70 \cdot 2,0 = 0,13 \\ M_d / b h^2 f_{cd} &= 8889,7 / 40 \cdot 70^2 \cdot 2,0 = 0,02 \end{aligned} \right\} \omega < 0,05 \dots \rho = \rho_{\min} = 0,005 \text{ (Abak 4.4)}$$

$$\omega_{\min} = \rho_{\min} f_{yd} / f_{cd}$$

(5.8)

(5.8) ile, $\omega_{\min} = 0,005 \cdot 36,5 / 2,0 = 0,09$

$$e/h = 0,18 \left. \begin{aligned} \omega &= 0,09 \end{aligned} \right\} \alpha = 0,725$$

$$\omega = 0,09 \text{ (Abak 4.4)}$$

$$(bh)_{\text{gerekli}} = N_d / \alpha \cdot f_{cd}$$

(5.9)

(5.9) ile, $(bh)_{\text{ger.}} = 709,53 / 0,725 \cdot 2,0 = 489 \text{ cm}^2 < bh/2 = 1400 \text{ cm}^2$

$$A_s = A_s' = \rho_{\min} (bh/2)$$

(5.10)

(5.10) ile, $A_s = A_s' = 0,005 \cdot 1400 = 7,0 \text{ cm}^2$

Seçilen: $2\phi 14 + 2\phi 16 (7,10 \text{ cm}^2)$, $L = 1025 \text{ cm}$

Kayma donatısı ;

$$V_d = 7,94 \text{ kN}$$

(3.9) ile, $V_{cr} = 0,65 \cdot 0,125 \cdot 40 \cdot (70 - 5) = 211,25 \text{ kN} \gg V_d \text{ min. etr.}$

(3.10) ile ve $\phi 8$ için,

$$2 \cdot 0,50 = 0,3 \cdot (0,125 / 19,1) \cdot 40 \cdot s \dots s = 12,7 \text{ cm}$$

$$\text{Seçilen: Etr. } \phi 8 / 15, L = 210 \text{ cm}$$

5.1.2 — Kolon Kısa Kenarı Doğrultusunda Hesap

$$N_d = 709,53 \text{ kN}$$

$$M_d = 0$$

Eğilme donatısı tahkiki ;

$$A_s = A_s' = 2\phi 14 + 2\phi 16 = 7,10 \text{ cm}^2$$

Etriyeli kolon eksenel yük taşıma gücü,

$$N_o = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot A_c + f_{yd} \cdot A_{st}$$

(5.11)

(5.11) ile, $N_o = 0,85 \cdot 2,0 \cdot (40 \cdot 70) + 36,5 \cdot (2 \cdot 7,10) = 5278,30 \text{ kN} > N_d \text{ mevcut donatı yeterlidir.}$

5.2 — İKİNCİ DAİRESEL KİRİŞ KOLONU HESABI

Kiriş zati yükü,

$$P_1 = 21,4 \cdot 6,13 = 131,18 \text{ kN}$$

T2,T3 elemanlarından gelen zati yük,

$$P_2 = 30,2 \cdot (27,30 - 0,375) \cdot \pi/14 = 182,47 \text{ kN}$$

$$P_3 = 40,8 \cdot (27,30 + 0,375) \cdot \pi/14 = 253,38 \text{ kN}$$

Kolon ebadını $b/h = 40/70 \text{ cm}$ seçelim. Kolon zati yükü,

$$G = 98,59 \text{ kN}$$

5.2.1 – Kolon Uzun Kenarı Doğrultusunda Hesap

$$N_d = 131,18 + 182,47 + 253,38 + 98,59 = 665,62 \text{ kN}$$

$$M_d = 2 \cdot 11,614 = 23,228 \text{ kNm} = 2322,8 \text{ kNcm}$$

$$V_d = 3 \cdot 11,614 / 10,06 = 2,31 \text{ kN}$$

Deplasman durumu

$$(5.1) \text{ ile } 11,00 \cdot 10^2 \cdot \sqrt{665,62 / 3,6358 \cdot 10^9} = 0,47 > 0,2 - 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ yanıl deplasman önlen -}$$

memiş.

Düğüm noktası bağıl rijitlik parametresi,

$$(5.2) \text{ ile } \left. \begin{array}{l} A \text{ ucunda (kiriş olmadığı için)} \quad \alpha_A = \infty \\ B \text{ ucunda (ankastre uç)} \quad \alpha_B = 0 \end{array} \right\} k = 2 \text{ (Nomoğram 4.1)}$$

Kolon çalışma şekli,

$$(5.3) \text{ ile } k \cdot L/h = 2 \cdot 10,06 / 0,70 = 28,74 > \frac{6,6}{30} \text{ narin kolon}$$

Etkili eğilme rijitliği,

$$(5.4) \text{ ile } EI = 3,6358 \cdot 10^9 / 2,5(1 + 665,62 / 1772,86) = 7,2716 \cdot 10^8 \text{ kNcm}^2$$

Kritik yük,

$$(5.5) \text{ ile } N_k = 1772,86 \text{ kN}$$

Moment büyültme katsayısı,

$$(5.6) \text{ ile } \beta = 1,0 / (1 - 665,62 / 1772,86) = 1,60$$

Büyütölmüş moment,

$$(5.7) \text{ ile } M_d = 1,60 \cdot 2322,8 = 3716,5 \text{ kNcm}$$

Eğilme donatısı ;

$$e = 3716,5 / 665,62 = 5,6 \text{ cm}$$

$$e/h = 5,6 / 70 = 0,08$$

$$z_s/h = 0,86 \approx 0,90$$

$$N_d / bh f_{cd} = 665,62 / 40 \cdot 70 \cdot 2,0 = 0,12 \quad \left. \begin{array}{l} \omega < 0,05 \\ (Abak 4.4) \end{array} \right\}$$

$$M_d / bh^2 f_{cd} = 3716,5 / 40 \cdot 70^2 \cdot 2,0 = 0,01$$

$$\rho = \rho_{min} = 0,005 \quad \omega_{min} = 0,09$$

$$e/h = 0,08 \quad \left. \begin{array}{l} \alpha = 0,86 \\ (Abak 4.4) \end{array} \right\}$$

$$\omega = 0,09$$

$$(5.9) \text{ ile } (bh)_{ger.} = 665,62 / 0,86 \cdot 2,0 = 387 \text{ cm}^2 < bh/2 = 1400 \text{ cm}^2$$

$$(5.10) \text{ ile } A_s = A'_s = 0,005 \cdot 1400 = 7,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen : } 2\phi 14 + 2\phi 16 (7,10 \text{ cm}^2), L = 1025 \text{ cm}$$

Kayma donatısı ;

$$V_d = 2,31 \text{ kN} \ll V_{cr} = 211,25 \text{ kN} \text{ min. etr.}$$

$$\text{Seçilen : Etr. } \phi 8/15, L = 210 \text{ cm}$$

5.2.2 – Kolon Kısa Kenarı Doğrultusunda Hesap

$$N_d = 665,62 \text{ kN}$$

$$M_d = 0$$

Eğilme donatısı tahkiki ;

$$A_s = A'_s = 2 \cdot 14 + 2 \cdot 16 = 7,10 \text{ cm}^2$$

(5,11) ile, $N_o = 0,85 \cdot 2,0 \cdot (40 \cdot 70) + 36,5 \cdot (2 \cdot 7,10) = 5278,30 \text{ kN} > N_d$ mevcut donatı yeterlidir.

5.3 – DIŞ DUVARIN HESABI

5.3.1 – Kesit Tesirlerinin Hesabı [7]

$$h^2/e \cdot d = 10,00^2 / 0,50 \cdot 80,50 = 2,5 \geq 0,16 \text{ az yüksek depo.}$$

Su basıncından z derinliğinde dairesel halkada meydana gelen çekme kuvveti (Tablo; 22),

$$S = 1 \text{ t/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$S \cdot h \cdot r = 10 \cdot 10,00 \cdot 40,25 = 4025 \text{ kN/m}$$

$$f_A = \text{Katsayı} \times S \cdot h \text{ kN/m}$$

z/h	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
f_A	561,5	883,5	1211,5	1605,4	1730,8	1891,8	1887,7	1706,6	1309,1	726,5

$$\max. f_A = 1891,8 \text{ kN/m}$$

Su basıncından z derinliğinde meydana gelen moment (Tablo; 29),

$$S \cdot h^3 = 10 \cdot 10,00^3 = 10^4 \text{ kNm/m}$$

$$M = \text{Katsayı} \times S \cdot h^3 \text{ kNm/m}$$

z/h	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
M	6,5	25,5	56,5	88,5	125,0	163,0	185,5	179,0	128,0	0,0

$$\max. M = 185,5 \text{ kNm/m} = 18550,0 \text{ kNcm/m}$$

Su basıncından cidar tabanında meydana gelen kesme kuvveti (Tablo; 32),

$$S \cdot h^2 = 10 \cdot 10,00^2 = 10^3 \text{ kN/m}$$

$$T = \text{Katsayı} \times S \cdot h^2 = 173,5 \text{ kN/m}$$

5.3.2 – Donatı Hesabı

Duvar yüksekliği,

$$h = 11,00 - (0,60 + 0,02) = 10,38 \text{ m}$$

Duvar zati yükü,

$$p_1 = 1,4 \cdot 0,50 \cdot 10,38 \cdot 25 = 181,7 \text{ kN/m}$$

$$T3 \text{ elemanından gelen zati yük,}$$

$$p_2 = 1,4 \cdot (46,25 / 2,344) + 1,4 \cdot 0,20 \cdot 0,52 \cdot 25 = 31,3 \text{ kN/m}$$

Korkuluk bordür betonundan gelen zati yük,

$$p_3 = 1,4 \cdot 0,25 \cdot 0,62 \cdot 25 = 5,4 \text{ kN/m}$$

$$p = 181,7 + 31,3 + 5,4 = 218,4 \text{ kN/m}$$

Duvar zati yükünün eksantrik etkimesinden gelen moment,

$$(4,2) \text{ ile, } M_1 = 181,7 \cdot 0,50^2 / 12 \cdot 40,25 = 0,094 \text{ kNm/m}$$

Bordür betonu zati yükünün eksantrik etkimesinden gelen moment,
(4.2) ile, $M_2 = 5,4 \cdot 0,25^2 / 12 \cdot 40,375 = 0,001 \text{ kNm/m}$

T3 elemanının zati yükünden gelen momen,

$$M_3 = 31,3 \cdot 0,125 = 3,913 \text{ kNm/m}$$

Düşey eğilme donatısı;

$$N_d = 218,4 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 3,913 - 0,094 - 0,001 = 3,818 \text{ kNm/m} = 381,8 \text{ kNcm/m}$$

$$V_d = 1,4 \cdot 173,5 = 242,9 \text{ kN/m}$$

$$e = 381,8 / 218,4 = 1,75 \text{ cm}$$

$$e/h = 1,75 / 50 = 0,04$$

$$z_s/h = (50 - 2,5) / 50 = 0,80$$

$$N_d / bh f_{cd} = 218,4 / 100 \cdot 50 \cdot 2,0 = 0,02 \quad \left. \begin{array}{l} \omega < 0,05 \dots \dots p = p_{\min} = 0,002 \\ (Abak 4.3) \end{array} \right\}$$

$$M_d / bh^2 f_{cd} = 381,8 / 100 \cdot 50^2 \cdot 2,0 = 0$$

(5.8) ile, $\omega_{\min} = 0,002 \cdot 36,5 / 2,0 = 0,04 \approx 0,05$

$$\left. \begin{array}{l} e/h = 0,04 \\ \omega = 0,05 \end{array} \right\} \alpha = 0,92 \quad (Abak 4.3)$$

(5.9) ile, $(bh)_{\text{ger.}} = 218,4 / 0,82 \cdot 2,0 = 133 \text{ cm}^2/\text{m} < bh/2 = 2500 \text{ cm}^2/\text{m}$

(5.10) ile, $A_s = A_s' = 0,002 \cdot 2500 = 5,0 \text{ cm}^2/\text{m}$

Seçilen : $\phi 12 / 22$ (5,13 cm^2/m)

Yatay eğilme donatısı ;

$$N_d = 1891,8 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 18550,0 \text{ kNcm/m}$$

$$e = 18550,0 / 1891,8 = 9,8 \text{ cm}$$

$$e/h = 9,8 / 50 = 0,20$$

$$z_s/h = 0,80$$

$$N_d / bh f_{cd} = 1891,8 / 100 \cdot 50 \cdot 2,0 = 0,19 \quad \left. \begin{array}{l} \omega < 0,05 \dots \dots p = p_{\min} = 0,0025 \\ (Abak 4.3) \end{array} \right\}$$

$$M_d / bh^2 f_{cd} = 18550,0 / 100 \cdot 50^2 \cdot 2,0 = 0,04$$

(5.8) ile, $\omega_{\min} = 0,0025 \cdot 36,5 / 2,0 = 0,05$

$$\left. \begin{array}{l} e/h = 0,20 \\ \omega = 0,05 \end{array} \right\} \alpha = 0,6 \quad (Abak 4.3)$$

(5.9) ile, $(bh)_{\text{ger.}} = 1891,8 / 0,6 \cdot 2,0 = 1577 \text{ cm}^2/\text{m} < bh/2 = 2500 \text{ cm}^2/\text{m}$

(5.10) ile, $A_s = A_s' = 0,0025 \cdot 2500 = 6,25 \text{ cm}^2/\text{m}$

Seçilen : $\phi 12 / 18$ (6,28 cm^2/m)

Duvar kalınlığının tahkiki ;

(3.9) ile, $V_{cr} = 0,65 \cdot 0,125 \cdot 100 \cdot (50 - 5) = 365,63 \text{ kN/m} > V_d = 242,9 \text{ kN/m}$ duvar kalınlığı yeterlidir.

5.3.3 — Elastomer Mesnet Hesabı

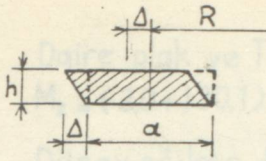
Şekil ; 5.2 nin analizinden,

$$\zeta + \Delta \zeta = 2\pi(R + \Delta) = 2\pi R + 2\pi \Delta \quad \text{ve}$$

$$\Delta \zeta = 2\pi \Delta \leq 1,4 \cdot \pi \cdot h$$

Mukavemetten, (σ_c : Su basıncından gelen beton gerilmesi)

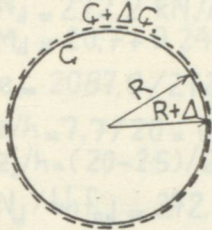
$$\Delta \zeta = \varepsilon \cdot \zeta = \frac{\sigma_c}{E_c} \cdot \zeta = \frac{\sigma_c}{E_c} \cdot 2\pi \cdot R \quad \text{ve}$$



Elastomer kalınlığı,
 $h \geq 1429 \cdot \frac{\sigma_c}{E_c} \cdot R$

(5.12)

(5.12) ile, $h \geq 1,429 \cdot \frac{(9,098-1)}{31800} \cdot 40,25 \cdot 10^2 = 1,46 \text{ cm} \dots h = 2,0 \text{ cm}$



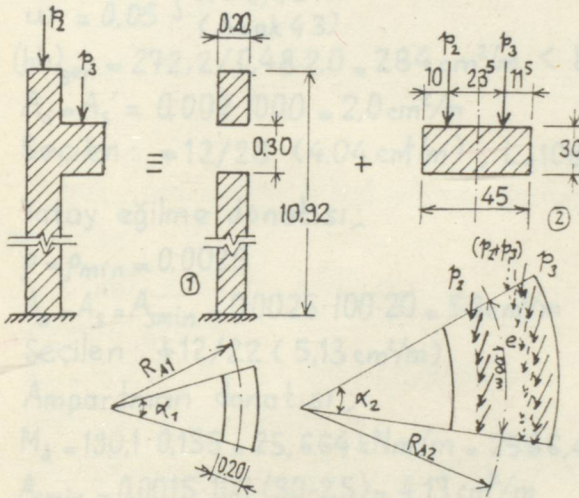
Elastomer mesnet alanı,

(3.16) ile, $A_{\text{elas.}} = a \cdot 1,00 \geq (218,4/1,4)/10^3 = 0,156 \text{ m} \dots a \geq 15,6 \text{ cm}$

(3.15) ile, $a \approx 10 \cdot 2,0 = 20 \text{ cm} \dots a = 20 \text{ cm}$

Şekil; 5.2

5.4 – MERKEZİ KOLON HESABI



Şekil; 5.3

Kolon zati yükü,

$$\begin{aligned} p_{11} &= 1,4 (0,20 \cdot 10,62 \cdot 25) = 74,4 \text{ kN/m} \\ p_{12} &= 1,4 (0,30 \cdot 0,45 \cdot 25) = 4,7 \text{ kN/m} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} p_{11} \\ p_{12} \end{aligned}} \right\} p_1 = 79,1 \text{ kN/m}$$

Daire plakton gelen zati yük,

$$p_2 = p \cdot R/2 = 5,62 \cdot 1,05/2 = 3,0 \text{ kN/m}$$

T1 elemanından gelen zati yük,

$$p_3 = 1,4 \cdot (29,60/0,218) = 190,1 \text{ kN/m}$$

$$p = 79,1 + 3,0 + 190,1 = 272,2 \text{ kN/m}$$

$$R_{A1} = 1,05 \text{ m}, \quad R_{A2} = 1,175 \text{ m}$$

$$P_2 = p_2 (R_{A2} - 0,125) \alpha_2 = 3,0 \cdot (1,175 - 0,125) \cdot 1/1,175 = 2,7 \text{ kN}$$

$$P_3 = p_3 (R_{A2} + 0,110) \alpha_2 = 190,1 \cdot (1,175 + 0,110) \cdot 1/1,175 = 207,9 \text{ kN}$$

$$P_2 (0,125 + e) = P_3 (0,110 - e) \text{ veya}$$

$$e = (0,110 \cdot P_3 - 0,125 \cdot P_2) / (P_3 + P_2) = (0,110 \cdot 207,9 - 0,125 \cdot 2,7) / (207,9 + 2,7) = 0,107 \text{ m}$$

Kolon zati yükünün eksantrik etkimesinden gelen moment,

$$\begin{aligned} (4.2) \text{ ile, } M_{11} &= 74,4 \cdot 0,20^2 / 12 \cdot 1,05 = 0,24 \text{ kNm/m} \\ M_{12} &= 4,7 \cdot 0,45^2 / 12 \cdot 1,175 = 0,07 \text{ kNm/m} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} M_{11} \\ M_{12} \end{aligned}} \right\} M_1 = 0,31 \text{ kNm/m}$$

Daire plak ve Telemanından gelen moment,

$$M_z = (3,0 + 190,1) \cdot 0,107 = 20,7 \text{ kNm/m}$$

Düşey eğilme donatısı;

$$N_d = 272,2 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 20,7 + 0,24 - 0,07 = 20,87 \text{ kNm/m} = 2087,0 \text{ kNcm/m}$$

$$e = 2087,0 / 272,2 = 7,7 \text{ cm}$$

$$e/h = 7,7 / 20 = 0,38$$

$$z_s/h = (20 - 2,5) / 20 = 0,50 \approx 0,80$$

$$N_d / bh f_{cd} = 272,2 / 100 \cdot 20 \cdot 2,0 = 0,07 \quad \left. \begin{array}{l} \omega < 0,05 \\ (Abak 4.3) \end{array} \right\}$$

$$M_d / bh^2 f_{cd} = 2087,0 / 100 \cdot 20^2 \cdot 2,0 = 0,03$$

$$\rho = \rho_{min} = 0,002 \quad \dots \quad \omega_{min} = 0,05$$

$$e/h = 0,38 \quad \left. \begin{array}{l} \alpha = 0,48 \\ \omega = 0,05 \end{array} \right\} \quad (Abak 4.3)$$

$$(5.9) \text{ ile, } (bh)_{ger.} = 272,2 / 0,48 \cdot 2,0 = 284 \text{ cm}^2/\text{m} < bh/2 = 1000 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$(5.10) \text{ ile, } A_s = A_s' = 0,002 \cdot 1000 = 2,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Seçilen: } \phi 12/28 \text{ (4,04 cm}^2/\text{m)}, L = 1080 \text{ cm}$$

Yatay eğilme donatısı;

$$\rho = \rho_{min} = 0,0025$$

$$(3.11) \text{ ile, } A_s = A_s' = A_{s,min} = 0,0025 \cdot 100 \cdot 20 = 5,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Seçilen: } \phi 12/22 \text{ (5,13 cm}^2/\text{m)}$$

Ampartman donatısı;

$$M_d = 190,1 \cdot 0,135 = 25,664 \text{ kNm/m} = 2566,4 \text{ kNcm/m}$$

$$(3.11) \text{ ile, } A_{s,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot (30 - 2,5) = 4,13 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$(3.12) \text{ ile, } K = 100 \cdot 27,5^2 / 2566,4 = 29,47 \text{ cm}^2/\text{kN} \quad \dots \quad k_z = 0,979 \text{ (Çiz.10)}$$

$$(3.13) \text{ ile, } A_s = 2566,4 / 0,979 \cdot 27,5 \cdot 36,5 = 2,61 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s,min}$$

$$\text{Seçilen: } \phi 12/27 \text{ (4,19 cm}^2/\text{m)}, L = 130 \text{ cm} ; \phi 8/25 \text{ (2,01 cm}^2/\text{m)} \text{ (tevzi)}$$

6 - TEMEL HESAPLARI

$$\text{Malzeme: BS25/S420 (} f_{cd} = 1,7 \text{ kN/cm}^2, f_{ctd} = 0,115 \text{ kN/cm}^2, f_{yd} = 36,5 \text{ kN/cm}^2, \rho_{min} = 0,0015)$$

$$\sigma_{zem} \leq 2,0 \text{ kg/cm}^2 = 200 \text{ kN/m}^2$$

6.1 - DIŞ DUVAR TEMELİ

$$N_d = 218,4 \text{ kN/m}$$

$$N_o = 218,4 / 1,4 = 156,0 \text{ kN/m}$$

Temel ebadı;

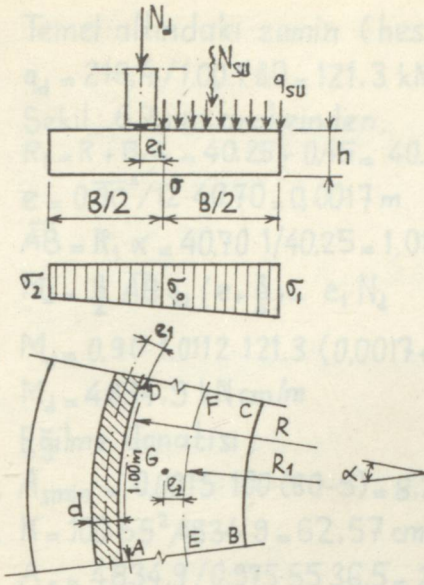
Temel yüksekliğini $h = 60 \text{ cm}$ alalım. Temel ağırlığından gelen gerilme,

$$\sigma_g = 0,60 \cdot 25 = 15 \text{ kN/m}^2$$

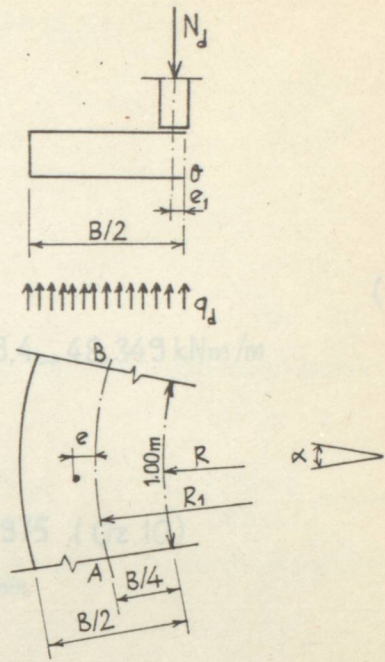
Temel alanı,

$$A_t \geq N_o / \sigma_{net} = N_o / \sigma_{zem} - \sum \sigma \quad (6.1)$$

$$(6.1) \text{ ile, } A_t = B \cdot 1,00 \geq 156,0 / 200 - 15 = 0,84 \quad \dots \quad B \geq 0,84 \text{ m} \quad \dots \quad B = 1,80 \text{ m alalım.}$$



Şekil : 6.1



Şekil : 6.2

N_o yükünden dolayı temel altında üniform gerilme için temele verilecek eksantrisite,

$$(4.2) \text{ ile, } e_1 = \sqrt{1.80^2 / 12} = 0.007 \text{ m}$$

Üniform gerilme,

$$\sigma_o = 156.0 / 1.8 \cdot 1.00 = 86.7 \text{ kN/m}^2/\text{m}$$

Şekil : 6.1 in analizinden,

$$\overline{AE} = \overline{EB} = \alpha = (\frac{B}{2} + e_1 - \frac{d}{2}) / 2 = (0.90 + 0.007 - 0.25) / 2 = 0.3285 \text{ m}$$

$$R_1 = R + e_1 - (d/2 + \alpha) = 40.25 + 0.007 - (0.25 + 0.3285) = 39.6785 \text{ m}$$

$$\alpha = 1/R = 1/40.25 \text{ rad.}$$

$$\overline{EF} = R_1 \cdot \alpha = 39.6785 / 40.25 = 0.9858 \text{ m}$$

Sa zati yükü,

$$q_{su} = 10.00 \cdot 10 = 100 \text{ kN/m}^2$$

ABCD yüzeyine gelen bileşke su yükü,

$$N_{su} = (2\alpha) \cdot \overline{EF} \cdot q_{su} = 2 \cdot 0.3285 \cdot 0.9858 \cdot 100 = 64.77 \text{ kN/m}$$

Bu kuvvet ABCD yüzeyinin G ağırlık merkezine etkiyecektir. Yani,

$$(4.2) \text{ ile, } e_2 = (2 \cdot 0.3285)^2 / 12 = 0.007 \text{ m}$$

N_{su} kuvvetinin temel orta noktasına göre momenti,

$$M_{su} = N_{su} (\alpha + d/2 - e_1) = 64.77 (0.3285 + 0.25 - 0.007) = 37.02 \text{ kNm/m}$$

Su yükünden gelen gerilmeler,

$$\sigma_{1,2}^{su} = \frac{N_{su}}{A_t} \mp \frac{M_{su}}{W_t} \approx \frac{N_{su}}{A_t} \mp \frac{6 \cdot M_{su}}{1.00 \cdot B^2}$$

(6.2)

$$(6.2) \text{ ile, } \sigma_{1,2}^{su} = \frac{64.77}{1.00 \cdot 1.80} \mp \frac{6 \cdot 37.02}{1.00 \cdot 1.80^2} = 36.0 \mp 68.6$$

$$\sigma_1^{su} = 104.6 \text{ kN/m}^2/\text{m}$$

$$\sigma_2^{su} = 32.6 \text{ kN/m}^2/\text{m}$$

N_o ve su yükünden gelen gerilmeler,

$$\sigma_1 = 86.7 + 104.6 = 191.3 \text{ kN/m}^2/\text{m} < \sigma_{zem} = 200 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = 86.7 + 32.6 = 119.3 \text{ kN/m}^2/\text{m} > 0$$

Temel altındaki zemin (hesap) gerilmesi,

$$q_d = 218,4 / 1,00 \cdot 1,80 = 121,3 \text{ kN/m}^2/\text{m}$$

Şekil; 6.2 nin analizinden,

$$R_1 = R + B/4 = 40,25 + 0,45 = 40,70 \text{ m}$$

$$(4.2) \text{ ile, } e = 0,90^2 / 12 \cdot 40,70 = 0,0017 \text{ m}$$

$$\bar{AB} = R_1 \cdot \alpha = 40,70 \cdot 1 / 40,25 = 1,0112 \text{ m}$$

$$M_d = \frac{B}{2} \bar{AB} q_d (e + \frac{B}{4}) - e_1 \cdot N_d \quad (6.3)$$

$$(6.3) \text{ ile, } M_d = 0,90 \cdot 1,0112 \cdot 121,3 \cdot (0,0017 + 0,45) - 0,007 \cdot 218,4 = 48,349 \text{ kNm/m}$$

$$M_d = 4834,9 \text{ kNcm/m}$$

Eğilme donatısı;

$$(3.11) \text{ ile, } A_{smin} = 0,0015 \cdot 100 \cdot (60 - 5) = 8,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$(3.12) \text{ ile, } K = 100 \cdot 55^2 / 4834,9 = 62,57 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_z = 0,975 \text{ (Çiz.10)}$$

$$(3.13) \text{ ile, } A_s = 4834,9 / 0,975 \cdot 55 \cdot 36,5 = 2,47 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{smin}$$

Seçilen: $\phi 12 / 13,5$ ($8,38 \text{ cm}^2/\text{m}$), $L = 290 \text{ cm}$

Tevzi donatısı;

$$\frac{0,0025}{0,0015} \cdot 8,25 \cdot \% 20 = 3,44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen: $\phi 8 / 14,5$ ($3,47 \text{ cm}^2/\text{m}$)

6.2 — MERKEZİ KOLON TEMELİ

$$N_d = 272,2 \text{ kN/m}$$

Bileşke hesap yükü,

$$N_d = (2\pi \cdot 1,05) \cdot 272,2 = 1975,80 \text{ kN}$$

$$N_o = 1975,80 / 1,4 = 1282,71 \text{ kN}$$

Temel ebadı,

Temel yüksekliğini $h = 60 \text{ cm}$ alalım. Temel ağırlığından gelen gerilme,

$$\sigma_g = 15 \text{ kN/m}^2$$

Su yükünden gelen gerilme,

$$\sigma_{su} = 10,00 \cdot 10 = 100 \text{ kN/m}^2$$

Temel alanı,

$$(6.1) \text{ ile, } A_t = \pi \cdot R^2 \geq 1282,71 / 200 - (15 + 100) \dots R \geq 2,19 \text{ m} \dots R = 2,20 \text{ m alalım.}$$

Temel altındaki zemin (hesap) gerilmesi,

$$q_d = 1975,80 / \pi \cdot 2,20^2 = 129,9 \text{ kN/m}^2$$

(3.17a), (3.18a) ile ve $r = 0$ için,

$$M_d = \max. M_r = \max. M_t = \frac{(3 + 0,15)}{16} \cdot 129,9 \cdot 2,20^2 = 123,779 \text{ kNm/m} = 12377,9 \text{ kNcm/m}$$

$$(3.11) \text{ ile, } A_{smin} = 0,0015 \cdot 100 \cdot (60 - 5) = 8,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$(3.12) \text{ ile, } K = 100 \cdot 55^2 / 12377,9 = 24,44 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_z = 0,975 \text{ (Çiz.10)}$$

$$(3.13) \text{ ile, } A_s = 12377,9 / 0,975 \cdot 55 \cdot 36,5 = 6,32 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{smin}$$

Seçilen: $\phi 12 / 13,5$ ($8,38 \text{ cm}^2/\text{m}$)

Emniyet donatısı;

$$\frac{0,0025}{0,0015} \cdot 8,25 \cdot \% 30 = 4,13 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen: $\phi 8 / 12$ ($4,19 \text{ cm}^2/\text{m}$)

6.3 – BİRİNCİ DAİRESEL KİRİŞ KOLON TEMELİ

$$N_d = 709,53 \text{ kN}$$

$$N_o = 709,53/1,4 = 506,81 \text{ kN}$$

$$M_d = 2661,6 \text{ kNcm}$$

$$V_d = 7,94 \text{ kN}$$

$$a/b = 40/70 \dots \dots A = 4B/7$$

Temel ebadı,

Temel yüksekliğini $h = 60 \text{ cm}$ alalım. Temel ağırlığı ve su yükünden gelen gerilme,

$$\Sigma \tilde{G} = 15 + 100 = 115 \text{ kN/m}^2$$

$$(6.1) \text{ ile, } A_t = A \cdot B = (4B/7) \cdot B \geq 506,81/115 \dots B \geq 3,23 \text{ m} \dots \dots \left. \begin{array}{l} B = 3,25 \text{ m} \\ A = 1,85 \text{ m} \end{array} \right\} \text{ alalım.}$$

Temel altında üniform gerilme yayılımı için temele verilecek eksantrisite,

$$M_o = 0 = M_d + h \cdot H_d - e N_d \text{ veya}$$

$$e = (M_d + h \cdot H_d) / N_d \quad (6.4)$$

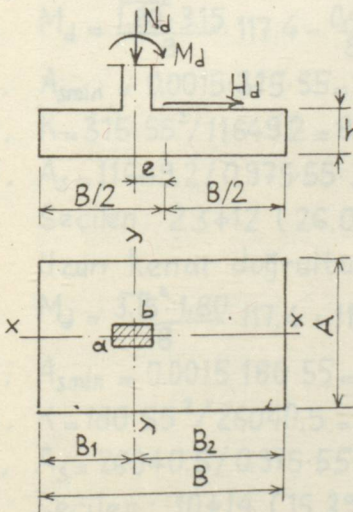
$$(6.4) \text{ ile, } e = (2661,6 + 60 \cdot 7,94) / 709,53 = 4,4 \text{ cm}$$

$$B_1 = B/2 - e = 3,25/2 - 4,4 = 1,581 \text{ m}$$

$$B_2 = B/2 + e = 3,25/2 + 4,4 = 1,669 \text{ m}$$

Temel altındaki zemin (hesap) gerilmesi,

$$q_d = 709,53 / (3,25 \cdot 1,85) = 118,0 \text{ kN/m}^2$$



Şekil: 6.3

Kısa kenar doğrultusunda ;

$$M_d = \frac{A^2 B}{8} \cdot q_d - \frac{a}{8} N_d \quad (6.5)$$

$$(6.5) \text{ ile, } M_d = \frac{1,85^2 \cdot 3,25}{8} \cdot 118,0 - \frac{0,40}{8} \cdot 709,53$$

$$M_d = 128,59 \text{ kNm/m} = 12859,0 \text{ kNcm/m}$$

$$(3.11) \text{ ile, } A_{smin} = 0,0015 \cdot 325 \cdot (60-5) = 26,81 \text{ cm}^2$$

$$(3.12) \text{ ile, } K = 325 \cdot (60-5)^2 / 12859,0 = 76,45 \text{ cm}^2/\text{kN}$$

$$k_z = 0,975 \text{ (Çiz.10)}$$

$$(3.13) \text{ ile, } A_s = 12859,0 / 0,975 \cdot 55 \cdot 36,5 = 6,57 \text{ cm}^2 < A_{smin}$$

$$\text{Seçilen : } 24 \phi 12 \text{ (27,12 cm}^2\text{)}$$

$$t = 13,7 \text{ cm, } L = 295 \text{ cm}$$

$$(24 \phi 12 \equiv \phi 12/13,5 \text{ (8,25 cm}^2\text{/m)})$$

Uzun kenar doğrultusunda ;

$$M_d = \frac{B^2 A}{8} \cdot q_d + M_d - e \cdot N_d \quad (6.6)$$

$$(6.6) \text{ ile, } M_d = \frac{3,25^2 \cdot 1,85}{8} \cdot 118,0 + 2661,6 - 0,044 \cdot 709,53 = 283,643 \text{ kNm} = 28364,3 \text{ kNcm}$$

$$(3.11) \text{ ile, } A_{smin} = 0,0015 \cdot 185 \cdot 55 = 15,26 \text{ cm}^2$$

$$(3.12) \text{ ile, } K = 185 \cdot 55^2 / 28364,3 = 19,73 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_z = 0,975 \text{ (Çiz.10)}$$

$$(3.13) \text{ ile, } A_s = 28364,3 / 0,975 \cdot 55 \cdot 36,5 = 14,49 \text{ cm}^2 < A_{smin}$$

$$\text{Seçilen : } 10 \phi 14 \text{ (15,39 cm}^2\text{)}, t = 19,5 \text{ cm, } L = 435 \text{ cm}$$

$$(10 \phi 14 \equiv \phi 14/19,5 \text{ (7,92 cm}^2\text{/m)})$$

6.4 — İKİNCİ DAİRESEL KİRİŞ KOLON TEMELİ

$$N_d = 665,62 \text{ kN}$$

$$N_o = 665,62 / 1,4 = 475,44 \text{ kN}$$

$$M_d = 1161,4 \text{ kNcm}$$

$$V_d = 2,31 \text{ kN}$$

$$a/b = 40/70 \dots (A = 4B/7)$$

Temel ebadı,

Temel yüksekliğini $h = 60 \text{ cm}$ alalım. Temel ağırlığından ve su yükünden gelen gerilme,

$$\Sigma \sigma = 115 \text{ kN/m}^2$$

Temel alanı,

$$(6.1) \text{ ile, } A_t = A \cdot B = (4B/7) \cdot B \geq 475,44 / 200 - 115 \dots B \geq 3,13 \text{ m} \dots \left. \begin{array}{l} B = 3,15 \text{ m} \\ A = 1,80 \text{ m} \end{array} \right\} \text{ alalım.}$$

Temel altında üniform gerilme yayılımı için temele verilecek eksantrisite,

$$(6.4) \text{ ile, } e = (1161,4 + 60 \cdot 2,31) / 665,62 = 2,0 \text{ cm}$$

$$B_1 = 3,15/2 - 0,02 = 1,555 \text{ m}$$

$$B_2 = 3,15/2 + 0,02 = 1,595 \text{ m}$$

Temel altındaki zemin (hesap) gerilmesi,

$$q_d = 665,62 / 3,15 \cdot 1,80 = 117,4 \text{ kN/m}^2$$

Kısa kenar doğrultusunda ;

$$(6.5) \text{ ile, } M_d = \frac{1,80^2 \cdot 3,15}{8} \cdot 117,4 - \frac{0,40}{8} \cdot 665,62 = 116,492 \text{ kNm/m} = 11649,2 \text{ kNcm/m}$$

$$(3.11) \text{ ile, } A_{smin} = 0,0015 \cdot 3,15 \cdot 55 = 25,99 \text{ cm}^2$$

$$(3.12) \text{ ile, } K = 3,15 \cdot 55^2 / 11649,2 = 81,90 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_z = 0,975 \text{ (Çiz.10)}$$

$$(3.13) \text{ ile, } A_s = 11649,2 / 0,975 \cdot 55 \cdot 36,5 = 5,95 \text{ cm}^2 < A_{smin}$$

Seçilen: $23 \phi 12$ ($26,01 \text{ cm}^2$), $t = 13,9 \text{ cm}$, $L = 290 \text{ cm}$

Uzun kenar doğrultusunda ;

$$(6.6) \text{ ile, } M_d = \frac{3,15^2 \cdot 1,80}{8} \cdot 117,4 + 11,614 - 0,02 \cdot 665,62 = 260,405 \text{ kNm} = 26040,5 \text{ kNcm}$$

$$(3.11) \text{ ile, } A_{smin} = 0,0015 \cdot 1,80 \cdot 55 = 14,85 \text{ cm}^2$$

$$(3.12) \text{ ile, } K = 1,80 \cdot 55^2 / 26040,5 = 20,91 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_z = 0,975 \text{ (Çiz.10)}$$

$$(3.13) \text{ ile, } A_s = 26040,5 / 0,975 \cdot 55 \cdot 36,5 = 13,31 \text{ cm}^2 < A_{smin}$$

Seçilen: $10 \phi 14$ ($15,39 \text{ cm}^2$), $t = 18,9 \text{ cm}$, $L = 425 \text{ cm}$

6.5 — RADYE HESABI

Radye kalınlığı,

$$h = h_{min} = 20 \text{ cm}$$

Beher yüzde her iki doğrultuda toplam,

$$p_t = p_{min} = 0,0025$$

$$(3.11) \text{ ile, } A_s = A_{smin} = 0,00125 \cdot 100 \cdot 20 = 2,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen: R188 Beton çelik hasırı ($R188_x + R188_y$)

4.2 - Radye donatısı,

$$R188 \text{ için } g = 2,10 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^2$$

$$G = 2 \cdot (921,3/0,20) \cdot 2 \cdot 2,10 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 42,56 \text{ t}$$

5 - BETON AKSESUARLARI

5.1 - Neopren mesnet,

$$\text{Kesit : } 20 \times 200 \text{ mm}$$

$$L = 2\pi \cdot 40,25 = 253,00 \text{ m}$$

5.2 - Diletasyon derzi fugası,

$$\text{Kesit :}$$

$$L = 4(39,35 - 2,20) = 149,00 \text{ m}$$

5.3 - Plastik tıkaç,

$$\text{Kesit : } 20 \times 30 \text{ mm}$$

$$L = 2\pi \cdot (40,50 + 40,00) + 149,00 = 655,00 \text{ m}$$

II - ÜST YAPI

1 - KALIP İŞLERİ

1.1 - Duvar kalıbı,

$$A = [2\pi \cdot 40,50 - 8 \cdot (40,50 \cdot 0,09816)] \cdot 10,38 + 8 \cdot (2 \cdot 0,25 + 2 \cdot 2,00) \cdot 10,38 + 2\pi \cdot 40,00 \cdot 10,38 = 5293,8 \text{ m}^2$$

1.2 - Kolon kalıbı,

$$A = 14 \cdot (0,40 + 0,70) \cdot 2 \cdot 10,06 + 28 \cdot (0,40 + 0,70) \cdot 2 \cdot 10,06 = 929,6 \text{ m}^2$$

1.3 - Merkezî kolon kalıbı,

$$A = 2\pi(1,15^2 - 0,95^2) \cdot 10,92 + 2 \cdot 2\pi \cdot (1,15 + 0,25/2) \cdot 0,25 = 148,1 \text{ m}^2$$

1.4 - Dairesel giriş kalıbı,

$$A = 2\pi(13,60 + 14,60) \cdot 0,30 + 2\pi(13,85 + 14,35) \cdot 0,62 + \pi(13,85^2 - 13,60^2) + \pi(14,60^2 - 14,35^2) + \pi(14,60^2 - 13,60^2) + 2\pi(26,80 + 27,80) \cdot 0,30 + 2\pi(27,05 + 27,55) \cdot 0,62 + \pi(27,05^2 - 26,80^2) + \pi(27,80^2 - 27,55^2) + \pi(27,80^2 - 26,80^2) = 868,9 \text{ m}^2$$

1.5 - Bordür (korkuluk altına) betonu kalıbı,

$$A = 2\pi \cdot (40,25 + 40,50) \cdot 0,62 = 314,6 \text{ m}^2$$

1.6 - Dairesel çatı plağı kalıbı,

$$A = \pi \cdot 0,95^2 + 2\pi \cdot 1,15 \cdot 0,08 = 3,4 \text{ m}^2$$

2 - BETON İŞLERİ

2.1 - Duvar betonu,

$$V = \pi(40,50^2 - 40,00^2) \cdot 10,38 + \pi(40,75^2 - 40,50^2) \cdot 8 \cdot (0,09816/2\pi) \cdot 10,38 = 1395,4 \text{ m}^3$$

2.2 - Kolon betonu,

$$V = 14 \cdot 0,40 \cdot 0,70 \cdot 10,06 + 28 \cdot 0,40 \cdot 0,70 \cdot 10,06 = 118,4 \text{ m}^3$$

2.3 - Merkezî kolon betonu,

$$V = \pi(1,15^2 - 0,95^2) \cdot 10,92 + \pi(1,40^2 - 1,15^2) \cdot 0,30 = 15,0 \text{ m}^3$$

2.4 - Dairesel giriş betonu,

$$V = 2\pi(14,10 + 27,30) \cdot (0,50 \cdot 0,92 + 2 \cdot 0,25 \cdot 0,30) = 158,7 \text{ m}^3$$

2.5 — Bordür betonu,

$$V = 2\pi \cdot 40,375 \cdot 0,25 \cdot 0,62 = 39,3 \text{ m}^3$$

2.6 — Dairesel çatı plağı betonu,

$$V = \pi \cdot 1,15^2 \cdot 0,08 = 0,4 \text{ m}^3$$

2.7 — Prefabrik çatı elemanı betonu,

$$V = 36 \cdot (0,20 \cdot 0,52 \cdot 12,66 + 0,20 \cdot 0,52 \cdot (0,0 + 2,20) + 0,5(0,20 + 2,40) \cdot 0,08 \cdot 12,66) + \\ 72 \cdot (\quad + \quad \cdot (1,04 + 2,15) + 0,5(1,24 + 2,35) \cdot \quad) + \\ 108 \cdot (\quad + \quad \cdot (1,39 + 2,14) + 0,5(1,59 + 2,34) \cdot \quad) = 749,4 \text{ m}^3$$

3 — B.A. DONATI İŞLERİ

3.1 — Duvar donatısı,

$$\phi 12 \dots G = 2\pi(40,50 + 40,00) \cdot 10,38 \cdot (5,38 + 6,28) \cdot 7,85 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 51,73 \text{ t}$$

3.2 — Kolon donatısı,

$$\phi 8 \dots G = \frac{10,06}{0,15} \cdot 2,10 \cdot (14 + 28) \cdot 3,946 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 2,57 \text{ t}$$

$$\phi 14 \dots G = 4(14 + 28) \cdot 10,25 \cdot 1,209 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 2,29 \text{ t}$$

$$\phi 16 \dots G = 4(14 + 28) \cdot 10,25 \cdot 1,578 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 2,99 \text{ t} \quad \left. \vphantom{\phi 14 \dots G} \right\} \Sigma G = 5,28 \text{ t}$$

3.3 — Merkezi kolon donatısı,

$$\phi 8 \dots G = 2\pi(1,125 + 1,375) \cdot 3,946 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 0,01 \text{ t}$$

$$\phi 12 \dots G = 2\pi(1,15 + 0,95) \cdot 10,92 \cdot (4,04 + 5,13) \cdot 7,85 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 + \frac{2\pi \cdot 1,15}{0,27} \cdot 1,30 \cdot 8,878 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 1,18 \text{ t}$$

3.4 — Dairesel giriş donatısı,

$$\phi 8 \dots G = \left[\frac{2\pi(14,10 + 27,30)}{0,15} \cdot 3,60 + 2\pi(13,625 + 13,875 + 14,325 + 14,575 + 26,825 + \right. \\ \left. 27,075 + 27,525 + 27,775) \right] \cdot 3,946 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 3,16 \text{ t}$$

$$\phi 12 \dots G = \left[(3,10,00 + 4,7,10 + 3,4,05) \cdot 14 + (3,9,60 + 4,6,90 + 3,3,45) + \right. \\ \left. - \frac{2\pi(14,35 + 27,55)}{0,27} \cdot 1,65 \right] \cdot 8,878 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 4,36 \text{ t} \quad \left. \vphantom{\phi 12 \dots G} \right\} \Sigma G = 5,55 \text{ t}$$

$$\phi 14 \dots G = [2(7,10 + 4,05) \cdot 14 + 2(6,90 + 3,45) \cdot 28] \cdot 1,209 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 1,19 \text{ t}$$

3.5 — Dairesel çatı plağı donatısı,

$$R106 \text{ için } g = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^2$$

$$G = \pi \cdot 1,15^2 \cdot 2 \cdot 1,33 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 0,02 \text{ t}$$

3.6 — Prefabrik çatı elemanı donatısı,

$$R131 \text{ için } g = 1,65 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}^2$$

$$R106 \dots G = [\pi(13,83^2 - 1,17^2) + \pi(37,03^2 - 14,37^2)] \cdot 1,33 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 3,28 \text{ t} \quad \left. \vphantom{R106 \dots G} \right\} \Sigma G = 8,14 \text{ t}$$

$$R131 \dots G = [\pi(40,23^2 - 27,67^2)] \cdot 1,65 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 4,86 \text{ t}$$

$$\phi 8 \dots G = [(216 \cdot 12,66 / 0,22) + (36 \cdot 2,20 / 0,22) + 72(2,15 + 1,04) / 0,22 + 108(2,14 + 1,39) / 0,22] \\ 1,50 \cdot 3,946 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 10,14 \text{ t}$$

$$\phi 12 \dots G = [216 \cdot 12,80 + 36 \cdot 2,55 + 72 \cdot (2,50 + 1,40) + 108 \cdot (2,50 + 1,75)] \cdot 4 \cdot 8,878 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 14,05 \text{ t}$$

4 — ÖNGERİLME DONATI İŞLERİ

$$(5-1) \text{ VSL-Standart kablosu için } g = 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ t/m}$$

$$(5-1) \text{ VSL-Süper " " } g = 7,8 \cdot 10^{-4} \text{ t/m}$$

$$(6-1) \text{ VSL-Standart " " } g = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}$$

4.1 – Duvar öngerilme donatısı,

$$(5-18) \text{VSL-Süper... } G = 8 \cdot (15 \cdot 18 \cdot 35,63 \cdot 7,8 \cdot 10^{-4}) \cdot 1,1 = 66,03 \text{ t}$$

$$(5-3) \text{VSL-Standart... } G = 2\pi \cdot 40,25 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10,28 \cdot 7,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 12,70 \text{ t}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Sigma G = 78,73 \text{ t}$$

4.2 – Prefabrik çatı elemanı öngerilme donatısı,

$$(6-1) \text{VSL-Standart... } G = 2 \cdot (36 + 72 + 108) \cdot 12,45 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 6,50 \text{ t}$$

5 – BETON AKSESUARLARI

5.1 – Elastomer mesnet plakası,

$$\text{Ebad: } 20 \times 200 \times 250 \text{ mm}$$

$$n = 216 \text{ adet}$$

5.2 – Çatı izolasyonu,

$$A = \pi \cdot 40,50^2 = 5153,0 \text{ m}^2$$

5.3 – Suya mukavim badana,

$$A = 2\pi \cdot 40,00 \cdot 10,00 + \pi \cdot 40,00^2 - \pi \cdot (1,15^2 - 0,95^2) - (14 + 28) \cdot (0,40 + 0,70) +$$

$$2\pi \cdot (1,15 + 0,95) \cdot 10,00 + (14 + 28) \cdot (0,40 + 0,70) \cdot 2 \cdot 10,00 = 8582,7 \text{ m}^2$$

5.4 – Korkuluk,

Korkuluğu; yatayda 1.00 m aralıklar ile dikilmiş 80 cm yüksekliğinde ki [8 profiller arasına düşeyde 15 cm aralıklar ile geçirilmiş 5 adet (5-1) VSL-Standart kabloşundan teşkil edersek;

70 cm kapı aralığı bırakılacağına göre, kablo boyu,

$$L = 2\pi \cdot 40,375 - 0,70 = 253,00 \text{ m}$$

$$[8 \text{ profili için, } g = 8,64 \cdot 10^{-3} \text{ t/m}$$

$$[8 \dots G = 253 \cdot 0,90 \cdot 8,64 \cdot 10^{-3} = 1,97 \text{ t}$$

$$(5-1) \text{VSL-Standart... } G = 253,00 \cdot 5,7,4 \cdot 10^{-4} = 0,94 \text{ t} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \Sigma G = 3,13 \text{ t}$$

5.5 – Servis merdiveni,

Basamakları, 1" borudan (basamak yüksekliği 25 cm, basamak genişliği 80 cm ve basamağın duvardan açıklığı 20 cm),

Muhafaza kafesini ($\phi 5/40$ lama ve $\phi 24$ yuvarlak) demirden (düşeyde enleme aralığı 60 cm, kafes genişliği 80 cm, kafes derinliği 110 cm ve 5 adet boyuna çubuk), den teşkil edesek;

Enine lama,

$$L = 2 \cdot 0,50 + \pi \cdot 0,40 = 2,26 \text{ m}$$

$$(n+1) \cdot 0,60 = 2 \cdot (11,00 - 2,00) \dots n = 30 \text{ adet (dış+iç)}$$

$$G_1 = 30 \cdot 2,26 \cdot (5 \cdot 40) \cdot 10^{-6} \cdot 7,85 \cdot 1,1 = 0,11 \text{ t}$$

Boyuna çubuk,

$$L = 5 \cdot (9,80 + 9,00) = 94,00 \text{ m}$$

$$G_2 = 94,00 \cdot 3,551 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 0,36 \text{ t}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} G = 0,47 \text{ t}$$

1" boru basamak,

$$L = 0,80 \text{ m}$$

$$(n+1) \cdot 0,25 = 2 \cdot 11,00 \dots n = 88 \text{ adet (dış+iç)}$$

$$G_1 = 88 \cdot 0,80 \cdot 1,924 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 0,15 \text{ t}$$

1" düşey boru,

$$L = 4 \cdot 11,00 = 44,00 \text{ m}$$

$$G_2 = 44,00 \cdot 1,924 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 0,09 \text{ t}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} G = 0,24 \text{ t}$$

$$\Sigma G = 0,47 + 0,24 = 0,71 \text{ t}$$

Madde No	AÇIKLAMA	Birim	Miktar	Birim fiyat	Tutarı (\$)
A	BİRİNCİ ALTERNATİF ÇÖZÜM				
I	ALT YAPI				
1	KAZI İŞLERİ				
1.1	Temel kazısı (makine ile sert toprak)	m ³	3723,8	4,50	16757,10
1.2	Zemin tesviyesi	m ²	5319,8	0,50	2659,90
1.3	Dolgu ve sıkıştırma	m ³	2303,2	7,20	16583,04
2	KALIP İŞLERİ				
2.1	Grobeton kalıbı	m ²	94,0	8,05	756,70
2.2	Temel kalıbı	m ²	564,0	8,05	4540,20
2.3	Radye kalıbı	m ²	29,8	8,05	239,89
3	BETON İŞLERİ				
3.1	Grobeton	m ³	71,4	70,00	4998,00
3.2	Temel betonu	m ³	428,4	85,00	36414,00
3.3	Radye betonu	m ³	921,3	85,00	78310,50
4	DONATI İŞLERİ (B.A.)				
4.1	Temel donatısı (φ8)	t	1,48	620,00	917,60
	(φ12+14)	t	6,92	690,00	4774,80
4.2	Radye donatısı (R188)	t	42,56	800,00	34048,00
5	BETON AKSESUARLARI				
5.1	Neopren mesnet (20×200mm)	m	253,00	80,00	20240,00
5.2	Diletasyon fugası	m	149,00	7,00	1043,00
5.3	Plastik tıkac (20×30mm)	m	655,00	1,00	655,00
II	ÜST YAPI				
1	KALIP İŞLERİ				
1.1	Duvar kalıbı	m ²	5293,8	35,00	185283,00
1.2	Kolon kalıbı	m ²	929,6	15,80	14687,68
1.3	Merkezî kolon kalıbı	m ²	148,1	25,00	3702,50
1.4	Dairesel giriş kalıbı	m ²	868,9	25,00	21722,50
1.5	Bordür betonu kalıbı	m ²	314,6	25,00	7865,00
1.6	Dairesel çatı plağı kalıbı	m ²	3,4	30,00	102,00
2	BETON İŞLERİ				
2.1	Duvar betonu	m ³	1395,4	120,00	167448,00
2.2	Kolon betonu	m ³	118,4	90,00	10656,00
2.3	Merkezî kolon betonu	m ³	15,0	120,00	1800,00
2.4	Dairesel giriş betonu	m ³	158,7	95,00	15076,50
2.5	Bordür betonu	m ³	39,3	95,00	3733,50
2.6	Dairesel çatı plağı betonu	m ³	0,4	85,00	34,00
2.7	Prefabrik çatı elemanı betonu	m ³	749,4	250,00	198600,00
3	B.A.DONATI İŞLERİ				
3.1	Duvar donatısı (φ12)	t	51,73	790,00	40866,70
3.2	Kolon donatısı (φ8)	t	2,57	620,00	1593,40
	(φ14,φ16)	t	5,28	690,00	3643,20
3.3	Merkezî kolon donatısı (φ8)	t	0,01	620,00	6,20
	(φ12)	t	1,18	790,00	932,20
3.4	Dairesel giriş donatısı (φ8)	t	3,16	620,00	1959,20
	(φ12,φ14)	t	5,55	790,00	4384,50
3.5	Dairesel çatı plağı donatısı (R106)	t	0,02	800,00	16,00
3.6	Prefabrik çatı elemanı (R106,R131)	t	8,14	800,00	6512,00
	(φ8)	t	10,14	620,00	6286,80
	(φ12)	t	14,05	690,00	9694,50
4	ÖNGERİLME DONATI İŞLERİ				
4.1	Duvar öngerilme donatısı (5-18)Sü.(5-3)St.	t	78,73	2500,00	196825,00
4.2	Prefabrik çatı elemanı öng.don. (6-1)VSL-St.	t	6,50	2500,00	16250,00
5	BETON AKSESUARLARI				
5.1	Elastomer mesnet plakası (20×200×250mm)	adet	216	4,00	864,00
5.2	Çatı izolasyonu	m ²	5153,0	20,00	103060,00
5.3	Suya mukavim badana	m ²	8582,7	2,50	21456,75
5.4	Korkuluk	t	3,13	750,00	2347,50
5.5	Servis merdiveni	t	0,71	750,00	532,50
5.6	Plastik tıkac (20×30mm)	m	780,00	1,00	780,00
	TOPLAM				1271658,86

B - ALTERNATİF 2

50.000 M³ HACİMLİ, SİLİNDİRİK VE ASMA ÇATILI SU DE- POSUNUN PROJELENDİRİLMESİ

1 - ASMA ÇATININ ÖN HESABI [8]

1.1 - GEOMETRİK BOYUTLAR VE KABLO TAYİNİ

Çatı elemanları yoğunluğu $\gamma = 1 \text{ t/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^3$ olan hafif betondan prefabrik olarak imal edilecektir.

Asma kabloları basınç ve çekme çemberlerine öngerilme hareketli ankraj başlıkları ile tespit edilecektir. Ayrıca hesaplar neticesinde (5-4) VSL Standart kablusunun çıkabileceğini tahmin ediyoruz.

Basınç ve çekme çemberlerinde Type E hareketli ankraj başlığını kullanalım. Ankraj elemanları arası min. mesafe $\approx 20 \text{ cm}$ dir.

Basınç çemberi kesitini 40/40 cm,

Çekme çemberi kesitini 30/40 cm (yatay/düşey) seçelim.

Basınç çemberi iç yüzünün yarıçapı,

$$R_2 = 40,50 - 0,40 = 40,10 \text{ m}$$

Çatı elemanları arasında 1 cm derz bırakılacağına göre kablo sayısı,

$$n \cdot (l_u + 0,01) = 2\pi R_2 \text{ veya}$$

$$n = 2\pi R_2 / (l_u + 0,01)$$

(1.1)

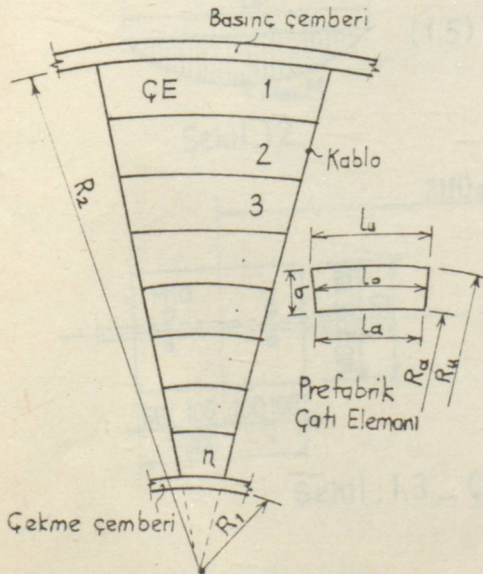
$l_u \approx 2$ ilâ 4 m olması uygun kabul edilebileceğine göre,

(1.1) ile ve $l_u = 3,99 \text{ m}$ için,

$$n = 2\pi \cdot 40,10 / (3,99 + 0,01) = 63 \text{ kablo}$$

Çekme çemberi iç yüzünün yarıçapı,

$$2\pi R_1 = 0,20 \cdot 63 \dots R_1 = 2,00 \text{ m}$$



Şekil ; 1.1 - Asma çatı planı

$f = 7,50$ m alalım.

$$L = 2 \cdot (40,50 - 0,40/2) = 80,60 \text{ m}$$

$$a_1 = 2,00 + 0,30 = 2,30 \text{ m}$$

$a_2 = 40,10$ m olduğuna göre,

$$(1,3) \text{ ile } L' = 40,10 - 2,30 + \frac{36 \cdot 7,50^2}{5 \cdot 80,60^6} \cdot (40,10^5 - 2,30^5) = 37,95 \text{ m}$$

$b \leq 2$ ilâ $2,2$ m olması uygun kabul edilebileceğine göre,

(1,2) ile ve $b = 2,10$ m için,

$$37,95 = n \cdot 2,10 + (n+1) \cdot 0,01 \dots n = 18 \text{ adet Ç.E.}$$

Çatı elemanları birim genişlikte basit kiriş olarak çözülecek ve min. donatı konulacaktır. Eleman kalınlığı h , eleman yoğunluğu $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$ ve izolasyon yükü $0,30 \text{ kN/m}^2$ olduğuna göre, hesap yükü,

$$p = 1,4 \cdot (h \cdot 10^{-2} \cdot 10 + 0,30) \cdot 1,00 = 0,14 h + 0,42 \text{ kN/m} \quad (1,4)$$

Şekil; 1,2 deki yükleme durumuna göre max. moment,

$$M_d = \max. M = \frac{p l_o^2}{8} + \frac{p l_o}{4} = 0,0175 h \cdot l_o^2 + 0,0525 \cdot l_o^2 + 0,25 \cdot l_o \text{ kNm/m} \quad (1,5)$$

(1,5) ile ve $l_o \cong 3,89$ m için,

$$M_d = 0,2648 \cdot h + 1,7669 \text{ kNm/m} \quad (1,6)$$

A(3,13), (1,6) ile ve $k_z d \cong 0,8h$ için,

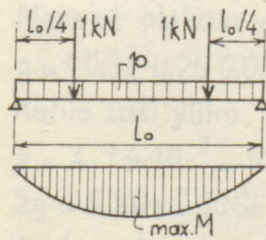
$$A_s = \frac{(0,2648 + 1,7669) \cdot 10^2}{0,8 \cdot h \cdot 36,5} = \frac{0,9069 h + 6,051}{h} \text{ cm}^2/\text{m} \quad (1,7)$$

A(3,11) ile, $A_{smin} = 0,0015 \cdot 100 \cdot (h - 1,5) = 0,15 h - 0,225 \text{ cm}^2/\text{m}$

(1,8)

(1,7), (1,8)'e eşitlenir ve elde edilecek 2° denklem çözülürse,

$h = 11,2 \text{ cm} \dots \dots h = 10 \text{ cm}$ alalım.



Şekil; 1,2

$$(1,8) \text{ ile, } A_{smin} = 0,15 \cdot 10 - 0,225 = 1,28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

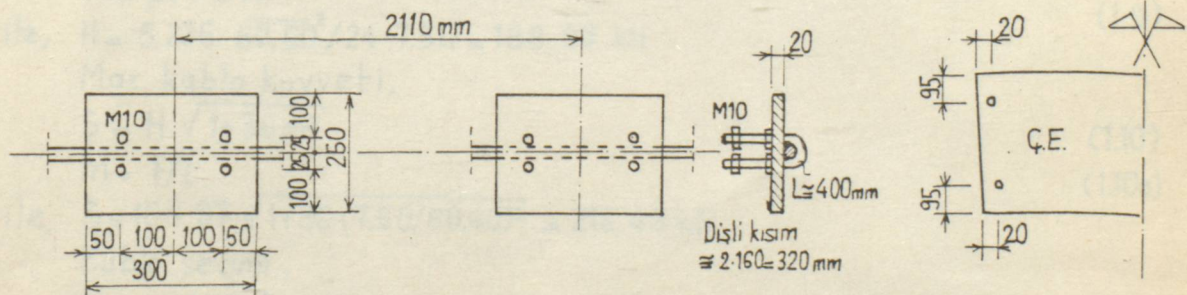
$$(1,6) \text{ ile, } M_{dmin} = 0,2648 \cdot 10 + 1,7669 = 4,415 \text{ kNm/m}$$

$$M_{dmin} = 441,5 \text{ kNcm/m}$$

$$(1,5) \text{ ile, } M_d = 0,0175 \cdot 10 \cdot l_o^2 + 0,0525 \cdot l_o^2 + 0,25 \cdot l_o$$

$$M_d = 0,175 l_o^2 + 0,0525 \cdot l_o^2 + 0,25 l_o \text{ kNm/m}$$

$$M_d = (22,75 l_o + 25) \cdot l_o \text{ kNcm/m}$$



Şekil; 1,3 - Çatı elemanı mesnet plakası

Ç.E. No.	l_u (m)	$l_a = \frac{2l}{63}(40,10-n \cdot 2,10)$ (m)	R_u (m)	R_d (m)	$l_o = \frac{l_u + l_a}{2}$ (m)	M_d (kNm/m)	$A_s = \frac{M_d}{k \cdot k_{2df} \cdot f_{yd}}$ (cm ² /m)	$A_{s_u} = \%20 \cdot A_s$ (cm ² /m)	Seçilen
1	3,99	3,79	40,10	38,00	3,89	441,5	1,28	0,26	R131
2	3,79	3,58	38,00	35,90	3,69	<441,5	<1,28	<0,26	//
3	3,58	3,37	35,90	33,80	3,48	//	//	//	//
4	3,37	3,16	33,80	31,70	3,27	//	//	//	//
5	3,16	2,95	31,70	29,60	3,06	//	//	//	//
6	2,95	2,74	29,60	27,50	2,85	//	//	//	//
7	2,74	2,53	27,50	25,40	2,64	//	//	//	//
8	2,53	2,32	25,40	23,30	2,43	//	//	//	//
9	2,32	2,12	23,30	21,20	2,22	//	//	//	//
10	2,12	1,91	21,20	19,10	2,02	//	//	//	//
11	1,91	1,70	19,10	17,00	1,81	//	//	//	//
12	1,70	1,49	17,00	14,90	1,60	//	//	//	//
13	1,49	1,28	14,90	12,80	1,39	//	//	//	//
14	1,28	1,07	12,80	10,70	1,18	//	//	//	//
15	1,07	0,86	10,70	8,60	0,97	//	//	//	//
16	0,86	0,65	8,60	6,50	0,76	//	//	//	//
17	0,65	0,44	6,50	4,40	0,55	//	//	//	//
18	0,44	0,23	4,40	2,30	0,34	//	//	//	//

Kablo hesabı için yük analizi,

Çatı elemanı zati yükü,

$$g = 0,10 \cdot 10 + 0,30 = 1,30 \text{ kN/m}^2,$$

Üçgen yükün kenar değeri,

$$g = (2\pi \cdot 40,10 / 63) \cdot 1,30 = 5,20 \text{ kN/m}$$

Mesnet plakası ve bağlantısı zati yükü,

$$g = (0,30 \cdot 0,25 \cdot 0,02 + 2 \cdot \pi \cdot (0,01^2 / 4) \cdot 0,40) \cdot 7,85 / 2,11 = 0,006 \text{ kN/m}$$

Kablo zati yükü,

$$g = 4 \cdot 7,4 \cdot 10^{-3} = 0,030 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma g = 5,20 + 0,006 + 0,030 = 5,236 \text{ kN/m}$$

Kablo yatay kuvveti,

$$H = pl^2 / 24f$$

$$(1.9) \text{ ile, } H = 5,236 \cdot 80,60^2 / 24 \cdot 7,50 = 188,97 \text{ kN}$$

Max. kablo kuvveti,

$$S = H \cdot \sqrt{1 + 36m^2}$$

$$m = f/l$$

$$(1.10) \text{ ile, } S = 188,97 \cdot \sqrt{1 + 36 \cdot (7,50 / 80,60)^2} = 216,43 \text{ kN}$$

Kablo seçimi,

$$\sigma_{em} \approx 0,55 \cdot f_{pk}$$

$$(1.11) \text{ ile, } \sigma_{em} \approx 0,55 \cdot 1770 = 973,5 \text{ N/mm}^2 = 97,35 \text{ kN/cm}^2$$

Kablo kesit alanı,

$$A = (3/2) \cdot S / \sigma_{em}$$

(1.9)

(1.10)

(1.10a)

(1.11)

(1.12)

$$(1.12) \text{ ile, } A = (3/2) \cdot 216,43 / 97,35 = 3,34 \text{ cm}^2 < 4 \cdot 0,93 = 3,72 \text{ cm}^2$$

Görülüyor ki, başlangıçta tahmin edilen (5-4) VSL-Standart kablosu uygundur. Yani ön hesap kesin hesap olmaktadır.

Kablo boyu, L ,

$$a_1 = R_1 - 0,09^* = 2,00 - 0,09 = 1,91 \text{ m}$$

$$a_2 = R + 0,09^* = 40,50 + 0,09 = 40,59 \text{ m}$$

* Ankraj elemanı çıkıntısı, (5-4) VSL-Standart kablosu ve Type E hareketli ankraj başlığına göre VSL kılavuzundan.

$$(1.13) \text{ ile, } L = 40,59 - 1,91 + \frac{36 \cdot 7,50^2}{5 \cdot 80,60} (40,59 - 1,91)^5 = 38,84 \text{ m}$$

Kablo uzaması,

$$\Delta L = \frac{H \cdot L}{E \cdot A} (1 + \frac{36}{5} m^2) \quad (1.13)$$

$$(1.13) \text{ ile, } \Delta L = \frac{188,97 \cdot 80,60 \cdot 10^2}{1,95 \cdot 10^4 \cdot (4 \cdot 0,93)} [1 + 36 (\frac{7,50}{80,60})^2] = 27,5 \text{ cm}$$

Kablo basıklığı artımı, Δf ,

$$\Delta L = (1 - \frac{18}{5} m^2 + 54 m^4) \cdot \Delta L + (\frac{36}{5} m - 72 m^3) \cdot \Delta f \quad (1.14)$$

(1.14) ile ve $\Delta L = 0$ için,

$$27,5 = [\frac{36}{5} (\frac{7,50}{80,60}) - 72 \cdot (\frac{7,50}{80,60})^3] \cdot \Delta f \dots \Delta f = 45,0 \text{ cm}$$

Bina yüksekliği,

$$H = \text{Su yüksekliği} + \text{hava payı} + f + \Delta f + h/2 = 9,95 + 0,40 + 7,50 + 0,45 + 0,40/2$$

$$H = 18,50 \text{ m}$$

1.2 — ÇEKME ÇEMBERİNİN HESABI

Kablo basıncı,

$$q = n \cdot H / 2\pi R \quad (1.15)$$

Çember çekme kuvveti, N_c ,

$$A(2.16) \text{ ile, } N_c = q \cdot R = n \cdot H / 2\pi$$

$$N_c = 63 \cdot 188,97 / 2 \cdot \pi = 1894,76 \text{ kN}$$

Çekme donatısı,

$$A_s \geq N_c / \sigma_{em} \quad (1.16)$$

$$S420 \text{ için, } \sigma_{em} = 21 \text{ kN/cm}^2$$

$$(1.16) \text{ ile, } A_s \geq 1894,76 / 21 = 90,23 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen: } 22 \phi 24 \text{ (99,44 cm}^2\text{)}$$

Fret donatısı alanı,

$$A_{sf} \cong \nu \cdot A_s \quad (1.17)$$

$$(1.17) \text{ ile, } A_{sf} \cong 0,25 \cdot 99,44 = 24,86 \text{ cm}^2$$

$$\text{Seçilen: } \phi 14 / 6 \text{ (25,67 cm}^2\text{/m)}$$

1.3 – BASINÇ ÇEMBERİNİN HESABI [9]

Basınç çemberini eksenel basınca maruz fretli kısa kolon gibi çözeceğiz.

Çember basınç kuvveti,

$$N_b = 1864,76 \text{ kN}$$

Kesitin taşıma gücü,

$$N_{om} = 0,85 \cdot f_{cd} \cdot A_{ck} + f_{yd} \cdot A_s + 2 \cdot f_{yvd} \cdot A_{sf} \geq N_d \quad (1,18a)$$

$$N_{om} = A_{ck} (0,85 \cdot f_{cd} + \rho_t \cdot f_{yd} + 2 \cdot \rho_{sf} \cdot f_{yvd}) \geq N_d \quad (1,18b)$$

İdeal fret yüzdesi,

$$\rho_{sf} = 0,51 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yvd}} \cdot \left(\frac{A_c}{A_{ck}} - 1 \right) \quad (1,19)$$

Eşdeğer fret alanı,

$$A_{sf} = \rho_{sf} \cdot A_{ck} = 0,51 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yvd}} (A_c - A_{ck}) \quad (1,20)$$

Gerçek fret alanı,

$$u \cdot A_{sg} = s \cdot A_{sf} \quad \text{veya}$$

$$A_{sg} = 0,51 \cdot \frac{s}{u} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yvd}} (A_c - A_{ck}) \quad \text{cm}^2 \quad (1,21a)$$

$$A_{sg} = \frac{51}{u} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yvd}} \cdot (A_c - A_{ck}) \quad \text{cm}^2/\text{m} \quad (1,21b)$$

Burada;

A_c : Bürüt beton alanı,

u = Beton göbek çevresi,

A_{ck} : Beton göbek alanı,

s = Fret donatısı adımı,

ρ_t : Toplam boyuna donatı yüzdesi,

f_{yvd} = Fret donatısı hesap mukavemeti,

ρ_{sf} : Fret donatısı yüzdesidir.

$$\rho_t = \rho_{min} = 0,01 \text{ alalım.}$$

$$(1,19) \text{ ile, } \rho_{sf} = 0,51 \cdot \frac{2,0}{19,1} \left(\frac{40 \cdot 40}{35 \cdot 35} - 1 \right) = 0,01635$$

$$(1,18b) \text{ ile, } N_{om} = 35 \cdot 35 (0,85 \cdot 2,0 + 0,01 \cdot 36,5 + 2 \cdot 0,01635 \cdot 19,1) = 3294,72 \text{ kN}$$

$$> N_d = 1,4 \cdot 1864,76 = 2610,67 \text{ kN}$$

Boyuna donatı alanı,

$$A_s = 0,01 \cdot 35 \cdot 35 = 12,25 \text{ cm}^2$$

Seçilen: 8 Φ 14 (12,32 cm²)

Gerçek fret alanı,

$$(1,21b) \text{ ile, } A_{sg} = \frac{51}{2(35+35)} \cdot \frac{2,0}{19,1} (40 \cdot 40 - 35 \cdot 35) = 14,31 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen: $\Phi 12/6$ (18,83 cm²/m), (S220)

1.4 – ÇEKME ÇEMBERİ ÜZERİNDEKİ DAİRE PLAĞIN HESABI

Plak yarı çapı, $R = 2,15 \text{ m}$

Plak kalınlığı,

$$h \geq 2 \cdot 2,15 / 35 = 12,3 \text{ cm} \dots h = 12,5 \text{ cm alalım.}$$

$$\text{Plak yükü (zati + izolasyon)} = 0,125 \cdot 25 + 0,30 = 3,43 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{hareketli} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad \left. \begin{array}{l} p = 1,4 \cdot 3,43 + 1,6 \cdot 1,50 \\ p = 7,20 \text{ kN/m}^2 \end{array} \right\}$$

A(3,17a), A(3,18a) ile ve $r=0$ için,

$$M_d = \max M_r = \max M_d = \frac{(3+0,15)}{16} \cdot 7,20 \cdot 2,15^2 = 6,548 \text{ kNm/m} = 654,8 \text{ kNcm/m}$$

A(3,11) ile, $A_{smin} = 0,0015 \cdot 100 \cdot (12,5 - 1,5) = 1,65 \text{ cm}^2/\text{m}$

A(3,12) ile, $K = 100 \cdot 11^2 / 654,8 = 18,48 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_z = 0,979$ (Çiz. 10)

A(3,13) ile, $A_s = 654,8 / 0,979 \cdot 11 \cdot 36,5 = 1,67 \text{ cm}^2/\text{m}$

Seçilen: R131_(x) + R131_(y) Beton çelik hasırı

2 – DIŞ DUVARIN HESABI

2.1 – DIŞ DUVAR (d = 40 cm)

Duvar yüksekliği,

$$h = 18,50 - 0,40 - 10,38 = 7,72 \text{ m}$$

Duvar zati yükü,

$$p_1 = 1,4 \cdot 0,40 \cdot 7,72 \cdot 25 = 108,1 \text{ kN/m}$$

Basınç çemberi zati yükü,

$$p_2 = 1,4 \cdot 0,40 \cdot 0,40 \cdot 25 = 5,6 \text{ kN/m}$$

Kablo yatay ve düşey reaksiyonları,

$$H = 188,97 \text{ kN}$$

$$H = 188,97 \cdot 63 / 2\pi \cdot 40,30 = 47,0 \text{ kN/m}$$

$$V = pL/4$$

(1.22)

(1.22) ile, $V = 5,236 \cdot 80,60 / 4 = 105,51 \text{ kN}$

$$V = 105,51 \cdot 63 / 2\pi \cdot 40,30 = 26,3 \text{ kN/m}$$

Basınç çemberi ve duvar zati yüklerinin eksantrik etkimesinden gelen moment,

A(4,2) ile, $M = 113,7 \cdot 0,40^2 / 12 \cdot 40,30 = 0,038 \text{ kNm/m} = 3,8 \text{ kNcm/m}$

Düşey eğilme donatısı;

$$N_d = 113,7 + 1,4 \cdot 26,3 = 150,5 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 3,8 \text{ kNcm/m}$$

$$H_d = 1,4 \cdot 47,0 = 65,8 \text{ kN/m}$$

$$e = 3,8 / 150,5 = 0,03 \text{ cm}$$

$$e/h = 0,03 / 40 \approx 0$$

$$z_s/h = (40 - 2,5) / 40 = 0,75 \approx 0,80$$

$$N_d / bh f_{cd} = 150,5 / 100 \cdot 40 \cdot 2,0 = 0,02 \quad \left. \begin{array}{l} \omega < 0,05 \\ \omega = 0,05 \end{array} \right\} \text{ (Abak 4.3)}$$

$$M_d / bh^2 f_{cd} = 3,8 / 100 \cdot 40^2 \cdot 2,0 \approx 0$$

$$\rho_{min} = 0,002 \text{ için } \omega_{min} = 0,05$$

$$e/h = 0 \quad \left. \begin{array}{l} \alpha = 0,95 \\ \omega = 0,05 \end{array} \right\} \text{ (Abak 4.3)}$$

$$\omega = 0,05$$

A(5,9) ile, $(bh)_{ger} = 105,5 / 0,95 \cdot 2,0 = 79 \text{ cm}^2/\text{m} \ll bh/2 = 2000 \text{ cm}^2/\text{m}$

A(5,10) ile, $A_s = A_s' = 0,002 \cdot 2000 = 4,0 \text{ cm}^2/\text{m}$

Seçilen: $\phi 12/28$ ($4,04 \text{ cm}^2/\text{m}$), $L = 850 \text{ cm}$

Yatay eğilme donatısı;

$$\rho = \rho_{\min} = 0,0025$$

$$A(3,11) \text{ ile, } A_s = A'_s = 0,0025 \cdot 100 \cdot (40 - 2,5) = 9,38 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Seçilen: } \phi 12/12 (9,42 \text{ cm}^2/\text{m})$$

2.2 — DIŞ DUVAR (d=50 cm)

Duvar yüksekliği, $h = 10,38 \text{ m}$

Duvar zati yükü,

$$p_1 = 1,4 \cdot 0,50 \cdot 10,38 \cdot 25 = 181,7 \text{ kN/m}$$

Üst duvar ve basınç çemberi zati yükü,

$$p_2 = 113,7 \text{ kN/m}$$

Kablo düşey reaksiyonu,

$$V = 1,4 \cdot 26,3 = 36,8 \text{ kN/m}$$

$$p = 181,7 + 113,7 + 36,8 = 332,2 \text{ kN/m}$$

Üst duvar ve basınç çemberi zati yükünün eksantrik etkimesinden gelen moment,

$$M_1 = 113,7 (0,05 + 0,40^2/12 \cdot 40,30) = 5,723 \text{ kNm/m}$$

Kablo düşey reaksiyonunun eksantrik etkimesinden gelen moment,

$$M_2 = 36,8 \cdot 0,05 = 1,840 \text{ kNm/m}$$

Duvar zati yükünün eksantrik etkimesinden gelen moment,

$$A(4,2) \text{ ile, } M_3 = 181,7 \cdot 0,50^2/12 \cdot 40,25 = 0,094 \text{ kNm/m}$$

$$\Sigma M = 5,723 + 1,840 + 0,094 = 7,657 \text{ kNm/m} = 765,7 \text{ kNcm/m}$$

Su basıncından cidar tabanında meydana gelen kesme kuvveti,

$$V = 173,5 \text{ kN/m}$$

Düşey eğilme donatısı;

$$N_d = 332,2 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 765,7 \text{ kNm/m}$$

$$V_d = 1,4 \cdot 173,5 = 242,9 \text{ kN/m}$$

$$e = 765,7 / 332,2 = 2,3 \text{ cm}$$

$$e/h = 2,3/50 = 0,05$$

$$z_s/h = (50 - 2,5)/50 = 0,80$$

$$N_d / bh f_{cd} = 332,2 / 100 \cdot 50 \cdot 2,0 = 0,03 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \omega < 0,05$$

$$M_d / bh^2 f_{cd} = 765,7 / 100 \cdot 50^2 \cdot 2,0 = 0 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{(Abak 4.3)}$$

$$\rho = \rho_{\min} = 0,002 \text{ için } \omega_{\min} = 0,05$$

$$e/h = 0,05 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \alpha = 0,87 \text{ (Abak 4.3)}$$

$$\omega = 0,05$$

$$A(5,9) \text{ ile, } (bh)_{\text{ger.}} = 332,2 / 0,87 \cdot 2,0 = 191 \text{ cm}^2/\text{m} < bh/2 = 2500 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A(5,10) \text{ ile, } A_s = A'_s = 0,002 \cdot 2500 = 5,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Seçilen: } \phi 12/22 (5,14 \text{ cm}^2/\text{m}), L = 1025 \text{ cm}$$

Yatay eğilme donatısı;

Birinci alternatifde olduğu gibi.

$$\text{Seçilen: } \phi 12/18 (6,28 \text{ cm}^2/\text{m})$$

2.3 — ELASTOMER MESNET HESABI

$h = 2 \text{ cm}$ (1. alternatifinden)

A(3.15) ile, $a \approx 10 \cdot 20 = 20,0 \text{ cm}$

A(3.16) ile, $A_{\text{elas.}} = a \cdot 1,00 \geq (332,2/1,4)/10^3 \dots a = 0,237 \text{ m} = 23,7 \text{ cm}$ } $a = 25 \text{ cm}$

3 — DIŞ DUVAR TEMELİ HESABI

$N_d = 332,2 \text{ kN/m}$

$N_o = 332,2/1,4 = 237,3 \text{ kN/m}$

Temel ebadı ;

Temel yüksekliği $h = 60 \text{ cm}$ alalım. Temel ağırlığından gelen gerilme,

$\sigma_g = 0,60 \cdot 25 = 15 \text{ kN/m}^2$

Temel alanı,

A(6.1) ile, $A_t = B \cdot 1,00 \geq 237,3/200 - 15 \dots B \geq 1,28 \text{ m} \dots B = 2,60 \text{ m}$ alalım.

N_o yükünden dolayı temel altında üniform gerilme için temele verilecek eksantrisite,

A(4.2) ile, $e_1 = 2,60^2/12 \cdot 40,25 = 0,014 \text{ m}$.

Üniform gerilme,

$\sigma_o = 237,3/1,00 \cdot 2,60 = 91,3 \text{ kN/m}^2/\text{m}$

Şekil ; 6.1 in analizinden,

$\overline{AE} = \overline{EB} = a = (\frac{B}{2} + e_1 - \frac{d}{2})/2 = (1,30 + 0,014 - 0,25)/2 = 0,532 \text{ m}$

$R_1 = R + e_1 - (d/2 + a) = 40,25 + 0,014 - (0,25 + 0,532) = 39,482 \text{ m}$

$\alpha = 1/R = 1/40,25 \text{ rad.}$

$\overline{EF} = R_1 \alpha = 39,482 \cdot 1/40,25 = 0,98 \text{ m}$

Su zati yükü,

$q_{su} = 9,95 \cdot 10 = 99,5 \text{ kN/m}^2$

ABCD yüzeyine gelen bileşke su yükü,

$N_{su} = (2a) \overline{EF} q_{su} = 2 \cdot 0,532 \cdot 0,98 \cdot 99,5 = 103,3 \text{ kN/m}$

Bu kuvvet ABCD yüzeyinin G ağırlık merkezine etkiyecektir. Yani,

A(4.2) ile, $e_2 = (2 \cdot 0,532)^2/12 \cdot 39,482 = 0$

N_{su} kuvvetinin temel orta noktasına göre momenti,

$M_{su} = N_{su} (a + d/2 - e_1) = 103,3 (0,532 + 0,25 - 0,014) = 78,50 \text{ kNm/m}$

Su yükünden gelen gerilmeler,

A(6.2) ile, $\sigma_{1,2}^{su} = \frac{103,3}{1,00 \cdot 2,60} \mp \frac{6 \cdot 78,50}{1,00 \cdot 2,60^2} = 39,7 \mp 69,6 \rightarrow \begin{cases} \sigma_1^{su} = 109,3 \text{ kN/m}^2/\text{m} \\ \sigma_2^{su} = 29,9 \text{ kN/m}^2/\text{m} \end{cases}$

N_o ve su yükünden gelen gerilmeler,

$\sigma_1 = 91,3 + 109,3 = 200,6 \text{ kN/m}^2/\text{m} \approx \sigma_{zem} = 200 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_2 = 91,3 + 29,9 = 121,2 \text{ kN/m}^2/\text{m} > 0$

Temel altındaki zemin (hesap) gerilmesi,

$q_d = 332,2/1,00 \cdot 2,60 = 127,7 \text{ kN/m}^2/\text{m}$

Şekil ; 6.2 nin analizinden,

$R_1 = R + B/4 = 40,25 + 0,65 = 40,90 \text{ m}$

$$A(4,2) \text{ ile, } e = (1,30)^2 / 12 \cdot 40,90 = 0,0034 \text{ m}$$

$$\overline{AB} = R_1 \alpha = 40,90 \cdot 1 / 40,25 = 1,0162 \text{ m}$$

$$A(6,3) \text{ ile, } M_d = 1,30 \cdot 1,0162 \cdot 127,7 \cdot (0,0034 + 0,65) - 0,014 \cdot 332,2 = 105,577 \text{ kNm/m}$$

$$M_d = 10557,7 \text{ kNcm/m}$$

Eğilme donatısı,

$$A(3,11) \text{ ile, } A_{smin} = 0,0015 \cdot 100 \cdot (60 - 5) = 8,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A(3,12) \text{ ile, } K = 100 \cdot 55^2 / 10557,7 = 28,65 \text{ cm}^2/\text{kN} \dots k_2 = 0,975 \text{ (Çiz.10)}$$

$$A(3,13) \text{ ile, } A_s = 10557,7 / 0,975 \cdot 55 \cdot 36,5 = 5,41 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{smin}$$

$$\text{Seçilen: } \#12/13,5 (8,38 \text{ cm}^2/\text{m}), L = 370 \text{ cm}$$

Tevzî donatısı ;

$$\frac{0,0025}{0,0015} \cdot 8,25 \% 20 = 3,44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Seçilen: } \#8/14,5 (3,47 \text{ cm}^2/\text{m})$$

4 _ RADYE HESABI

1. alternatifde olduğu gibi.

Seçilen: R188_(x) + R188_(y) Beton çelik hasırı

5 _ METRAJ

I _ ALT YAPI

1 _ KAZI İŞLERİ

1.1 _ Temel kazısı (temel altında 10cm grobeton olacağına göre),

$$V = \pi \cdot (40,25 + 1,30)^2 \cdot (0,60 + 0,10) = 3796,6 \text{ m}^3$$

1.2 _ Zemin tesviyesi,

$$A = \pi \cdot 41,55^2 = 5423,7 \text{ m}^2$$

1.3 _ Dolgu ve sıkıştırma,

$$V = \pi \cdot (40,25 - 1,30)^2 \cdot 0,50 = 2383,1 \text{ m}^3$$

2 _ KALIP İŞLERİ

2.1 _ Grobeton kalıbı,

$$A = 2\pi \cdot (41,55 + 38,95) \cdot 0,10 = 50,6 \text{ m}^2$$

2.2 _ Temel kalıbı,

$$A = \frac{0,60}{0,10} \cdot 50,6 = 303,6 \text{ m}^2$$

2.3 _ Radye kalıbı,

$$A = 4 \cdot 38,95 \cdot 0,20 = 31,2 \text{ m}^2$$

3 _ BETON İŞLERİ

3.1 _ Grobeton,

$$V = \pi \cdot (41,55^2 - 38,95^2) \cdot 0,10 = 65,8 \text{ m}^3$$

3.2 _ Temel betonu,

$$V = \frac{0,60}{0,10} \cdot 65,8 = 394,8 \text{ m}^3$$

3.3 — Radye betonu,

$$V = \frac{0,20}{0,50} \cdot 2383,1 = 953,2 \text{ m}^3$$

4 — B.A. DONATI İŞLERİ

4.1 — Temel donatısı,

$$\phi 8 \dots G = \pi \cdot (41,55^2 - 38,95^2) \cdot 3,47 \cdot 7,85 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 1,97 \text{ t}$$

$$\phi 12 \dots G = \pi \cdot (41,55^2 - 38,95^2) \cdot 8,38 \cdot 7,85 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 4,76 \text{ t}$$

4.2 — Radye donatısı,

$$R188 \dots G = 2 \cdot (953,2 / 0,20) \cdot 4,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 44,04 \text{ t}$$

5 — BETON AKSESUARLARI

5.1 — Neopren mesnet,

Kesit : $20 \times 250 \text{ mm}$

$$L = 2\pi \cdot 40,25 = 253,00 \text{ m}$$

5.2 — Diletasyon derzi fugası,

Kesit :

$$L = 4 \cdot 38,95 = 156,00 \text{ m}$$

5.3 — Plastik tıkaç,

Kesit : $20 \times 30 \text{ mm}$

$$L = 2\pi \cdot (40,50 + 40,00) + 156,00 = 662,00 \text{ m}$$

II — ÜST YAPI

1 — KALIP İŞLERİ

1.1 — Duvar kalıbı ($d=50 \text{ cm}$),

$$A = 5293,8 \text{ m}^2$$

1.2 — Duvar kalıbı ($d=40 \text{ cm}$),

$$A = 2\pi \cdot (40,50 + 40,10) \cdot 7,72 = 3924,2 \text{ m}^2$$

1.3 — Basınç çemberi kalıbı,

$$A = 2\pi \cdot (40,50 + 40,10) \cdot 0,40 = 203,3 \text{ m}^2$$

1.4 — Dairesel çatı plağı kalıbı,

$$A = \pi \cdot 2,00^2 + 2\pi \cdot 2,30 \cdot 0,125 = 14,4 \text{ m}^2$$

2 — BETON İŞLERİ

2.1 — Duvar betonu ($d=50 \text{ cm}$),

$$V = 1395,4 \text{ m}^3$$

2.2 — Duvar betonu ($d=40 \text{ cm}$),

$$V = \pi \cdot (40,50^2 - 40,10^2) \cdot 7,72 = 781,9 \text{ m}^3$$

2.3 — Basınç çemberi betonu,

$$V = \frac{0,40}{7,72} \cdot 781,9 = 40,5 \text{ m}^3$$

2.4 — Dairesel çatı plağı betonu,

$$V = \pi \cdot 2,30^2 \cdot 0,125 = 2,1 \text{ m}^3$$

2.5 — Prefabrik çatı elemanı betonu,

$$V = \pi \cdot [(37,95 + 2,30)^2 - 2,30^2] \cdot 0,10 = 507,3 \text{ m}^3$$

3 — B.A. DONATI İŞLERİ

3.1 — Duvar (d=50cm) donatısı,

$$\phi 12 \dots G = 51,73 \text{ t}$$

3.2 — Duvar (d=40cm) donatısı,

$$\phi 12 \dots G = 2\pi \cdot (40,50 + 40,10) \cdot 7,72 \cdot (4,04 + 9,42) \cdot 7,85 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 45,44 \text{ t}$$

3.3 — Basınç çemberi donatısı,

$$\phi 12 (S220) \dots G = [\pi \cdot (40,50^2 - 40,10^2) \cdot 2 + 2\pi \cdot (40,50 + 40,10) \cdot 0,40] \cdot 18,83 \cdot 7,85 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 = 6,60 \text{ t}$$

$$\phi 14 \dots G = 2 \cdot 2\pi \cdot [(40,50 - 0,05) + (40,10 + 0,05) + (40,15 + 0,10) + (40,25 + 0,10)] \cdot 1,209 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 2,70 \text{ t}$$

3.4 — Dairesel çatı plağı donatısı,

$$R131 \dots G = \pi \cdot 2,30^2 \cdot 2,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 0,04 \text{ t}$$

3.5 — Prefabrik çatı elemanı donatısı,

$$R131 \dots G = (507,3 / 0,10) \cdot 1,65 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 9,20 \text{ t}$$

4 — ÖNGERİLME DONATI İŞLERİ

4.1 — Duvar (d=50cm) öngerilme donatısı,

$$\begin{aligned} (5-18) \text{ VSL-Süper} \\ (5-3) \text{ VSL-Standart} \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} (5-18) \text{ VSL-Süper} \\ (5-3) \text{ VSL-Standart} \end{aligned}} \right\} G = 78,73 \text{ t}$$

4.2 — Asma çatı kablo donatısı,

$$(5-4) \text{ VSL-Standart} \dots G = 63 \cdot (438,84 \cdot 7,4 \cdot 10^{-4}) \cdot 1,1 = 7,97 \text{ t}$$

5 — BETON AKSESUARLARI

5.1 — Çatı izolasyonu,

$$A = \pi \cdot [(37,95 - 2,30 + 0,10 + 0,40 + 0,10)^2 - 2,30^2 + (0,125 + 2,30)^2] = 4940,8 \text{ m}^2$$

5.2 — Suya mukavim badana,

$$A = 2\pi \cdot 40,00 \cdot 9,95 + \pi \cdot 40,00^2 = 7527,3 \text{ m}^2$$

5.3 — Servis merdiveni,

Enine lama,

$$L = 2,26 \text{ m}$$

$$(n+1) \cdot 0,60 = 18,50 + 10,40 \dots n = 48 \text{ adet (dış+iç)}$$

$$G_1 = 48 \cdot 2,26 \cdot (540) \cdot 10^{-6} \cdot 7,85 \cdot 1,1 = 0,18 \text{ t}$$

Boyuna çubuk,

$$L = 5 \cdot (16,50 + 8,40) = 124,50 \text{ m}$$

$$G_2 = 124,50 \cdot 3,551 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 0,48 \text{ t}$$

$$\left. \vphantom{\begin{aligned} G_1 = 0,18 \text{ t} \\ G_2 = 0,48 \text{ t} \end{aligned}} \right\} G = 0,66 \text{ t}$$

1" boru basamak,

$$L = 0,80 \text{ m}$$

$$(n+1) \cdot 0,25 = 18,50 + 10,40 \dots n = 116 \text{ adet (dış+iç)}$$

$$G_1 = 116 \cdot 0,80 \cdot 1,924 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 0,19 \text{ t}$$

1" düşey boru,

$$L = 2 \cdot (18,50 + 10,40) = 57,80 \text{ m}$$

$$G_2 = 57,80 \cdot 1,924 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 = 0,12 \text{ t}$$

$$\left. \vphantom{\begin{aligned} G_1 = 0,19 \text{ t} \\ G_2 = 0,12 \text{ t} \end{aligned}} \right\} G = 0,31 \text{ t}$$

$$\Sigma G = 0,66 + 0,31 = 0,97 \text{ t}$$

Madde No	AÇIKLAMA	Birim	Miktar	Birim fiyat	Tutarı (\$)
B	İKİNCİ ALTERNATİF ÇÖZÜM				
I	ALT YAPI				
1	KAZI İŞLERİ				
1.1	Temel kazısı (makine ile sert toprak)	m ³	3796,6	4,50	17084,70
1.2	Zemin tesviyesi	m ²	5423,7	0,50	2711,85
1.3	Dolgu ve sıkıştırma	m ³	2383,1	7,20	17158,32
2	KALIP İŞLERİ				
2.1	Grobeton kalıbı	m ²	50,6	8,05	407,33
2.2	Temel kalıbı	m ²	303,6	8,05	2443,98
2.3	Radye kalıbı	m ²	31,2	8,05	251,16
3	BETON İŞLERİ				
3.1	Grobeton	m ³	65,8	70,00	4606,00
3.2	Temel betonu	m ³	394,8	85,00	33558,00
3.3	Radye betonu	m ³	953,2	85,00	81022,00
4	B.A. DONATI İŞLERİ				
4.1	Temel donatısı (φ8)	t	1,97	620,00	1221,40
	(φ12)	t	4,76	690,00	3284,40
4.2	Radye donatısı (R188)	t	44,04	800,00	35232,00
5	BETON AKSESUARLARI				
5.1	Neopren mesnet (20×250mm)	m	253,00	80,00	20240,00
5.2	Diletasyon fugası	m	156,00	7,00	1092,00
5.3	Plastik tıkaç (20×30mm)	m	662,00	1,00	662,00
II	ÜST YAPI				
1	KALIP İŞLERİ				
1.1	Duvar (d=50cm) kalıbı	m ²	5293,8	35,00	185283,00
1.2	Duvar (d=40cm) kalıbı	m ²	3924,2	35,00	137347,00
1.3	Basınc çemberi kalıbı	m ²	203,3	25,00	5082,50
1.4	Dairesel çatı plağı kalıbı	m ²	14,4	30,00	432,00
2	BETON İŞLERİ				
2.1	Duvar (d=50cm) betonu	m ³	1395,4	120,00	167448,00
2.2	Duvar (d=40cm) betonu	m ³	781,9	120,00	93828,00
2.3	Basınc çemberi betonu	m ³	40,5	95,00	3847,50
2.4	Dairesel çatı plağı betonu	m ³	2,1	85,00	178,50
2.5	Prefabrik çatı elemanı betonu	m ³	507,3	200,00	101460,00
3	B.A. DONATI İŞLERİ				
3.1	Duvar (d=50cm) donatısı (φ12)	t	51,73	790,00	40866,70
3.2	Duvar (d=40cm) donatısı (φ12)	t	45,44	790,00	35897,60
3.3	Basınc çemberi donatısı (φ12) S220	t	6,60	620,00	4092,00
	(φ14)	t	2,70	790,00	2133,00
3.4	Dairesel çatı plağı donatısı (R131)	t	0,04	800,00	32,00
3.5	Prefabrik çatı elemanı donatısı (R131)	t	9,20	800,00	7360,00
4	Çekme çemberi (komple)	—	—	2500,00	2500,00
5	ÖNGERİLME DONATI İŞLERİ				
5.1	Duvar (d=50cm) öngerilme donatısı (5-18)VSL-Süper, (5-3)VSL-Standart	t	78,73	2500,00	196825,00
5.2	Asma çatı kablo donatısı (5-4)VSL-Standart	t	7,97	2500,00	19925,00
6	BETON AKSESUARLARI				
6.1	Çatı izolasyonu	m ²	4940,8	20,00	98816,00
6.2	Suya mukavim badana	m ²	7527,3	2,50	18818,25
6.3	Servis merdiveni	t	0,97	750,00	727,50
	TOPLAM				1343874,69

C - KARŞILAŞTIRMA

Her iki alternatifte de dış duvar, yani depo cidarı, su seviyesine kadar öngerilmeli beton olarak hesap edilmiştir. Öngerilme donatısı olarak VSL kabloları kullanılmıştır.

Birinci alternatifte çatı, T kesitli prefabrik öngerilmeli beton çatı elemanları ile düz olarak teşkil edilmiştir. T elemanlar, merkezde ortası boş merkezî kolon, kenarda depo cidarı ve arada ise iki adet L kesitli dairesel kiriş üzerine mesnetlendirilmiştir. T kesitli prefabrik kirişler sadece bir ucunda elastik mesnet plakası üzerine oturtulmuştur. L kesitli dairesel kirişler 14 ve 28 adet kolon üzerine mesnetlendirilmiştir. Merkezî kolonun orta boşluğu üstü dairesel plak ile kapatılmıştır. Depo cidarı, daire halkası şeklinde mütemadî elastomer mesnet üzerine oturmaktadır.

Depo cidarı için daire halkası şeklinde mütemadî temel, merkezî kolon için daire plâk temel ve kolonlar için münferit temel yapılmıştır. Depo tabanına da min. kalınlıkta radye döşeme öngörülmüştür.

İkinci alternatifte çatı, ters küre kapağı şeklinde asma kablolu olarak teşkil edilmiştir. Kabloların üzeri prefabrik hafif beton çatı elemanları ile kapatılmıştır. Kablolar, kenarda basınç çemberine, merkezde çekme çemberine öngerilme ankraj elemanları ile tesbit edilmiştir. Çekme çemberinin üzeri daire plak ile kapatılmıştır. Basınç çemberi, depo cidarı üzerine ilave olarak teşkil edilen B.A. perde duvar üzerine oturmaktadır.

Depo cidarı için yine daire halkası şeklinde mütemadî temel yapılmıştır. Depo tabanı için yine min. kalınlıkta radye döşeme öngörülmüştür.

Tasarlama ve hesaplarda TS3233 (1978) ve TS500 (1981) kayıtlarına bağlı kalınmış, ayrıca, öngerilme kabloları için, VSL'nin kullanma talimatına uyulmuştur.

Üretim maliyetleri, halen uluslar arası piyasada, Ortadoğu Arap Ülkeleri için geçerli birim maliyetlerin ortalamaları gözönünde bulundurularak hesaplanmıştır. Buna göre depo maliyeti,

Birinci alternatif proje için 1271658,86 \$

İkinci alternatif proje için 1343874,69 \$ olarak bulunmuştur.

Bu tür yapılar için asma çatılı sistemlerin daha ekonomik olacağı yönünde bir önyargı olmakla birlikte, asma çatıyı kurabilmek için yüksek kenar ayakların teşkiline ihtiyaç olması, bunun, depo tipi yapılarda düz çatıya nazaran, ilave maliyet getirmesi sebebiyle; yapılan hesaplar da açıkça göstermektedir ki, düz prefabrik çatı ile düzenlemeye nazaran, asma çatı bir avantaj getirmemektedir.

Kaldı ki, prefabrik düz çatılı teşkilde, yapıda meydana gelecek bir

hasar mevzi kalır, tamiri kolaydır. Ayrıca, asma çatının bakım maliyeti yüksek olacaktır.

Sonuç olarak, üretim maliyetinin de nisbeten düşük olması gözönüne alındığında birinci alternatif oldukça tercihe şayan bulunacaktır.

- [1] Zekeriya POLAT - Öngörülen Beton Ders Notları
- [2] Hüseyin CELASUN, Zekeriya POLAT - Öngörülen Beton - Kurtalmış Malbaası - 1974
- [3] Aliyar B. YILDIZ - Betonarme Tasarım Gücü İhtisazı Göre Hesap - İstanbul 1982
- [4] SPINSHENKO - Plak Ve Kabaçlar Teorisi - LTU M. Fak. Malbaası 1994
- [5] Hüseyin CELASUN - B.A. Yapılar - Çoğlayan Kitabevi İstanbul 1974
- [6] Hüseyin CELASUN - Yapı Sistemlerinin Matris Analizi Ve Sonlu Elemanlar Metodu - E.D.M.M.A. Eskişehir 1976
- [7] Hüseyin CELASUN - B.A. Yapılar - E.D.M.M.A. İstanbul 1980
- [8] Hüseyin KARATAŞ - Anahat Sistemler - LTU M. Fak. İstanbul 1973
- [9] Uğur ERDOY, E. Sin ATINTAY - Betonarme Temel Elemler Ve Hesap Yöntemleri - Güneş Kitabevi, Yayıncılık Ankara
- [10] LOSINGER LTD - Bern Switzerland - YSL Makina

REFERASLAR

- [1]..... Zekeriya POLAT - Öngerilmeli Beton Ders Notları
- [2]..... Hüseyin CELASUN, Zekeriya POLAT - Öngerilmeli Beton - Kurtulmuş Matbaası - İstanbul, 1974.
- [3]..... Altay GÜNDÜZ - Betonarme Taşıma Gücü İlkesine Göre Hesap - İstanbul, 1980.
- [4]..... S.TIMOSHENKO - Plak Ve Kabuklar Teorisi - İ.T.Ü. İnş.Fak. Matbaası, 1964.
- [5]..... Hüseyin CELASUN - B.A. Köprüler - Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1974.
- [6]..... Hüseyin CELASUN - Yapı Sistemlerinin Matris Analizi Ve Sonlu Elemanlar Metodu - E.D.M.M.A. Eskişehir, 1976.
- [7]..... Hüseyin CELASUN - B.A. Yapılar - İ.D.M.M.A. İstanbul, 1980.
- [8]..... Hasan KARATAŞ - Asma Sistemler - İ.T.Ü. Mim.Fak. İstanbul, 1979
- [9]..... Uğur ERSOY, Ergin ATIMTAY - Betonarme Temel İlkeler Ve Hesap Yöntemleri - Güven Kitabevi Yayınları Ankara
- []..... LOSINGER LTD Berne/Switzerland - VSL Kılavuzu

