

Betonarme Maden Galeri Tahkimatının Boyutlandırılması

Yazan :
Ergin ARIOĞLU *

ÖZET:

Yazfa, akrogaj, uzun Ömürlü kat lağımları ve plâstik formasyonlarda açılan galerilerde tatbik edilen betonarme tahkimatın boyutlandırılması anlatılmıştır.

Konu, üç ana bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde, betonarme galeri tahkimatının madencilikte tatbikati, ikinci bölümde, betonarme galeri tahkimatının boyutlandırılması, ve bu konuda Terzaghi yük tablosunun uygulanması : Üçüncü bölümde, nümerik olarak büyük eksenli Mte-II basınca ve çekmeye maruz galeride kaplama kesitinin statik ve betonarme hesabı yapılmış demir? teçizatın yerleşmesi galeri kesitinde proje edilmiştir.

ABSTRACT :

The reinforced concrete design of gallery dimensions in long life pit bottom roads and plastic formations has been fully explained.

The subject is dealt in three sections : In first section, in the application of reinforced concrete in mine supports, in second section, the design of gallery dimensions and application of Terzaghi load table, in third section, a numerical example is made on eccentric tensional loads and amount of steel needed is determined and of steel needed is determined and placed on the gallery section.

1. Betonarme Galeri Tahkimatının Madencilikte Tatbikati :

Betonarme Galeri Tahkimatı, beton ve çelikten yapılır. Beton basınç mukavemeti fazla, Çekme mukavemeti çok olmayan bir strüktür malzemesidir. Bu sebepten dolayı yalnız betondan yapılan, eğilme gerilmesine maruz galeri kaplamaları bunlarda hem basınç ve hem de çekme gerilmeleri meydana geldiğinden, pek az yük taşırlar.

Eğilme gerilmesine çalışan bir galeri kaplamasının çekmeye maruz yerlerine çelik çubuklar yerleştirilirse, bu kaplamanın taşıyabileceği yük çok daha fazladır. Çelik çubuklar betonun karşılamadığı çekme gerilme çalışarak galeri kaplamasının çekmeye çalışan kesit kısımlarının birbirinden ayrılmasına engel olurlar. Yukarıdaki açıklamalardan şu önemli sonuç çıkar : Meydana gelen basınç gerilmesi beton tarafından, çekme gerilmeleri de çelik tarafından karşılanır; çelik çubuklar galeri kaplamasının çekmeye çalıştığı bölgeye konur. Betonarme galeri tahkimatı, madencilikte şu yerlerde tatbik edilir :

— Düşey yükleme halinde; düşey yükün fazla olduğu yerlerde,

— Hidrostatik yükleme durumunda galeri kaplamasında eğilme gerilmesi pratik olarak ihmal edilecek değerdedir. Bu halde normal gerilme fazla olup, betonun kaplama kalınlığını da büyük boyutta almak gerekir. Kaplama kalınlığını azaltarak ekonomi sağlanması için, çelik çubuklar konularak galeri Hidrostatik yükleme (Yatay basıncı = Düşey basınç) çok derinlerde veya plastik formasyonlarda açılmış galerilerde mevcuttur. Bilhassa fay zonları ve killi horizonlarda açılan galerilerde betonarme tahkimat kullanılması zardır.

* Maden T. Müh. Asistan, t.T.Ü.

— Betonarme galerinin avantajlarından biri de dayanıklılığını çok uzun zaman (40-50 sene) muhafaza etmesidir. Yükleme durumundan bağımsız olarak uzun ömürlü büyük kesitli kat, akrosaj galerilerinin tahkimatı betonarme olarak yapılmaktadır.

2. Betonarme Galeri Tahkimatının Boyutlandırılması :

2.1. Galerinin Geometrik Büyüklükleri :

2.1.1. Galeri Kesit Şekilleri :

Ana kat ve okroşaj galerine uygulanan kesit şekilleri, içinde açıldığı tabakaların türüne, tabakaların basınç dağıtımına, kullanılacak maksada, derinliğine ve görev ömrüne bağlıdır. Bu kesitler trapez, kare, dairesel, elips sekilerinde olabilir.

Galeri kesit şeklinin seçiminde tabakaların meydana getirdiği basınç dağılımı ve şiddeti, galeri derinliği birinci derecede rol oynar. Tektonik gerilmelere maruz kalmış, kırılmış, ezilmiş plâstik formasyonlarda açılan galeri kesit şekilleri, at nalı, dairesel veya elips şeklinde olmalıdır. Tavandan gelen basınç çok büyük ise kesit eliptik yapılmalıdır. Derinliği fazla olan galeriler hidrostatik yüklemeye maruz kaldıklarından kesit şekilleri dairesel veya elips olmalıdır. Bilhassa şiddetli taban kabarmaları gösteren killer içinde açılmış galerilerin kesit şeklinin dairesel olması şayanı tavsiyedir. Sağam, homojen, strüktür kesikliği (fay, kıvrım, çatlak) az olan formasyonlarda galerye istenen geometrik kesit verilebilir.

Madencilikte betonarme galeri tahkimatında kullanılan kesit şekli, genellikle dış tabanı eğri iç yüzeyi dairesel ve elipsoid çeşitleridir. Pratikte inşa kolaylığı ve hızı bakımından dairesel kesitler daima tercih edilmektedir.

2.1.2. Geometrik Boyuttan:

Pratik madencilikte tatbik edilen galeri kesit şekilleri çeşitli olmaları nedeniyle sadece bir kesite ait boyutlar verilmiştir. (Yer tasarufu için diğer şekillerin boyutları verilmemiştir) (Şekil-1).

Şekil -1 de verilen kesit şekli, halen E.K.I. Asma-170 akrosajında tatbik edilmektedir.

	$t = \frac{r}{2}$	$t = \frac{r}{3}$	$t = \frac{r}{6}$
Y	7°00'54.0"	7°14'14.2"	7°29'22.5"
D	0.92705r	0.82405r	0.72104r
Z	2.50324r	2.35243r	2.19770r

GALERİ BOYUTLARI vE İNCELENEN NOKTALARIN KONUMU
SEKİL 1

2.1.3. Betonarme Galeri Tahkimatının Kaplama Kalınlığı :

Galeri beton kaplama kalınlığının kesin bir hesabı yoktur. Genellikle pratikte amprik esaslar dahilinde kaplama kalınlığı (et kalınlığı) tayin edilir. Bu amprik formüller Maden Mühendisine bazı hesaplar yapmak imkânını sağlar.

P. Brinkhans, dövme betondan yapılmış dairesel galeri ve kuyularda t (cm) kaplama kalınlığını, D (cm) galerinin iç çapını gösterdiğine göre :

$$t = \frac{D}{10} + (5 \text{ ila } 12^{0T}) \quad (1)$$

ve betonarme galeri ve kuyularda,

$$t = \frac{D}{12} + (5 \text{ ilâ } 10^{cm}) \quad (2)$$

almağı tavsiye etmektedir. ((2) ifadeye dikkat edirse betonarme galeri tahkimatında alınacak kaplama kalınlığı grobetonda alınacak kaplama kalınlığından daha azdır).

Kaplama kalınlığının ortalama olarak tayinine yarayan baş parmak kaidesi olarak anılan eskiden beri uygulanan bir kaide vardır :

«Galeri iç çapının her 30 cm. si için kaplamaya 2,5 (cm.) kalınlık verilir» Bu ifade kısaca,

$$t = \frac{1}{12}D \quad (3)$$

ile formüle edilir.

Yumuşak formasyonlarda $t > 20$ (cm.)

Sert formasyonlarda $t > 15$ (cm.)

alınmalıdır.

Sağlam formasyonlarda kaplama kalınlığı, yukarıda verilen formüllerde bulunan kaplama kalınlığından daha az alınabilir.

Projeyi yapan Maden Mühendisi, her zaman, galeri içinde beton kaplamanın tahmin edilebileceği kadar zor olduğunu ve küçük kaplama kalınlıklarını tam doldurulamıyacağını düşünmelidir.

2.2. Arazi Yükleri :

Betonarme galeri tahkimatının boyutlandırma hebasına geçmeden evvel açılmış olan galerinin üst ve yanlarında, geçebilecek zeminin hududunu ve bu ki'tle dolayısıyla gelecek statik yükleri hesap etmek gerekir.

Tahkimat üzerine gelen yükleri çok kesin olarak [hesaplamak imkânsızdır. Bu yükler, birçok faktörlerin fonksiyonudur. Genel olarak gaeri üzerine gelen yükler aşağıdaki faktörlere bağlı olarak değişir.

— Galerinin geçtiği formasyonun cinsi, sertliğine ve içsel sürtünme açısına,

— Geçilen formasyonun kesiklik durumuna (fissür, çatlak, fay, tabakalaşma ve şistiyet plânları),

— Galeri güzergâhının, yeraltı su tablasının atından veya üstünden geçme durumu,

— Açılan galerinin derinliğine,

— Galerinin hafriyat genişliğine ve yüksekliğine.

Yukarıdaki faktörlere bağlı olarak galerinin tavan ve yanlarına gelen yüklerin dağılımı ve şiddeti çeşitlidir. Bu yükler metre kare başına 0 ila 50 (ton) arasında olabildiği gibi bazan 100 (ton) değerinde de olabilir.

Prof. Dr. Müh. Kari TERZAGHI, açılmış bir galerinin üst ve yanlarında geçebilecek ve tahkimat tarafından taşınması gerekli olan kitleyi — ki buna yük veren yükseklik denilir — tespit için uzun araştırma ve tecrübeler yaparak kayaç içinde açılmış galeri de, yük veren yüksekliğe tesir eden parametreleri aşağıda verilen formülde toplanmıştır :

$$H_y = K (B + H_i) \quad (4)$$

H_y = Yük veren yükseklik

K = Kayaçın cinsine ve Jeolojik kesikliğine bağlı sayı

B = Galeri hafriyat genişliği

H_i = Galeri hafriyat yüksekliği

Prof. dr. Müh. K. Terzaghi'nin sınıflaması, Türkiye'de D.S.İ. Etüd - Plân Dairesi elemanları tarafından da biraz modifiye edilerek uygulanmaktadır. Uygulanan Şekil Tablo 1 de vermiştir (K. Terzaghi'nin verdiği yük değerleri pratikte geniş uygulama sahası bulunması nedeniyle boyutlandırma hesabında yük değerleri Tablo 1 den alınacaktır).

Galeriye gelen düşey basınç :

$$\delta_v = y \cdot H_y = y \cdot K (B + B_i) \quad (5)$$

formülü ile hesaplanır.

Burada :

y = Formasyonun ortalama yoğunluğu, ($t/m.^3$),

δ_v = Galeriye gelen düşey basınç, ($t/m.^2$)

H_y = Yük veren yükseklik, (m.) dir.

K. Terzaghi tablosuna dikkat edilirse 6 no. lu formasyona kadar yatay basıncın değeri sıfırdır. Yatay basınç, tamamen parçalanmış formasyonlarda, kilerde, kil mineraleri ihtiva eden kütlelerde ve bentonit gibi çok şişen killer içinde açılmış galerilerde mevcuttur. Yatay basıncın dağılımı ve şiddeti çok çeşitli faktörlere bağlıdır. Projelerde genellikle yatay basıncın dağılımı uniform kabul edilir. Yatay basıncın değeri (6) formülü ile hesaplanır.

$$S_h = (0.50 \wedge 1.00) S_v \quad ()$$

S_h = Yatay basınç, ($t/m.^2$)

S_v = Düşey basınç, ($t/m.^2$)

Çok derinlerde veya plâstik formasyonlarda açılmış galerilerde yatay basınç $\delta_h = S_v$ dir.

Düşey yükler nedeniyle galeri temelinde meydana gelen gerilme dağılımı için bir kabul yapmak gerekir. Temeldeki gerilme

TABLO t 1 – TÜBKÜYEİFFİ TÜNEL VE GALERİLERDE UYGULANAN TEBZAGHİ ZEMİN SINIFLANDIRMASI (D.S.L ETÜD PLAN)

ZemJa No.	İsmi	Yük veren yükseklik	Tahkimat şekH	Pasif etkisi	Eb/Ezo kg/cm»	Tahkimatsız durma »üresi	Açıklama
2	Sağlam, tabakan veya, şişti.	Düşey yük: 0 - 0,5 B Yatay yük: 0	Kaya cıvatası veya az tahkimat	Var	1-10	1-2 gün Sonsuz	Az çatlaklı tortul kütleler .masif ve sağlam metamorfikler.
3	Masif ve az çatlaklı.	Düşey yük: 0-0.25B Yatay yük: 0	Kaya cıvatası veya tahkimat	Var	VI 1	Sonsuz	Normal sayıda kırıklı veya çatlaklı. Çatlak aralarında kuvars, kalfit gibi bağlayıcılar iyi, kil fena etki yapar.
*4	Oldukça parçalı ve damarlı.	Düşey yük: 0,25- 0,35 (B+Ht) Yatay yük: 0	Kaya cıvatası 2 m. aralıklı veya uygun tahkimat	Var	1-10	2-3 saat 1-2 gün	Ortalama parça büyüklüğü 10 emden büyük olan kütleler, genel olarak, fay yakınlarında ve makaslama zonlarında görülür.
1 *5	Çok parçalı ve damarlı.	Düşey yük: 0,35-1,10(B+Ht) Yatay yük: 0 veya çok az.	Dairesel tahkimat veya fleksibil kaplama	Var	10	2-3	Ortalama parça büyüklüğü 10 emden küçük olan kütleler, genel olarak, fay kenarlarında ve makaslama zonlarında görülür.
6	Tamamen parçalanmış fakat ayrılmamış.	Düşey yük: 1,10(B+Ht) Yatay yük: + 0,50 düşey yük.	Dairesel tahkimat veya fleksibil kaplama	Yok gibi	100-1000	1-2 gün - 0	Tamamen parçalanmış zeminler, kuvarsit, granit gibi sert kültelerin mekanik ufalanması ile oluşur.
7	Sıkışmış (orta derinlikte)	Düşey yük: « 1,10-2,10(B+Ht) Yatay yük: + 0,75 düşey yük	Dairesel tahkimat veya fleksibil kaplama	Yok	1000-10000	1-2 gün - 0	Killer ve kil mineralleri ihtiva eden kütleler.
8	Stfaşnug (çok derinlikte)	Düşey yük:" 2,10-4,50(B+Ht) Yatay yük: + 1,00 düşey yük	Dairesel tahkimat ters kemer ve fleksibil kaplama	Yok	10000	1-2	Killer, jipsler ve tuz damları.
"	Şişen	Düşey yük:* 4,50(B-fHt)75m. Yatay yük: + 1,00 düşey yük	Dairesel tahkimat fleksibil kaplama	Yok	10000	1-2 saat - 0 3 1	Montmorillonit, bentonit gibi çok şişen killer.

Not : * Tünel yeraltı su seviyesi altında ise 4 ve 5'dekl yükler 1,5 ile çarpılır.

+ Gerçek değerler (Hennés) deneyi ile bulunur. (H. W. Richardson - R. S. Mayo Practical tunnel driving: Sayfa 30. Bak.).

x Gerçek değerler (şişme) deneyi ile bulunur. Düşey yük $1,10 (B + Ht) \sim \sqrt{E}$, x = basınçsız şişme yüzdesi. E = elâstisite modülü $\wedge 300$ T/M? alınabilir. Basınç altında şişme deneyi yapılabiliyorsa $\wedge 1 = 0$ haline karşıt gelen Per, E: yerine formüle konur.

° Eb/Ez gerçek değerleri (1/1 Ölçekli elâstisite modülü) deneyi Ue bulunur. Hb: Beton elâstisite modülü Ez: Zemin elâstisite modülü.

dağılımı temel zeminin elastisite modülüne bağlıdır. Temel zeminin elastisite modülü art- bağıdır. Temel zeminin elastisite modülü art doğru artar. Elastisite modülü azaldıkça gerilme dağılımı uniform olur. Galerinin zemin içindeki yatakanma serîde (galerinin zemin cidarı tarafından kavranması) temel- deki yük dağılımını etkiler.

Projelerde, temel reaksiyonu formasyon cinsine bağlı olarak sert formasyonlarda üç gen, yumuşak formasyonlarda düzgün yayı- lı yük olarak kabul edilir.

2.3. Kesit Tes'irleri :

2.3.1. Genel:

Tek gözlü, 8 farklı geometrik şekilde ga- lerinin «Beggs döformeter» aracı ile yapılmış gerilme analizlerinin neticeleri «Bureau of Reclamation» tarafından bulunmuştur. Bütün kesit şekillerine virtuel iş metodu tat- biki edilerek kısmen analitik yoldan kontrol- leri de yapılmıştır.

Eğilme momenti, normal ve kesme kuv- vetleri reaksiyon katsayıları, galeri beton kaplama kalınlığının geometrik eksenini bo- yunca seçilmiş noktalarda farklı yüklemeler alınarak tablolar halinde verilmiştir. Yer tasarrufu sağlamak için Sadece Şekil -1 de verilen galerinin kesit tesirleri reaksiyon katsayıları Tablo 2 verilmiştir. (Değişik ga- leri kesiti ve yükleme durumları için kesit tesirleri reaksiyon katsayıları hakkında detay malûmat aşağıdaki (1, 2) referansından te- min edilebilir.)

Tablo 2 de çeşitli noktalardaki gerilme reaksiyonları birim galeri uzunluğu için ga- leri kaplama kalınlığı t'nin galeri iç yarıçapı r'ye oranının üç ayrı değeri için analiz edilmiştir.

t	1	t	t	t	1
r	2'r	r	3	6	

- (1) Taber, H. W., Zanger. C. N. : Analytical Determination of Principal Stresses in Structural Members, Bureau of Reclamation, Denver Office Memorandum, 1945.
- (2) Bakem. Ş. : Derivasyon Diosavak - Dolusavak Proje ve Heaplan, D.S.I. Genel Müdürlüğü. Genel Tayın No : 674, Sahife (184 - 202), 1970.

GözÖnüne alınan kesitin, geometrik mer- kezindeki toplam eğilme momenti, normal ve kesme kuvvetleri reaksiyon katsayıları özel yük faktörleri ile çarpmak suretiyle bulunur.

2.3.2 Tabloların Uygulanması :

Tablolarda verilen reaksiyon katsayıları yükün ve galeri sekiniin düşey eksene göre simetrik olması nedeniyle yalnız sağ Mraf? ait noktalar içindir. Düşey eksene göre sol tarafta kalan noktaların kesme kuvveti de- ğerleri sağ taraftaki uygunu olan noktalarda- ki kesme kuvvetlerinin ters işaretlisi olacaktır.

Tablo 2 de verilen reaksiyon katsayıları galeri kaplama kalınlığı geometrik eksenini için verildiğinden galeri cidarlarında eğilme mo- menti nedeniyle meydana gelen gerilme aş- ğıdaki formülle hesaplanır.

$$S = K \frac{Mt}{2.1} \quad (17)$$

8 = Eğilme momentinden meydana gelen galeri cidarındaki gerilme

K = Galerinin eğriliği nedeniyle ilgili düzelt- me katsayısı

M = GözÖnüne alınan kesitteki eğilme momenti

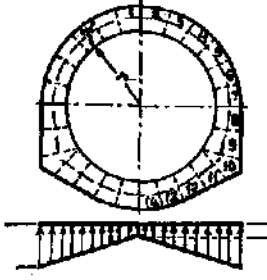
t = Kesitin kaplama kalınlığı

I = GÖzönüne alınan kesitin atalet mo- menti

Kaplama kalınlığının galeri iç yarıçapı- nın oranı olan t/r değerinin 1/6 veya daha küçük olması durumunda K değeri 1 olarak alınır, t/r in farklı değerleri için K değeri- leri tablo 3 de verilmiştir.

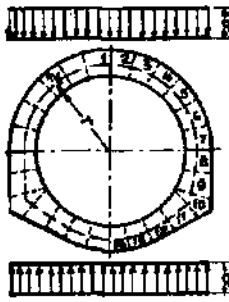
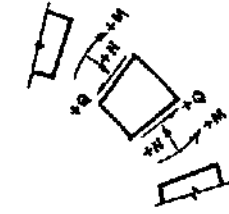
Burada Y₀ geometrik eksenle tarafsız ek- sen arasındaki uzaklıktır. Tablonun incelen- mesi ile kolaylıkla görülmektedir ki K faktö- rünün maksimum değeri kullanıldığı zaman bulunan gerilme K faktörü ihmal edildiği zaman değerden % 15 kadar fazladır. Pek-

NOT : 1970 te Hidrolik ramble ile yapılan is- tihsal % 50 yi asmış bulunmaktadır ve Polonyanın Tjmmi Taş Kömür is- tihsali de 130 milyonu geçmektedir.



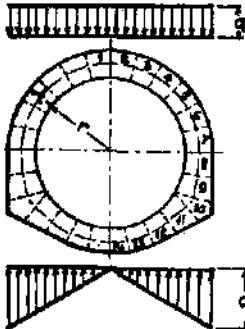
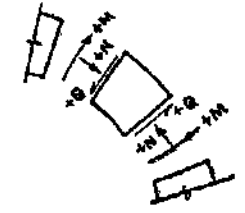
NOKTA	M γr^3	N γr^2	Q γr^2	M γr^3	N γr^2	Q γr^2	M γr^3	N γr^2	Q γr^2
1	+0.173	+0.045	0	+0.114	+0.008	0	+0.056	-0.009	0
2	+0.149	+0.086	+0.146	+0.099	+0.034	+0.096	+0.049	+0.003	+0.048
3	+0.082	+0.203	+0.261	+0.058	+0.109	+0.172	+0.029	+0.039	+0.087
4	-0.013	+0.379	+0.315	-0.001	+0.222	+0.210	+0.001	+0.094	+0.107
5	-0.112	+0.589	+0.288	-0.064	+0.357	+0.196	-0.029	+0.159	+0.103
6	-0.186	+0.802	+0.168	-0.114	+0.494	+0.124	-0.054	+0.226	+0.070
7	-0.206	+0.982	-0.045	-0.132	+0.611	-0.008	-0.066	+0.284	+0.009
8	-0.171	+1.125	-0.184	-0.116	+0.707	-0.098	-0.062	+0.334	-0.034
9	-0.086	+1.272	-0.365	-0.069	+0.813	-0.218	-0.044	+0.398	-0.097
10	-0.061	+0.624	-0.797	-0.052	+0.439	-0.517	-0.036	+0.241	-0.258
11	+0.038	+0.301	-0.535	+0.022	+0.216	-0.338	+0.007	+0.124	+0.167
12	+0.108	+0.101	-0.304	+0.071	+0.081	-0.180	+0.035	+0.051	-0.081
13	+0.136	-0.021	-0.107	+0.090	+0.006	-0.059	+0.045	+0.015	-0.024
14	+0.140	-0.045	0	+0.093	-0.008	0	+0.046	+0.009	0

NOT: γ Galeri (r) yarı çapı birimine uygun beton veya diğer malzeme birim ağırlığı.
GALERİ ZATI AĞIRLIĞINDAN MEYDANA GELEN KESİT TESİRLERİ



NOKTA	M qr^2	N qr	Q qr	M qr^2	N qr	Q qr	M qr^2	N qr	Q qr
1	+0.368	-0.004	0	+0.328	-0.008	0	+0.286	-0.015	0
2	+0.318	+0.097	+0.376	+0.283	+0.082	+0.335	+0.246	+0.063	+0.296
3	+0.180	+0.372	+0.651	+0.160	+0.326	+0.581	+0.138	+0.278	+0.513
4	-0.008	+0.747	+0.753	-0.008	+0.661	+0.672	-0.011	+0.573	+0.594
5	-0.197	+1.123	+0.653	-0.177	+0.996	+0.584	-0.160	+0.867	+0.518
6	-0.335	+1.399	+0.379	-0.301	+1.242	+0.341	-0.271	+1.085	+0.306
7	-0.387	+1.500	+0.004	-0.348	+1.333	+0.008	-0.314	+1.167	+0.016
8	-0.360	+1.489	-0.179	-0.326	+1.324	-0.160	-0.286	+1.159	-0.137
9	-0.277	+1.456	-0.360	-0.253	+1.293	-0.326	-0.235	+1.131	-0.287
10	-0.187	+0.840	-0.874	-0.188	+0.779	-0.883	-0.185	+0.719	-0.789
11	+0.031	+0.542	-0.809	+0.014	+0.498	-0.729	-0.010	+0.485	-0.646
12	+0.209	+0.303	-0.598	+0.177	+0.274	-0.530	+0.138	+0.247	-0.460
13	+0.319	+0.083	-0.335	+0.274	+0.078	-0.296	+0.223	+0.076	-0.257
14	+0.359	+0.004	0	+0.309	+0.008	0	+0.253	+0.015	0

ÜNİFORM ARAZİ YÜKÜ - ÜNİFORM ZEMİN REAKSİYONUNDAN
MEYDANA GELEN KESİT TESİRLERİ



NOKTA	M qr^2	N qr	Q qr	M qr^2	N qr	Q qr	M qr^2	N qr	Q qr
1	+0.309	+0.109	0	+0.287	+0.085	0	+0.253	+0.065	0
2	+0.263	+0.205	+0.347	+0.245	+0.172	+0.311	+0.217	+0.141	+0.275
3	+0.140	+0.469	+0.695	+0.133	+0.407	+0.535	+0.117	+0.348	+0.473
4	-0.026	+0.827	+0.673	-0.018	+0.727	+0.606	-0.018	+0.629	+0.538
5	-0.186	+1.179	+0.556	-0.164	+1.043	+0.504	-0.149	+0.907	+0.449
6	-0.290	+1.428	+0.270	-0.262	+1.266	+0.251	-0.239	+1.105	+0.229
7	-0.305	+1.500	-0.109	-0.281	+1.333	-0.085	-0.260	+1.167	-0.065
8	-0.244	+1.476	-0.291	-0.230	+1.312	-0.253	-0.219	+1.148	-0.216
9	-0.128	+1.429	-0.469	-0.131	+1.270	-0.416	-0.136	+1.110	-0.364
10	-0.078	+0.635	-0.908	-0.088	+0.619	-0.841	-0.103	+0.599	-0.774
11	+0.064	+0.299	-0.587	+0.055	+0.254	-0.533	+0.040	+0.246	-0.479
12	+0.157	+0.037	-0.317	+0.146	+0.043	-0.277	+0.128	+0.046	-0.238
13	+0.197	-0.087	-0.102	+0.182	-0.067	-0.088	+0.161	-0.049	-0.075
14	+0.205	-0.109	0	+0.189	-0.085	0	+0.167	-0.065	0

ÜNİFORM DÜSEY ARAZİ YÜKÜ - ÜÇGEN ZEMİN REAKSİYONUNDAN
MEYDANA GELEN KESİT TESİRLERİ



çok hallerde bu düzetme % 10 veya daha azdır. Buna ilâveten Y_0 değerleri çok küçüktür. Bu nedenle, pratikte kullanıldığı gibi geometrik eksen tarafsız eksen yerine alındığında büyük bir hata yapılmaz.

Tabloların kullanılmasında uygun birimlerin seçilmesi gerekir.

$\frac{t}{r}$	K		Y_0
	İç cidar	Dış cidar	
$\frac{1}{3}$	1.10	0.91	0.008r
$\frac{1}{2}$	1.15	0.88	0.016r

Tablo-3

Yükler (ton/m^2) olarak ifade edilmiş ise galerinin bir metre uzunluğu için eğilme momenti (ton-metre) ve normal kuvvet ile kesme kuvveti yine galerinin bir metre uzun-

luğu için (ton) olarak elde edilecektir. Galeriler boyutlan metre cinsinden belirtilmelidir).

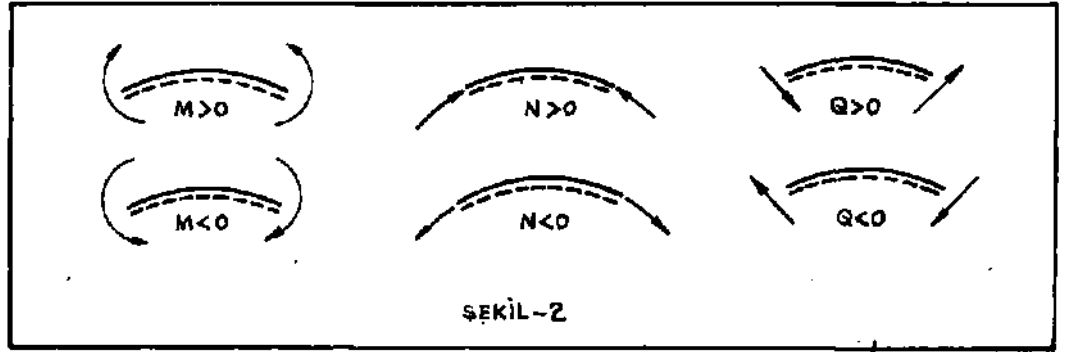
2.4. Tahkimatın Betonarme Hesabı :

2.4.1. Genel:

Herhangi bir 100 (cm.) uzunluğundaki galeri kaplama kesitine tesir eden kesit tesirleri M, N ve Q olsun. Ekseriya massif plakalarda olduğu gibi Q kesme kuvvetleri ihmal edilebilir. Yani galeri tahkimatında kayma donatısına ihtiyaç yoktur. Buna rağmen kayma tahkikinden ve hesabından kısaca bahsedilecektir.

2.4.2 Kesit Tesirlerinin İşaret Kabul-leri :

Şekil-2 de tesirlerin işaret kabulleri gösterilmiştir.



Knllamış Teri:

B 120 Beonmı Cinsi
B 160 B 225 B 300

Eğilme İle normal Kuvvete manız galeri kesiti (Bir doğrultuda eğilmeye maruz dikdörtgen kesitlerde beton)

g_b — 70 90 110

Beton Çeliği

R — 1400 1400 1400

Eğilme neticesinde Kayma gerilmeleri (Döşemelerde kayma hesabı yapılmasına ihtiyaç göstermeyen gerilme)

a 6 8 g 10

TABLO 4

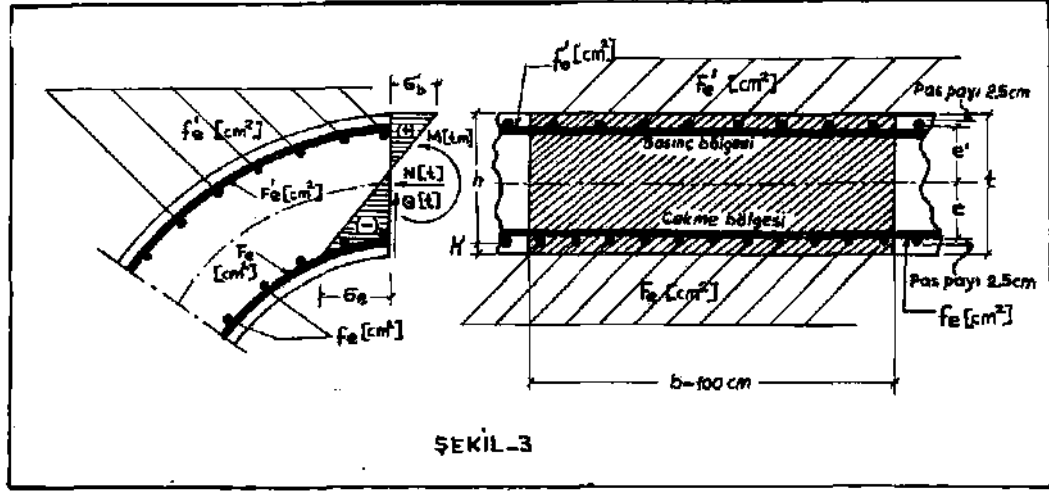
2.4.3 Malzeme ve Emniyet Gerilmeleri :

Betonarmede (Kg/cm^2) olarak Emniyet Gerilmeleri

Galeri tahkimatının betonarme hesaplarında kullanılacak emniyet gerilmeleri B 160, B 225, B 300 betonları ve B. Ç I çelikleri için tablo 3 de verilmiştir. (Galeri İnşaatında genellikle Beton Çeliği I kullanılır).

2.4.4 Teçhizatlar İçin Kabul Olunan Notasyonlar :

Çekme bölgesindeki enine demir teçhizat : F_8 ve boyuna teçhizat : $f_{„}$ basınç bölgesindeki enine demir teçhizat : $F_{„}$ ve boyuna teçhizat: $f_{„}$ ile gösterilecektir. (Şekil-3). Boyuna teçhizat aynı zamanda tevzi teçhizatıdır.



ŞEKİL-3

2.4.5. Betonarme Hesaplar :

2.4.5.1. Genel

Projede, Genellikle kesit tesirleri M, N, Q ve keits boyutlar t ve b = 100 cm bellidir.

İstenen : (t) kaplama kalınlığının kıyafet edip etmeyeceğinin tahkiki ile F_e ve F_e ana teçhizatlarının hesabıdır.

(t) kaplama kalınlığı başlangıçta kesit tesirlerinin hesabını yaparken tespit edilmiş olduğundan kıyafet edip etmeyeceğinin anlaşılması için basınç gerilmesi tahkiki yapılır. Şayet husule gelen basınç gerilmesi Tablo 3 de verilen emniyet basınç gerilmelerinden daha büyük ise, kesiti çift teçhizatlı olarak yapmak gerekir. (Bu mevzu daha ileriki bölümde detaylı olarak izah edilecektir).

Pratikte, kaplamc kalınlığı t = 20 cm den küçük olan galerilerde genellikle tek teçhizat, kaplama kalınlığı t > 20 (cm) den büyük galerilerde çift teçhizatlı yapılır.

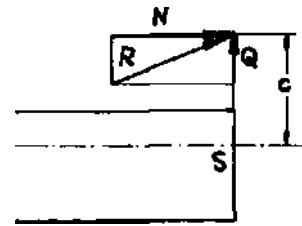
2.4.5.2. Teçhizatın Hesabı

Kesit tesirlerine dikkat edilirse galeri kaplaması kesiti, bazı noktalarda (N basınç kuvveti olduğu noktalar) eksenel basınca (eksenel basınçlı eğilme), bazı noktalarda (N kuvvetinin çekme olduğu noktalar) eksenel çekme (eksenel gerilmesine çalışmaktadır).

Normal kuvvetin kesiti kestiği noktanın, kesitin ağırlık merkezinden mesafesine c denilirse, eğilme momenti

$$M = N \cdot c \quad (8)$$

dir. (Şekil-4).



«EKİL- 4

N

c = —————mesafesine eksantrisite denir.

M

c mesafesinin küçük veya büyük olmasına göre betonarme kesitte gerilme, dağılıma diyagramları ayrı olur ve bunlara değişik hesap tarzları tekabül eder.

Galeri kesitleri, büyük eksantrisiteli * basınç gerilmelerine maruzdur.

A — Büyük eksantrisiteli basınca maruz dikdörtgen galeri kaplama kesiti :

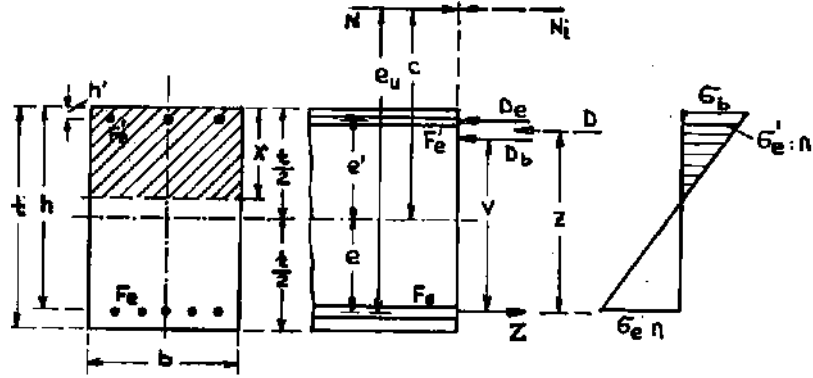
Statik sistemin eksenini, kesitin ağırlık merkezini birleştiren çizgidir. Ağırlık merkezi olarak demirsiz kesitlerin merkezleri alı-

nır. Dikdörtgen kesitte, kesitin orta noktasıdır. Statik hesaplarda elde edilen M eğilme momenti bu noktaya göredir ve c eksantrisitesi de :

$$c = \frac{M}{N} \quad (9)$$

normal kuvvetin, dikdörtgenin ortalama çizgisinden olan mesafesidir.

Genişliği b ve faydalı yüksekliği h, olan galeri kesitinin M momentini ve N basınç kuvvetini karşılayabilmesi için kesite konacak F_o çekme ve eğer lüzumlu ise F_o' basınç demirleri řu tarzda bulunur.



ŞEKİL 5

İlk önce N kuvvetinin çekme demirlerinin merkezine nazaran momenti hesaplanır.

$$M_a = N \cdot e_u = M + N \cdot e \quad (10)$$

Bu M_o momentine göre kesit c,, çelik emniyet gerilmesiyle basit eğilmeye göre boyutlandırılır :

$$k_h = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_o}{b}}} \quad (11)$$

bulunur. Klasik betonarme kitaplarında, ba-

şit donatılı dikdörtgen kesitler için verilen tablolardan birinden bu k_h (*)'ya tekabül

$$(*) \quad k_h = \sqrt{\frac{2}{1 - \frac{k_x}{3} \cdot k_x \cdot \sigma_b}} \quad , \quad k_x = \frac{15\sigma_b}{15\sigma_b + \sigma_s} \quad k_s = \frac{1}{\left(1 - \frac{k_x}{3}\right)}$$

* Nomal kuvvetin tatbik noktası, meydana gelen çekme gerilmesi, en büyük basınç gerilmesinin dörtte birinden fazla olacak tarzda çekirdekten uzakta bulunursa, büyük eksantrisite mevcuttur. Bu takdirde gerilmelerin hesabı için artık çekmeye maruz kısımdaki beton gözönüne alınamaz ve yalnız basınç gören bölgedeki beton ile çekme ve basınç demirleri gözönüne alınır.

k_h ve k_e büyüklükleri σ_v ve $\langle \sigma_s$ ile belirli olan bir adettir. Değerleri, klasik betonarme kitaplarının tablolarında mevcuttur. Prof. Yük. Müh. Turgut Sâbîs; Betonarme (sahife 100-109), (1970) eserine müracaat edilmesi.

eden $\langle r_b$ çıkarılır. Eğer bu $\langle r_b$ beton emniyet gerilmesinden küçük ise, kesit kafi geliyor demektir. Yani seçilen galeri kaplama kalınlığı uygundur. Kesite yalnız çekme demiri koymak gerekir ve miktarı :

$$F_e = k_e \frac{M_e}{h} - \frac{N}{\sigma_e} \quad (12)$$

dir.

Eğer K_n ya tekabül eden $\langle a$, beton emniyet gerilmesinden büyük ise, o vakit kesite basınç demirleri de koymak lâzımdır. Veya büyük kaplama kalınlığı alınarak sadece çekme demirleri koyulabilir. Kesite basınç demirlerinin koyulması halinde, basınç demirlerinin miktarı aşağıdaki formüllerle hesaplanır. f_{fb} ve f_{fb} emniyet gerilmeleriyle, evvela kesitin taşıyabileceği M_1 momenti bulunur :

$$M_1 = \frac{h^2}{k_1^2} b \quad (13)$$

Buna tekabül eden çekme demiri :

$$F_{e1} = k_e \frac{M_1}{h} \quad (14)$$

dir. Fark moment :

$$\Delta M = M_e - M_1 \quad (15)$$

basınç demirleri ve ilâve olarak konulacak çekme demirleriyle karşılanır. Demirlerdeki basınç gerilmesi :

$$\sigma'_e = \frac{h - h'}{h} (15 \sigma_b + \sigma_e) - \sigma_e \quad (16)$$

İfadesi ile bulunur. Basınç demirleri miktarı (Basınç bölgesine koyulacak):

$$F'_e = \frac{\Delta M}{\sigma'_e (h - h')} \quad (17)$$

ve ilâve çekme demirleri de:

$$F_{e2} = \frac{\Delta M}{\sigma'_e (h - h')} \quad (18)$$

dir.

Toplam çekme demirleri :

$$F_e = F_{e1} + F_{e2} - \frac{N}{\sigma_e} \quad (19)$$

dir.

Yukardakî yapılan hesaplar «Mörsch» abakları ile de hesaplanabilir. Bu tablolar basınç demirlerinin, kesit kenarından mesafelerinin, büyük yükseklikli kirişlerde:

$h' = 0,05 h$, orta yükseklikli kirişlerde :
 $h' = 0,08 h$ ve küçük yükseklikli kirişlerde:
 $h' = 0,14 h$ olduğu gözönüne alınarak hazırlanmıştır.

Betonarme kesit hesaplarını gösteren Alman DIN 4224'ünde, dikdörtgen kesitlerde, eksantrik basınç halinde:

$$0,35 < \frac{c}{d} < 0,7 \text{ olduğu takdirde}$$

$\alpha < \text{zul } \alpha$; ve

$$\frac{c}{d} > 0,7 \text{ için ise } \langle r_e = \text{zul } \alpha \text{ alınması}$$

gerektiği yazılıdır.

Mörch abakları ile $\frac{c}{d} > 0,7$ 'de $\langle r_e = 1400$ kg/cm² alınarak demir parsantajları bulunur. $\frac{c}{d} < 0,7$ halinde $\langle r_e < 1400$ kg/cm² olduğundan $\langle x + p$ 'nün $c_e / f_{fb} = m$ için minimum olduğu değerleri alınır.

Bu tablolar vasıtasıyla b , h ve $\langle r_b$ değerleri verilmiş olduğu taktirde, büyük eksantrisiteli basınca maruz dikdörtgen kesitlere konacak F'_e basınç ve F_e çekme demirleri şöyle hesaplanır.

$$M_e = M + N \cdot e, \quad M'_e = M - N \cdot e \quad (20)$$

$$p = \frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2}, \quad p' = \frac{M'_e}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2} \quad (21)$$

Bu p ve p' lere «Mörsch» abaklarından birinde tekabül eden diyagramların $m = \langle r_e / \text{öb}$ yüksekliğindeki noktaların apsileri, f'_e ve f_i demir yüzdelerini verir. Demir miktarları :

$$F_e = p \cdot b \cdot h, \quad F'_e = p' \cdot b \cdot h \text{ dir.} \quad (22)$$

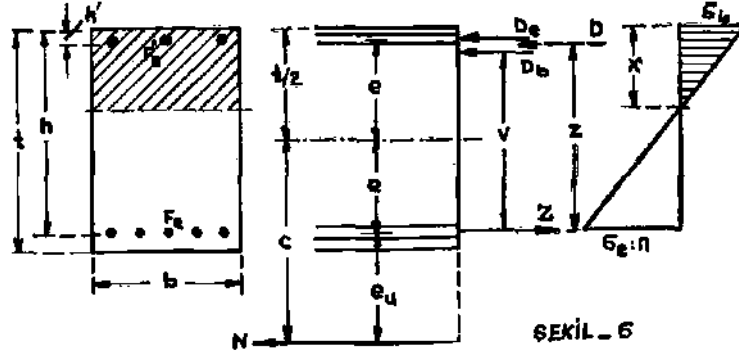
Genellikle $c/d < 0,7$ olduğu taktirde $f_{fb} < f_{fb}$ alınınca ($F_e + F'_e$) minimum olur.

(Klasik betonarme kitaplarında MÖrsch abakları ve abakların kullanılması hakkında anahtar mevcuttur.)

B — Eksantrik çekmeye maruz galeri kapfama kesitleri :

Galeri kaplamalarında büyük eksantriklik hali mevcuttur. Yani eksantrik çekme kuvveti demirlerin dışında bir yere tatbik edilmektedir. Kesit bir :

$$M_e = N \cdot e_v \quad (23)$$



Galeri kaplama kesitinde daima aşağıda belirtilen hal mevcuttur : Kesit üzerinde moment bazen pozitif, bazen de negatif işaretlidir. Bu halde her iki tarafa da çekme demiri koymak gerekir. MÖrsch abaklarını kullanarak sonuçlar çabuk elde edilir.

$$p = \frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2} = \frac{M - N \cdot e}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2}$$

$$p' = \frac{M_e'}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2} = \frac{M + N \cdot e}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2}$$

değerleri teşkil edilir ve tekabül eden /A, // demir pürsantajları MÖrsch abaklarından bulunur. Eksantrik basınçta $p > p'$ olduğu halde, eksantrik çekmede $p' > p$ dır Minimum emniyet çekme gerilmesi için elde edilir.

2.4.5.3. Boyuna teçhizatın hesabı :

Galerinin herhargi bir L, uzunluğundaki parçanın boyuna istikametteki demir teçhizatı pürsantajı /L İse, boyuna konulacak demir miktarı :

$$f_s = \frac{Q}{L} \cdot F_p \quad (24)$$

Galerinin beton alanı (incelenen kesit şekli için)

$$F_s = 3,27(r + t)^2 - Tr \cdot r^2 \quad (25)$$

momentine ve çekme demirleri üzerinde de bir N çekme kuvvetine maruzdur. M, momentine göre kesitin basit eğilme hesabı yapılır. Bu suretle bulunan çekme demirlerine, N çekme kuvvetinden dolayı meydana gelen «N/0*» demirleri ilâve etmek gerekir.

dir. Galerî çevresinin 1.00 m. sine isabet eden boyuna teçhizat :

$$U \text{ (cm}^2\text{)} \quad \text{ile hesaplanır.} \quad (26)$$

$$U \text{ (m)}$$

U... galerinin çevresi olup, incelenen kesitte:

$$U = 9,425 \left(r + \frac{t}{2} \right) \quad (27)$$

formülüyle hesaplanır.

Boyuna teçhizat, tevzi demirleri olup çekme ve basınç bölgelerine eşit miktarda konulur. ($F_{..} = F$;))

2.4.5.4. Kayma tahkiki ve teçhizatı :

Galeri kaplama kesitlerinde, genellikle kayma teçhizatına ihtiyaç yoktur. Buna rağmen kayma tahkiki yapılarak bu durum tahkik edilir.

$$\text{Kayma gerilmesi: } T_0 = \frac{Q}{k_s \cdot h \cdot b} \quad (28)$$

şartını sağlandığı takdirde kayma teçhizatı koymağa lüzum yoktur. Burada k_s , evvelce hesaplanmış olan k_s' 'a tekabül eden değerdir.

$T_0 > T_{oem}$ ise kaplama kesitine kayma teçhizatı koyulacaktır. Kayma teçhizatı etriye ve pliyelerden teşkil edilecektir.

k_t de (T_0 ve ϵ_r nîri fonkrîyonu olan belirli bir sayıdır. Aşağıdaki formülle tarif edilir:

$$k_x = 1 - \frac{k_x}{3}$$

3. Nümerik misâl:

3.1. Veriler:

Galerinin geçtiği formasyon : Çok parçalı ve dauarlı gre
Galeri iç yarıçapı: $r = 1.80$ m.
Beton kaplama kalınlığı : $t = r/6 = 1.80/6 = 0,30$ m.
Galeri hafriyat genişliği : $B = 2r + 2t = 4.20$ m.
Galeri hafriyat yüksekliği : $H_1 = 4.25$ m.

3.2. İstenenler :

Şekil - 1 de verilen galeri kesitinin betonarme hesabı:

3.3. Yükler:

Çok parçalı ve damarlı formasyondan geçen galeriye gelen düşey yük, Terzaghi tablosuna göre:

$$\sigma_v = 0.35 (B + H_1) \quad y = 0.35 (4.20 + 4.25) \cdot 2.5 = 7.4 \text{ t/m}^2 \text{ dir.}$$

Bu formasyonda yatay yük $\sigma_{rh} = 0$ dır. Birim uzunlukta galeriye gelen düşey yük;

$$q = \langle r_r \cdot I^m = 7.4 \text{ t/m dir.}$$

Galerinin temel reaksiyonu düzgün yayılı yük olarak kabul edilmiştir.

3.4. Kesit tesirleri :

Kesit tesirleri, İki yüklemeye hali için tespit edilecektir.

I — Düşey yük - galeri temelinde uniform yüklemeye meydana gelen M, N, Q kesit tesirleri, tablo - 2 den hesaplanacaktır (*).

II — Galerinin kaplama ağırlığından dolayı meydana gelen M, N, Q kesit tesirleri, tablo - 2 den hesaplanacaktır.

1 — Düşey yük-galeri temelinde uniform yüklemeye meydana gelen kesit tesirleri:

Nokta	$M = \sigma_v \cdot q \cdot r^2 = 7,4 \cdot 1,8^2 = 24$	$N = 0 \cdot q \cdot r = 0 \cdot 7,4 \cdot 1,8 = 0$	$Q = y \cdot q \cdot r = 13,32$
1	+ 0,286.24 = 6,86	- 0,015.13,32 = - 0,2	0
2	+ 0,246.24 = 5,9	+ 0,063.13,32 = H- 0,84	+ 0,296.13,32 = + 3,94
3	- 0,138.24 = - 3,32	+ 0,278.13,32 = J- 3,7	+ 0,513.13,32 = + 6,84
4	- 0,011.24 = - 0,264	+ 0,573.13,32 = + 7,63	+ 0,594.13,32 = + 7,9
5	- 0,160.24 = - 3,84	- 0,867.13,32 = + 11,5	+ 0,518.13,32 = + 6,9
6	- 0,271.24 = - 6,50	+ 1,085.13,32 = + 14,45	+ 0,306.13,32 = + 4,08
7	- 0,314.24 = - 7,55	+ 1,167.13,32 = + 15,55	+ 0,016.13,32 = + 0,214
8	- 0,296.24 = - 7,10	+ 1,159.13,32 = + 15,4	- 0,137.13,32 = - 1,825
9	- 0,235.24 = - 5,64	+ 1,131.13,32 = + 15,1	- 0,287.13,32 = - 3,83
10	- 0,195.24 = - 4,68	+ 0,719.13,32 = + 9,56	- 0,789.13,32 = - 10,50
11	- 0,010.24 = - 0,24	+ 0,455.13,32 = 6,05	- 0,646.13,32 = - 8,6
12	+ 0,138.24 = 3,32	+ 0,247.13,32 = 3,29	- 0,460.13,32 = - 6,13
13	+ 0,223.24 = 5,35	+ 0,076.13,32 = - 1,01	- 0,257.13,32 = - 3,42
14	+ 0,253.24 = 6,07	+ 0,015.13,32 = + 0,2	0

(*) Seçilen kaplama kalınlığı, tablodaki t/2, t/3, t/6 değerlerine tekabül etmiyorsa, reaksiyon katsayıları lineer enterpolasyon ile tespit edilir.

(x) $y = 2,4$ t/m³ betonarmenin yoğunluğu.

II — Galeri kaplama ağırlığından meydana gelen kesit tesirleri :

Nokta	$M = \frac{1}{11} \cdot y \cdot i^* = \frac{1}{11} \cdot 2,4 \cdot 1,83 = \frac{1}{11} \cdot 14$	$N = \frac{1}{J} \cdot y \cdot r^2 = \frac{1}{3} \cdot 2,4 \cdot 1,82 = 8 \sqrt{7,78}$	$Q = y' \cdot y \cdot l^2 = y' \cdot 2,4 \cdot 1,82 = y', 7,78$
1	+ 0,056.14 = + 0,784	- 0,009.7,78 = - 0,07	0
2	+ 0,049.14 = + 0,686	+ 0,003.7,78 = + 0,234	4- 0,048.7,78 = + 0,364
3	+ 0,029.14 = + 0,406	+ 0,039.7,78 = + 0,304	+ 0,087.7,78 = 4-0,676
4	+ 0,001.14 = + 0,014	+ 0,094.7,78 = + 0,730	4- 0,107.7,78 = 4- 0,832
S	- 0,029.14 = - 0,406	+ 0,159.7,78 = + 1,24	4- 0,103.7,78 = + 0,8
6	- 0,054.14 = - 0,756	+ 0,226.7,78 = + 1,76	4- 0,070.7,78 = + 0,545
7	- 0,066.14 = - 0,925	+ 0,284.7,78 = -I- 2,21	4- 0,009.7,78 = + 0,07
8	- 0,062.14 = - 0,870	+ 0,334.7,78 = 3 + 2,6	- 0,034.7,78 = - 0,264
9	- 0,044.14 = - 0,616	+ 0,398.7,78 = 4- 3.1	- 0,097.7,78 = - 0,755
10	- 0,036.14 = - 0,505	+ 0,240.7,78 = + 1,87	- 0,258.7,78 = - 2,0
11	+ 0,007.14 = + 0,008	+ 0,124.7,78 = + 0,965	4-0,167.7,78=4-1,3
12	+ 0,035.14 = + 0,490	+ 0,051.7,78 = 4- 0,396	- 0,081.7,78 = - 0,63
13	+ 0,045.14 = + 0,630	+ 0,015.7,78 = + 0,117	- 0,024.7,78 = - 0,187
14	+ 0,046.14 = + 0,645	4- 0,009.7,78 = 4- 0,07	0

Toplam kesit tesirleri :

Nokta	M (tm) (I + H)	N (t) (i + n)	Q (t) (I4-H)	Düşünceler
1	4-7,640	- 0,270	0	
2	4- 6,586	- 0,863	4- 4,614	
3	4- 7,726	4- 3,704	4- 7,516	
4	- 0,262	4-8,360	4- 8,732	
5	- 4,246	+ 12,740	4-7700	
6	- 7,256	4- 16,210	4 4,625	
7	- 8,475	4- 17,760	4- 0,144	Max " değerleri
8	- 7,970	+ 18,000	- 2,089	
9	- 6,256	4- 18,200	- 4,585	
10	- 5,185	-11,430	-12,500	Max kesme kuvveti
11	- 0,142	4- 7,015	- 7,300	
12	4- 3,820	4- 3,686	- 6,760	
13	4- 5,980	4-1,270	- 4,290	
14	+ 0,715	4- 0,270	0	

3.5. Betonarme hesap :

3.5.1. Enine donatı hesabı (taşıyıcı tiçhizat):

$$b = 1.00 \text{ m.}, \quad h = t - 3,5^* = 30 - 3,5 = 26,5 \text{ cm.}$$

(*) Pas miktarı.

$$e = \frac{h - 3,5}{2} = \frac{26,5 - 3,5}{2} = \frac{23}{2} = 11,5 \text{ cm.}, \quad e' = 11,5 \text{ cm.}$$

Demir miktarları, maksimum kesit tesirlerine göre hesaplanacaktır.

1. Nokta :

$$M = 7,64 \text{ tm.}, N = -0,27 \text{ t.}$$

$$c = \frac{M}{N} = \frac{7,64}{0,27} = 28,3 \text{ m.}, \frac{c}{t} = \frac{28,3}{0,30}$$

$\approx 94 > 0,7$ olduğundan $\sigma_e = \sigma_{e, zul} = 1400 \text{ kg/cm}^2$ alınır.

$$M_e = M - N \cdot e = 7,64 - 0,27 \cdot 0,115 \approx 7,61 \text{ tm.}$$

$$k_h = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_e}{b}}} = \frac{26,5}{\sqrt{7,61}} = 9,6$$

$k_h = 9,6$, $\sigma_e = 1400 \text{ kg/cm}^2$ için $\sigma_b = 62 \text{ kg/cm}^2$ bulunur. [Prof. T. Skbis, Betonarme, Tablo - 25, Say. - 103] $\sigma_b = 62 > \sigma_{b, zul} = 60 \text{ kg/cm}^2$ olduğundan kaplama çift donatılı, yani basınç bölgesine de basınç demirlerinin konulması lazımdır.

$$M'_e = M + N \cdot e = 7,64 + 0,27 \cdot 0,115 = 7,671 \text{ tm.}$$

$$\rho = \frac{M_e}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2} = \frac{76 \cdot 1000}{60 \cdot 100 \cdot 26,5^2} = 0,18,$$

$$\rho' = \frac{M'_e}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2} = \frac{767100}{4230000} = 0,1815 \approx 0,182$$

$$m = \frac{\sigma_e}{\sigma_b} = \frac{1400}{60} = 23,3 \text{ için Mörsh}$$

abaklarından [Prof. T. Sâbis, Betonarme, say. 249, $h' = 0,14 h$ abağı]

Demir porsantajları :

$$\rho' = 0,182 \rightarrow \mu = 0,95 \% ;$$

$$\rho = 0,180 \rightarrow \mu' = 0,08 \% \text{ bulunur.}$$

Çekme demiri :

$$F_e = \frac{\mu}{100} \cdot b \cdot h = \frac{0,95}{100} \cdot 100 \cdot 26,5 = 25,2$$

cm^2/m

Basınç demiri :

$$F'_e = \frac{\mu'}{100} \cdot b \cdot h = \frac{0,08}{100} \cdot 100 \cdot 26,5 = 2,12$$

cm^2/m

7. Nokta :

$$M = -8,475 \text{ tm.}, N = 17,76 \text{ ton.}, \sigma_b = 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$c = \frac{M}{N} = \frac{8,475}{17,76} = 0,477 \text{ m.},$$

$$\frac{c}{t} = \frac{0,477}{0,30} = 1,59 > 0,7 \text{ olup } \sigma_e = \sigma_{e, zul} = 1400 \text{ kg/cm}^2 \text{ alınır.}$$

$$M_e = M + N \cdot e = 8,475 + 17,76 \cdot 0,115 = 10,515 \text{ tm.}$$

$$k_h = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_e}{b}}} = \frac{26,5}{\sqrt{10,515}} = 8,17$$

$k_h = 8,17$, $\sigma_e = 1400 \text{ kg/cm}^2$ için $\sigma_b = 78 \text{ kg/cm}^2$ olup $\sigma_b = 79 > \sigma_{b, zul} = 70 \text{ kg/cm}^2$ çıktığından çift donatı gerekir.

[Bu sefer, diğer hesap yolunun nümerik misali yapılması bakımından Mörsh abaklarını kullanmadan demir miktarları hesaplanırsa.]

Kesitin taşıyabileceği moment :

$\sigma_b = 70 \text{ kg/cm}^2$ için $k_h = 8,819 \rightarrow k_h^2 = 77,77$; $k_e = 0,833$ bulunur. [Aynı referans, say. - 103].

$$M_1 \frac{h^2}{k_h^2} \cdot b = \frac{26,5^2}{77,77} \cdot 1 = 9,08 \text{ tm.}$$

Buna tekabül eden çekme demiri :

$$F_{e1} = 100 \cdot k_e \cdot \frac{M_1}{h} = 100 \cdot 0,833 \cdot \frac{9,08}{26,5} = 28,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Fark moment :

$$\Delta M = M_e - M_1 = 10,515 - 9,08 = 1,435 \text{ tm.}$$

Basınç demirlerindeki basınç gerilmesi :

$$\sigma'_e = \frac{h - h'}{h} (15 \sigma_b + \sigma_e) - \sigma_e = \frac{26,5 - 3,5}{26,5} (15 \cdot 70 + 1400) - 1400 = 0,868 (2450) - 1400 \approx 720 \text{ kg/cm}^2$$

Bařınç demiri :

$$F_{s1} = \frac{\Delta M}{\sigma_s (h - h')} = \frac{143500}{720(26,5 - 3,5)} = 8,65 \text{ cm}^2/\text{m}$$

İlave çekme demiri :

$$F_{s2} = \frac{\Delta M}{\sigma_s (h - h')} = \frac{143500}{1400 \cdot 23} = 4,46$$

Toplam çekme demiri :

$$F_s = F_{s1} + F_{s2} = \frac{N}{\sigma_s} = \frac{28,5 + 4,46}{17760} = \frac{33,96}{1400} = 20,26 \text{ cm}^2/\text{m}$$

13. Nokta :

$M = + 5,98 \text{ tm.}$, $N = 1,127 \text{ ton.}$,
 $e = 0,115 \text{ m.}$

$M_e = M + N \cdot e = 5,98 + 1,127 \cdot 0,115$
 $= 6,11 \text{ tm.}$

$$k_h = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_e}{b}}} = \frac{26,5}{\sqrt{6,11}} \approx 10,7$$

$k_h^* = 9,7$, $\sigma_b = 70 \text{ kg/cm}^2$; $k_h = 10,7 >$

$k_h^* = 9,7$ olduğundan tek donatı kafidir.

[$k_h = 10,7$ 'ye $\rightarrow \sigma_b = 54 \text{ kg/cm}^2$ tekabül eder.

$54 < \sigma_{b \text{ zul}} = 70 \text{ kg/cm}^2$ olduğundan, sadece çekme bölgesine demir konulacaktır.]

$k_h = 10,7 \rightarrow k_e = 0,814$ [sahife - 103].

Çekme demir miktarı :

$$F_s = 100 \cdot k_e \cdot \frac{M_e}{h} = \frac{N}{\sigma_s} = 100 \cdot 0,814 \cdot \frac{6,11}{26,5} = \frac{1127}{1400} \approx 17,9 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ bulunur.}$$

OUt : X Sayı : 3

3.5.2. Boyuna donatı hesabı (tevzi demirleri):

Beton alanı :

$$F_b = 3,27 (r + t)^2 - \pi \cdot r^2 = 3,27 (1,8 + 0,3)^2 - 3,14 \cdot 1,8^2 = 2,2 \text{ m}^2$$

Pursantaj $\mu = \% 0,2$ kabul edilirse

Boyuna demir miktarı :

$$f_e = \mu \cdot f_b = \frac{0,2}{100} \cdot 22000 = 44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

(1 m. galeri uzunluğu)

Galerinin çevresi :

$$U = 9,425 \left(r + \frac{t}{2} \right) = 9,425 \left(1,8 + \frac{0,3}{2} \right) = 18,4 \text{ m}$$

1 metre galeri çevresine isabet eden boyuna donatı alanı :

$$\frac{f_e}{\mu} = \frac{44 \text{ cm}^2}{18,4 \text{ m}} = 2,39 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ olarak bulunur.}$$

3.5.3. Kayma tahkiki :

$$\text{Kayma gerilmesi } \tau_o = \frac{Q_{\text{max}}}{k_z \cdot h \cdot b} \text{ formü-}$$

lüyle hesaplanır.

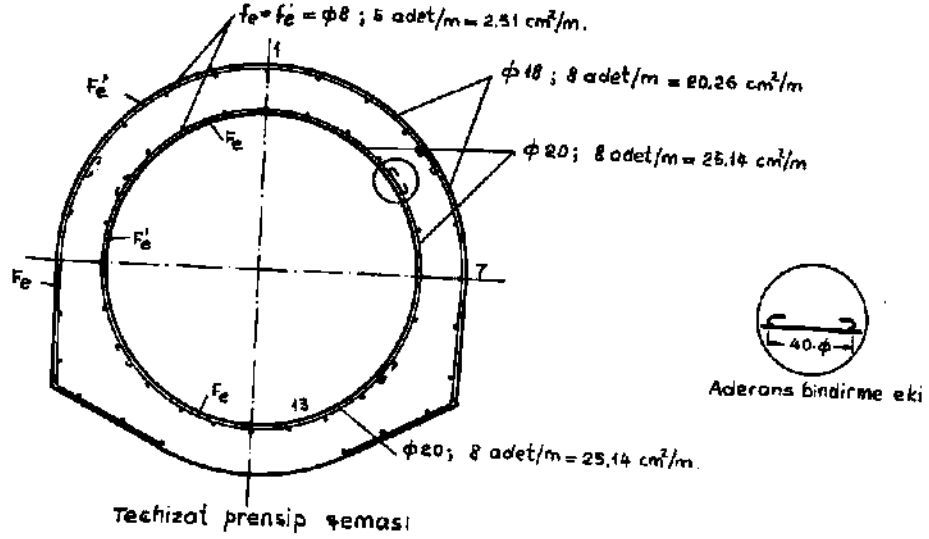
$\sigma_s = 1400 \text{ kg/cm}^2$, $k_h = 10,7$ değerleri için $\sigma_b = 54 \text{ kg/cm}^2$, $k_z = 0,878$ bulunur. [Prof., T. Sabis Betonarme, sahife - 103, tablo 25].

$$\tau_o = \frac{12500}{0,878 \cdot 26,5 \cdot 100} \approx 5,4 \text{ kg/cm}^2 <$$

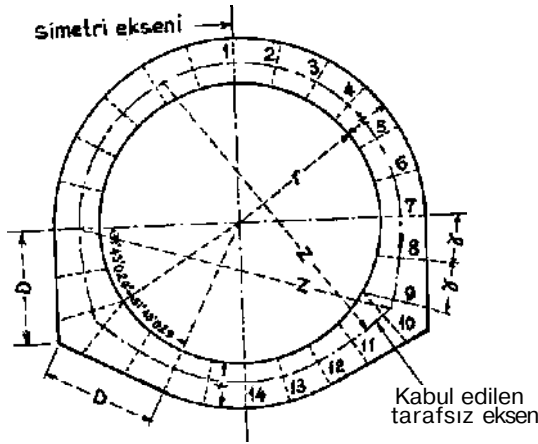
$\tau_{em} = \text{kg/cm}^2$ olduğundan kayma donatısına (etriye ve pliyeye) ihtiyaç yoktur.

3.5.4. Teçhizat plânı :

Enise donatı (Taşıyıcı teçhizat):



Nokta	Hesaplanan	Seçilen
1	f İç tarafa : $F_e = 25,2 \text{ cm}^2/\text{m}$. I Dış tarafa : $F_e' = 2,12 \text{ cm}^2/\text{m}$,	4,20; 8 adet/m = $25,14 \text{ cm}^2/\text{m}$ Konstrüktif £18; 8 adet/m = $20,36^* \text{ cm}^2/\text{m}$
7	f İç tarafa : $F_e' = 8,65 \text{ cm}^2/\text{m}$. I Dış tarafa : $F_b = 20,26 \text{ cm}^2/\text{m}$	Konstrüktif £20; 8 adet/m = $25,14^* \text{ cm}^2/\text{m}$ £18; 8 adet/m = $20,36 \text{ cm}^2/\text{m}$
13	f İç tarafa : $F_e' = 17,9 \text{ cm}^2/\text{m}$. I Dış tarafa : $F_a = 0$	Konstrüktif £20; 8 adet/m = $25,14^* \text{ cm}^2/\text{m}$.



Boyuna donatı :

$$f_e - f_e' = 2,39 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ £8};$$

$$5 \text{ adet/m} = 2,51 \text{ cm}^3/\text{m}.$$

(*) Sistem üzerine gelen arazi yükleri, ekzak olarak belli olmadığından ve teçhizat simetriği sağlanması bakımından teçhizatların kesitleTi büyük alınmıştır.

Kısaltmalar :

- tKaplama kalınlığı
- rGaleri iç yarı çapı
- M Kesite tesir eden eğilme momenti
- N Kesite tesir eden aksenal basınç kuvveti
- Q Kesite tesir eden kesme kuvveti
- σ_b En büyük beton basınç gerilmesi
- σ_e Demirlerdeki çekme gerilmesi
- σ_e' Demirlerdeki basınç gerilmesi
- b_b Beton basınç gerilmesinin bileşkesi
- D_e Basınç demirlerindeki basınç kuvveti
- Z Demirlerdeki çekme kuvveti
- F_e Çekme demirleri alanı

- F'_s Basınç demirlerin alanı
- f_s
 f'_s Boyuna demirlerin alanı
- X Tarafsız eksenin basınca maruz kenardan mesafesi
- b Dikdörtgen kesitin genişliği
- h Faydalı yükseklik
- $h' = t - h$
- Çekme demirleriyle, ' basınç demirlerinin kesitin ortasından mesafeleri
- $$\mu = \frac{F_s}{b \cdot h}$$
 Çekme demirleri pürsantajı
- $$\mu' = \frac{F'_s}{b \cdot h}$$
- k_x, k_y, k_z .. öb veo"e'y° bağılı adedi değerler.
- $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta, \eta, \theta, \iota, \kappa, \lambda, \mu, \nu, \xi, \omicron, \pi, \rho, \sigma, \tau, \upsilon, \phi, \chi, \psi, \omega$... Kesit tesirleri reaksiyon katsayıları
- q Birim galeri uzunluğuna gelen düşey yük

BİBLİYOGRAFİK TANITIM

Arazi yükleri hakkında :

BİRÖN, C: Madenlerde Tahkimat işleri, (Yayınlanacak Kitap).

ARIOĞLU, E.: Trapez Profilli Ağaç Galeri Tahkimatın Statik Olarak BoyuÜandınması, Madencilik, Maden Mühendisleri Odası Dergisi, Cilt IX, Sayı - 5, (1970).

ARIOGLU, E.: Maden Kuyularının Kaplamalarına Genel Radyal Basıncın Hesabı ve Kaplama Kalınlığının Tespiti, t.T.Ü. Dergisi, Cüt - 28, Sayı - 3, (1970).

Betonarme :

SABİ9, T.: Betonarme, Arı Kitap Evi, İstanbul (1970).

ARIOĞLU, E.: Maden Mühendisleri için inşaat Bilgisi, (Yayınlanacak Kitap).

Teçhizat :

WOODRUFF, S. D.: Methods of Worging- Coal and Metal Mines Volume - 2, Pergamon press, (1966).

SUMAN, O.: Eliptik, Dairesel ve Yumurta Kesitli Betonarme Mecralarda Kesit Tesirleri Mukavemet Hesapları, Karayolları Teknik Bülteni özel Sayı - 15, (1968).