

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ



SERİ B. CİLT II, SAYI II. 1952

İSTİNAD VE KAPLAMA DUVARLARINDA MUVAZENE (STATİK) EMNİYETİNİN GRAFİK OLARAK İNCELENMESİ

Yazan

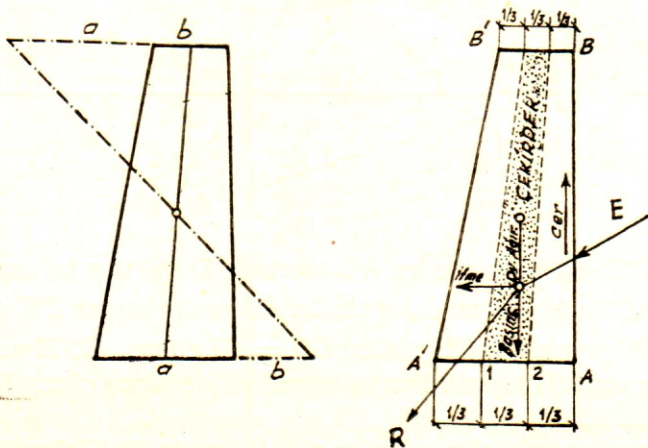
Prof. Dr. Ing. Faik Tavşanoğlu

Yol, bina v.s. gibi yapıların yakınlarında, gerek tabiaten mevcut ve gerekse doldurma suretile meydana gelmiş bulunan toprak kitleleri, bazan muhtelif sebeplerden dolayı, yapılara zarar vermek durumundadırlar. Bu kitleleri oldukları yerlerde tutarak verecekleri zararları önlemek ve yapıları emniyet altına almak için, istinad ve kaplama duvarları denilen tesisler yapılır. Bu duvarların, yapıldıkları yerlerde mevcut olan toprak basıncını karşılayacak şekilde mukavim olarak yapılmaları icap etmektedir. Ayrıca yollarda, doldurular boyunca yapılacak duvarlarla, köprü ayakları olarak yapılacak duvarlarda trafikten dolayı hasıl olacak zorlanmaları da hesaba katmak zarureti vardır.

Bu itibarla her duvarın muvazene emniyeti, yapılacağı yerdeki münasebetlere uygun olarak, aşağıdaki 3 şartın yerine getirilmesi istikametinde incelenir:

1. Şart:

Duvar (Şekil: 1), taban kenarı A' üstüne devrilmemelidir. Bunun için



(Şekil - 1)

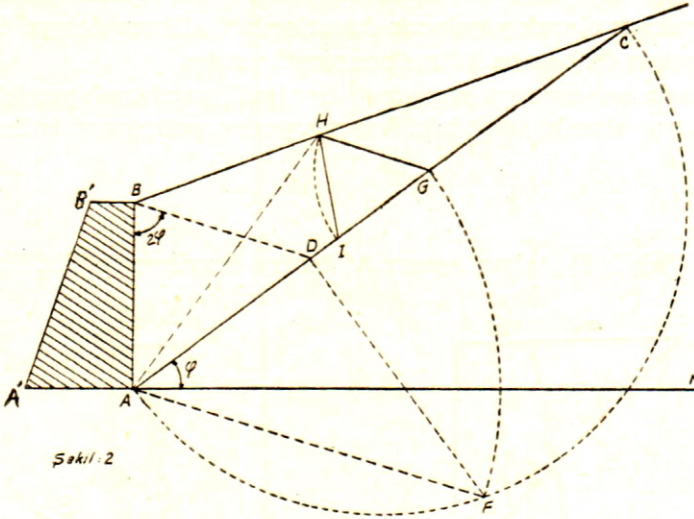
duvarın ağırlığı G ile toprak basıncı E nin bileşgesi R , taban kenarları A ve A' arasında kalmalıdır.

Burada G , resim alanına dik istikamette, 1 m. boyundaki duvarın ağırlığı olup,

$G = \text{Duvar enine kesit alanı} \times 1 \times \text{Duvarın özgül ağırlığı'dır. } G \text{ nin tatbik noktası enine kesidin ağırlık merkezi, istikameti ise düşeydir.}$

Toprak basıncının tayini için, muhtelif hallere göre, önce toprak basıncı üçgeninin bulunması lâzımdır. Bunun için, duvarın yapılacağı yerdeki duruma göre, duvara verilecek yükseklik tayin edilir ve buna nazaran metnin sonunda verilen tablolardan duvar üstü genişliği tesbit olunur. Duvarın ön yüz eğim nisbeti de aynı tablolardan duvarın yapım tarzına (kuru taş duvar, harçlı taş duvar, beton duvar) uygun olarak alınmak suretile duvarın takribi kesidi elde edilir (Şekil: 2 de $ABA'B'$). Sonra yatay olarak AN doğrusu çizilir ve $\varphi = \angle CAN$ (tabii şiv açısı veya iç sürtünme açısı¹⁾) işaretlenerek aşağıdaki gibi hareket olunur. Toprak basınç üçgeni, Rebhann'ın grafik metodu ile tayin olunacaktır.

1. Hal: Toprak üstü düzlemi çizgisi doğru seyrettiğine ve şiv düzlemi doğrusu ile kesiştiğine göre: (Şekil: 2)



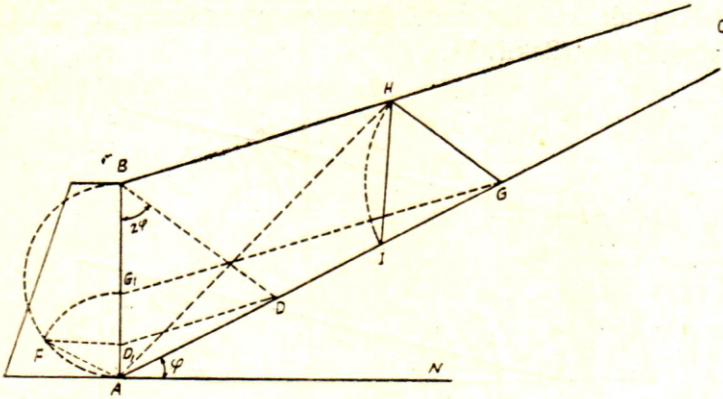
Şekil 2

$2\varphi = \angle ABD$ olarak alınır ve AC üzerinde D noktası bulunur. AC üzerine $r = 1/2 AC$ ile bir yarı daire çizilir. AC ye dik olarak DF çizilir. $\overline{AF} = \overline{AG}$ alınır; DB ye paralel GH çizilir; $\overline{GH} = \overline{GI}$ alınır, G, H ve I noktaları birleştirilerek $GHİ$ toprak basınç üçgeni elde edilmiş olur. Diğer taraf-

1) Bu açı toprağın türüne ve haline göre değişmektedir (Tablo: VIII).

tan A ve H noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen AH hattı kayma hattı olmuş olur.

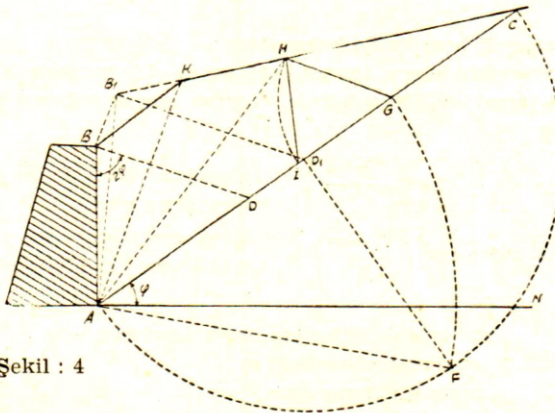
2. Hal: C noktası uzağa düştüğü, ve toprak üstü düzlemi çizgisile şiv düzlemi doğrusu resim alanı içinde kesişmediği takdirde (Şekil 3) :



Şekil 3

$2\varphi = \angle ABD$ alınarak D bulunur. AB üzerine bir yarım daire çizilir; BC ye paralel DD_1 çizilir. D_1 noktasında AB ye dik D_1F çukılır; \overline{AF} ye eşit $\overline{AG_1}$ işaretlenir; BC ye paralel G_1G çizilir; BD ye paralel GH çizilir ve son olarak da \overline{GH} ye eşit GI alınırsa, GHI toprak basınç üçgeni olmuş olur.

3. Hal: Toprak üstü düzlemi çizgisi kırık seyrettiği fakat şiv düzlemi doğrusu ile kesiştiği takdirde (Şekil: 4) :

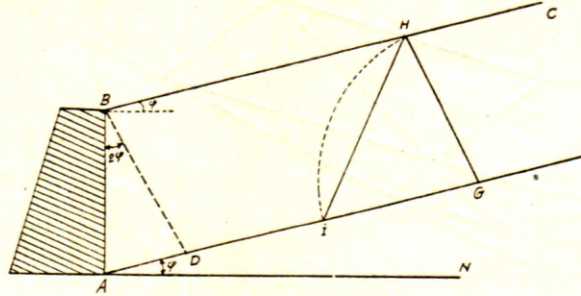


Şekil : 4

ABK üçgeni eşit alandaki AB_1K üçgenine çevrilir. Bunun için: CK sola doğru uzatılır ve AK ye BB_1 paraleli çizilerek B_1 noktası elde edilir. Sonra $2\varphi = \angle ABD$ alınır. Ve BD ye paralel B_1D_1 çizildikten sonra AC üzerine

bir yarım daire çizilir. D_1 noktasından AC ye bir dik çıkılarak daire üzerinde F noktası elde edilmiş olur. A noktası merkez, \overline{AF} yarı çap olarak çizilen kavisle AC üzerinde G noktası elde edilir. Bu noktadan B_1D_1 e çizilen paralelden sonra $\overline{GH} = \overline{GI}$ alınarak $\triangle GHİ$ üçgeni elde edilmiş olur.

4. **Hal:** Toprak üstü düzlemi doğrusu yatay istikametle tabii şiv açısı φ yi teşkil etmektedir (Şekil: 5).



Şekil : 5

$2\varphi = \angle ABD$ alınır. Şiv düzlemi doğrusu üzerinde, G noktası istenilen yerde işaretlendikten sonra, BD ye paralel GH çizilir. $\overline{GH} = \overline{GI}$ alınırsa $\triangle GHİ$ toprak basıncı üçgeni olmuş olur.

Duvar 1 m. derinlik (resim alanına dik olarak) için tetkik edildiğinden toprak basıncı:

$$E = (\text{alan } \triangle GHİ) \cdot 1 \cdot \gamma$$

(γ = toprağın özgül ağırlığı)

olmuş olur ¹⁾).

1) Toprak basıncı E hesapla da bulunabilir :

Duvarın arka yüzü düşey, toprak üstü yatay olduğu; toprak kütlesi ile duvar arasındaki sürtünme ihmal edildiği takdirde, (toprak basıncı doğrusu E yatay) toprak basıncının büyüklüğü :

$$E_1 \text{ } ^{1/m} = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} \cdot \text{tg}^2 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right) \quad (\text{toprak seviyesi duvar yüksekliğini aşmadığına göre})$$

$$E_2 \text{ } ^{1/m} = \frac{1}{2} \gamma (h^2 + 2hH) \text{tg}^2 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right) \quad (\text{toprak seviyesi duvar yüksekliğini bir H kadar aşdığına göre})$$

Bu formüllerde :

γ = toprak kütlesinin özgül ağırlığı t/m^3

h = duvar yüksekliği m.

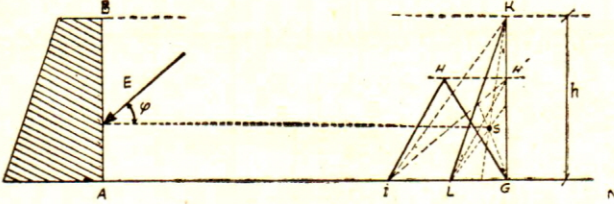
φ = iç sürtünme açısı

$\text{tg}^2 \left(\frac{90 - \varphi}{2} \right)$ değeri metnin sonundaki tablodan bulunur (Tablo: VIII).

$\varphi = 30^\circ$ için $E = \frac{\gamma \cdot h^2}{6}$ olup bu değer, pratikte rastlanan haller için, herhangi bir

hesaba lüzum kalmadan, özel tablolardan alınır.

E nin durumunu tayin ve tatbik noktasını tesbit için (Şekil: 6), önce toprak basınç üçgenini, yüksekliği duvar yüksekliği (h) ye eşit olan bir üçgene çevirmek lâzımdır:



Şekil : 6

Bunun için A N doğrusu üzerinde GHI üçgeni çizilir. G noktasında İG ye bir dik çıkılır. İG ye paralel HH' çizilir. H' ile İ birleştirilerek İGH' dik üçgeni elde edilir. Bu sonuncusu, yüksekliği duvar yüksekliği AB = h olan LGK dik üçgenine çevrilir: GH' üzerinde duvar yüksekliği h işaret edilerek K noktası bulunur. Bu nokta İ ile birleştirilir. Kİ ye paralel H'L çizilir. Sonra K ile L birleştirilirse elde edilen LKG üçgeni matlup üçgen olur.

Sonuncu üçgenin ağırlık merkezinin tabandan olan yüksekliği (1/3 h) duvar arka yüzü üzerinde A dan itibaren işaretlenir. Bu noktadan AB ye çıkılacak bir dikle φ açısını teşkil edecek doğru (E) çizilir ve bu suretle toprak basıncının tesir doğrusu elde edilmiş olur.

2. Şart:

Duvar da cer gerginliği hasil olmamalıdır. Bunun için bileşge R taban genişliği AA' nün orta 1/3 ü içinde (çekirdek) seyretmeli (Şekil: 7), ve en son sınır olarak çekirdek noktaları 1 veya 2 den geçmelidir (kuru taş duvarlarda). Harçlı veya beton olarak yapılacak istinad duvarlarında cer gerginlikleri tecviz edilebilir.

3. Şart:

G ile E nin bileşgesi R nin düşey komponenti R_v den dolayı A ve A' kenarlarında hasil olan kenar gerginlikleri K ve K_1 , duvar yapı malzemesinin ve temel zemininin mukavemetini aşmamalıdır. Bu kenar gerginlikleri:

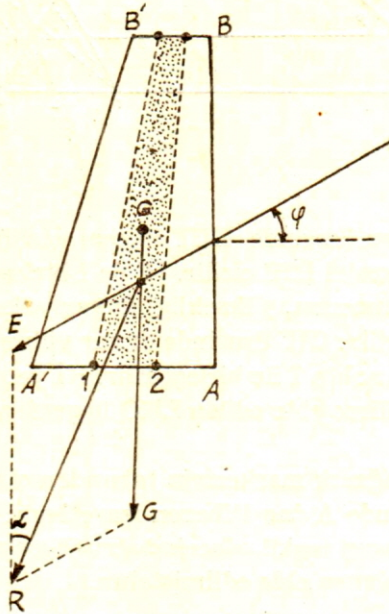
$$K \text{ veya } K_1 = \frac{R_v}{100 \cdot b} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{b} \right),$$

formülü ile hesap edilir ¹⁾. Bu formülde:

b = Enine kesitte taban genişliği (sm. olarak)

e = R , komponentinin taban orta noktası m den olan uzaklığı
(exentrizität) (sm. olarak) olup

$\frac{R_v}{100 \cdot b}$ ifadesi, taban hattı ortasındaki basıncı göstermektedir (Kg/sm^2).



Şekil : 7

Kenar gerginlikleri daha modern olarak grafik usulle tayin edilir (Şekil: 8):

Bunun için, bileşge R ye taban hattı AA' 'nin ortası m noktasından e kadar uzaktaki m' noktasından geçmek üzere bir paralel çizilir ve üzerinde R nin büyüklüğü işaretlenir. R bileşgesi düşey R_v ve yatay R_h komponentlerine

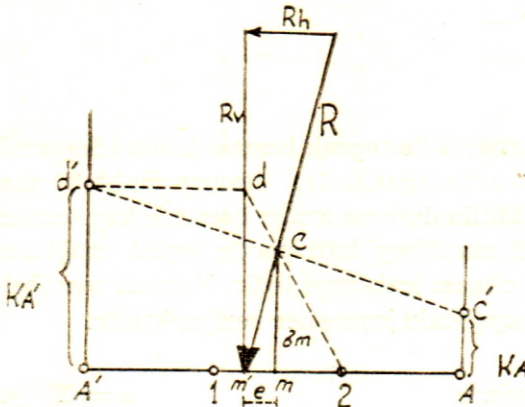
1) Formülün kullanılışı sırasında bileşge R nin daha yakın olduğu kenar için formülde (+), daha uzak bulunduğu kenar için (-) işareti kullanılır.

$e < \frac{b}{6}$ olduğu hallerde her iki kenarda da basınç gerginlikleri hasil olur. Bu takdirde bileşge R , tabanı çekirdek noktaları 1 ve 2 arasında kesmekte bulunur.

$e = \frac{b}{6}$ olduğu zaman sadece R nin yakın olduğu kenarda basınç gerginliği hasil olur, uzak olduğu kenarda ise hiç bir gerginlik olmaz. Bu halde bileşge R , tabanı çekirdek noktalarından birinde (1 veya 2 de) keser.

$e > \frac{b}{6}$ olduğu zaman ise bileşge R nin yakın bulunduğu kenarda basınç, uzak olduğu kenarda ger gerginlikleri meydana gelir. Bu takdirde bileşge R , duvar tabanı AA' yü orta $1/3$ ü dışında kesmekte bulunur.

tefrik edilir. m noktasından tabana çıkılacak dik üzerinde $\sigma_m = \frac{R_v}{100 \cdot b}$ değeri bir basınç ölçeği ile işaretlenerek c noktası elde edilir. Uzaktaki çekirdek noktası 2 ile c birleştirilir ve bu doğru R_v 'yi kesinceye kadar uzatılarak d noktası bulunur. Bu noktanın, R nin yakın bulunduğu kenar A' den çıkılan dik üzerindeki iz düşümü işaretlenerek d' noktası bulunur. Böylece $\overline{A'd'}$ uzunluğu, A' kenarındaki basınç K_A 'yü vermiş olur.



Şekil : 8

d' ve c birleştirilerek uzatılır ve bu doğru, R nin uzak bulunduğu kenar A dan çıkılan dik ile kesitirilirse c' noktası elde edilir. Böylece bulunan $\overline{Ac'}$ uzunluğu ise, A kenarındaki gerginlik K_A olmuş olur. Elde edilen c' noktası şayet taban hattı AA' nün üst tarafında ise bu gerginlik basınç; alt tarafında ise gerginliği demektir.

Aşağıdaki tablo (Tablo: 1) Saliger'e göre, çeşitli temel zeminleri, çe-

şitli tarzda yapılmış duvarlar ve taşlar için caiz görülen basınç miktarlarını vermektedir.

TABLO : I.

Doldurular, yahut tamamen oturmamış zeminlerde :	0,4-0,1 Kg/sm ²
Sağlam temel zeminlerinde :	2,5-6,00 Kg/sm ²
Sağlam taş veya kayalık zeminlerde :	5-10 Kg/sm ²
Kireç harçlı tuğla duvarlarda :	5 - 7 Kg/sm ²
Çimento harçlı tuğla duvarlarda :	10-12 Kg/sm ²
Betonarme sütunlarda :	30-40 Kg/sm ²
Bazalt taşlarında :	75 Kg/sm ² ye kadar
Granit »	50 Kg/sm ² ye kadar
Kalker »	45 Kg/sm ² ye kadar
Kum »	40 Kg/sm ² ye kadar
Tuflarda :	30 Kg/sm ² ye kadar
Betonda :	10-60 Kg/sm ²
Klinker taşlarında :	15-25 Kg/sm ²

Temel zeminlerinde kum, kil ve balçık tabakalarının değişik olarak seyretmeleri halinde, duvarın temeli ile, zeminin yekdiğerile sıkı bir surette kaynaşmasının mümkün olup olmayacağı cihetinin tetkik edilmesi lâzımdır. Lüzum görülen yerlerde temel zeminine, temel atılmadan evvel kırma-taş döşemek, yahut zemini kaldırımlamak veya betonlamak veyahut da zeminde pilotaj yapmak gibi, tedbirler alınabilir.

Toprak tabakalarının fazla meyilli olarak seyrettikleri zeminlerde (kaymaları kolaylaştıran zeminler), inşaat için özel bir dikkat harcamak icap eder.

4. Şart :

Duvarın ağırlığı G ile toprak basıncı E nin bileşgesi R nin yatay komponenti R_x nin tesirile (Şekil: 7), duvarın muhtelif kısımlarının birbiri üzerinde; yahut bütün duvarın zemin üzerinde kaymaması lâzımdır.

Bunun için R nin düşey istikametle teşkil ettiği α açısının sürtünme açısından küçük olması icabetmektedir. Yapılan tecrübelerin neticelerine göre, bu açı için aşağıdaki kıymetler verilmektedir.

Duvar içinde	$\alpha = 35^\circ$ ye kadar,
Toprak zeminler üzerinde	$\alpha = 25^\circ$ ye kadar,
Islak killi zeminlerde	$\alpha = 0^\circ$

Duvarların inşasında, işlenmiş muntazam taşlar, yahut tuğla kullanıldığı takdirde, taş veya tuğla sıraları bileşge istikametine mümkün mertebe dik gelecek surette tertiplenirler. Duvar moloz kârgir olarak inşa edilmek istenildiği takdirde, duvar kısımlarının yekdiğeri üzerinde kayması, duvarın itinalı ve sağlam olarak yapılması önlenmiş olur.

Bu şartlar duvar kesitinin heyeti umumiyesi için tahakkuk ettiği takdirde duvarın bilcümle seksiyonları içinde tahakkuk edip etmediği araştırılmak üzere istinad çizgisinin tersimine geçilebilir. Duvarlarda cer gerginliğinin hasıl olmaması için bütün duvar kesitinde ve bu kesitin muhtelif seksiyonlarında bu istinad çizgisinin de her bir seksiyonun taban orta $1/3$ leri içinden geçmesi lâzımdır. Her bir seksiyonun diğer emniyet şartlarının tahakkuk durumu, bu kısma ait bileşge kuvveti vasıtasile yine duvar heyeti umumiyesi için yapıldığı şekilde incelenebilir.

Bir istinad duvarı enine kesitinde istinad çizgisinin bulunması (Şekil: 12, ekteki misaldedir) :

1 — Duvar enine kesiti $AA'BB'$, yatay kesitlerle istenilen sayıda fakat yükseklikleri eşit seksiyonlara ayrılır ve bunların G_1, G_2, G_3, \dots ağırlıkları ve S_1, S_2, S_3, \dots ağırlık merkezleri bulunarak bu ağırlıklar düşey olarak bu noktalara tatbik olunur.

2 — Evvelce bulunan ve alanı toprak basınç üçgeni $GHİ$ nin alanına, yüksekliği duvar yüksekliğine eşit olan LKG üçgeni de aynen yukarıdaki paragrafta olduğu gibi seksiyonlara ayrılır ve bu seksiyonların alanları ölçülerek herbirinin temsil ettiği toprak basınçlarının değeri E_1, E_2, E_3, \dots hesaplanır. Sonra bu seksiyonların ağırlık merkezleri bulunup, bu noktalar yatay olarak duvar arka yüzüne taşınmak suretile de E_1, E_2, E_3 kuvvetlerinin tatbik noktaları bulunur. Ve bu kuvvetler bu noktalardan duvar arka yüzüne çizilen dik ile φ açısını teşkil edecek surette tatbik olunur.

3 — Duvar kesiti dışında bir yerde G_1, G_2, \dots ağırlıkları ile E_1, E_2, \dots kuvvetleri zincirleme bir şekilde birleştirilerek bunların r_1, r_2, r_3, \dots bileşgeleri ve bu bileşgelerin meydana getirdiği bir kuvvet plânı elde edilir. Bu plânda r_1, r_2, r_3, \dots bileşgelerinin de R_1, R_2, R_3, \dots kısmî, ve R_4 nihai bileşgeleri bulunur. Sonra bir O kutup noktası seçilerek r_1, r_2, \dots poligonunun köşe noktalarına 1,2,3,..... ışınları çizilir.

4 — Duvara ait muhtelif seksiyonların K_1, K_2, \dots tabanlarına tesir eden bu R_1, R_2, \dots, R_4 bileşgelerinin tatbik noktalarını bulmak için:

a) Duvar enine kesitinde E_1 in G_1 ile, E_2 nin G_2 ile ilh..... kesiştiği noktalardan kuvvet plânındaki r_1, r_2, \dots lere birer paralel çizilir.

b) Bu paraleller üzerine kuvvet plânındaki 1,2,3,..... ışınlarına paralel olarak 1',2',3',..... ışınları ile halat poligonu çizilir.

c) Bu halat poligonunda 1' ile 2' ışınlarının kesiştiği noktadan kuvvet planındaki R_1 e paralel olarak R_1 (bu noktada R_1 e eşit ve muntabuktur);

1' ile 3' nün kesiştiği noktada kuvvet plânındaki R_2 ye paralel olarak R_2 ;

1' ile 4' nün kesiştiği noktada kuvvet plânındaki R_3 e paralel olarak R_3 ;

1' ile 4' nün kesiştiği noktada kuvvet plânındaki R_4 e paralel olarak R_4 çizilir.

d) Çizilen bu R_1, R_2, R_3, R_4 lerin seksiyon tabanları K_1, K_2, K_3 ve K_4 ü kestiği t_1, t_2, t_3, t_4 noktaları aranan istinad hattına ait noktalardır. Nihayet duvar üst yüzünün orta noktası t de istinad hattına ait bir noktadır. Böylece, bu noktaları birbirine bağlayan doğrular da bize istinad hattını verirler.

5 — Seksiyon tabanlarına tesir eden bu R_1, R_2, R_3, R_4 bileşgelerinin $R_{v1}, R_{v2}, R_{v3}, R_{v4}$ düşey komponentleri de kenar gerginliklerinin hesabına yarar.

Pratikte duvar kesitinin takribî olarak tayini için kullanılan tablolar

I. Kaplama duvarlar

1. Kuru taş duvar

Duvar üst genişliği K, duvar yüksekliğine (H) göre aşağıdaki tablodan (Tablo: II) alınabilir.

TABLO: II

Duvar yüksekliği h (m.)	Duvar üst genişliği K (m.)
1,0	0,50—0,60
2,0	0,60—0,70
3,0	0,70—0,80
4,0	0,80—1,00
5,0	0,90—1,20
6,0	1,00—1,50

Duvar arka yüzü genel olarak düşey, ön yüz 1:1/3 - 1:1/4 meyilli yapılıdır.

2. Harçlı taş duvar

Umumiyetle duvar üst genişliği (K) en az

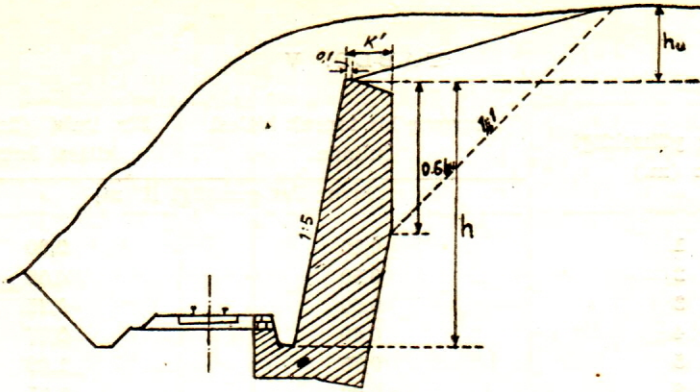
$$K = 0,5 - 0,6 \text{ metre olarak alınır.}$$

Duvar arka yüzü genel olarak düşey, ön yüz 1:1/4 - 1:1/5 meyilli yapılıdır.

Duvar üst yüzü üzerinde H yüksekliğinde bir toprak kitlesi mevcutsa (Şekil: 9) duvar üst genişliği K, duvarın (h) ve bu kitlenin (H) yüksekliğine göre aşağıdaki tablodan (Tablo: III) alınabilir.

TABLO: III

Duvar yüksekliği h (m.)	Duvar üst yüzü üzerindeki toprak kitlesinin yüksekliği H (m.)					
	1 m.ye kadar	2	4	6	8	10
	Duvar üst genişliği K (m.)					
1	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
2	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
3	0,65	0,65	0,70	0,70	0,75	0,80
4	0,78	0,79	0,84	0,90	0,95	1,00
5	0,96	0,98	1,03	1,09	1,15	1,20
6	1,15	1,17	1,23	1,29	1,35	1,41
7	1,33	1,36	1,42	1,48	1,54	1,61
8	1,51	1,54	1,61	1,68	1,74	1,81
9	1,70	1,73	1,80	1,88	1,94	2,02
10	1,88	1,92	1,99	2,07	2,14	2,22



Şekil : 9

3. Beton duvar

Duvar üst genişliği en az

$K = 0,3 - 0,4$ metre olarak alınır, ve

duvar arka yüzü genel olarak düşey, ön yüzü $1:1/5 - 1:1/20$ meyilli yapılır.

II. İstinad duvarları

1. Kuru taş duvar

Duvar üst genişliği K , duvar yüksekliğine göre aşağıdaki tablodan (Tablo: IV) alınabilir.

TABLO: IV

Duvar yüksekliği h (m.)	Duvar üst genişliği K (m.)
1,0	0,70
2,0	0,80
3,0	0,90
4,0	1,00
5,0	1,10
6,0	1,20

Duvar arka yüzü genel olarak düşey, ön yüzü $1:1/3 - 1:1/4$ meyilli yapılır.

2. Harçlı taş duvar

Duvar üst yüzü üzerinde bir toprak kitlesi mevcut değilse, duvar üst yüzü genişliği K , duvar yüksekliğine (h) ve duvarın oturmuş bir toprak yahut bir imlâ (dolduru) kitlesi önünde bulunduğu göre aşağıdaki tablodan (Tablo: V) alınabilir.

TABLO: V

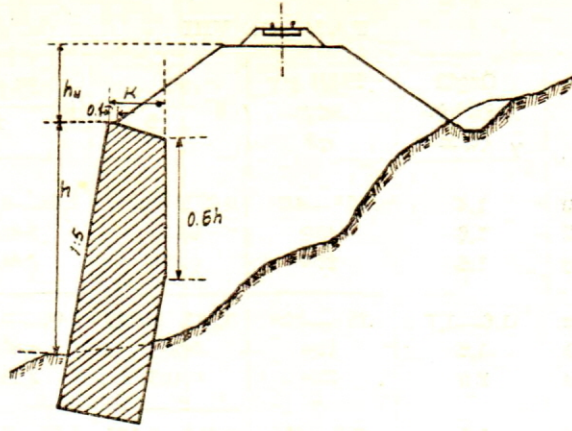
Duvar yüksekliği h (m.)	Oturmuş bir toprak kitlesi önünde	Bir imla (dolduru) kitlesi önünde
	Duvar üst genişliği K (m)	
1	0,50	0,60
2	0,50	0,60
3	0,50	0,75
4	0,60	0,85
5	0,75	1,00
6	0,90	1,15
7	1,05	1,25
8	1,20	1,40
9	1,35	1,50
10	1,50	1,65

Duvar üst yüzü üzerinde H yüksekliğinde bir toprak kitlesi mevcutsa (Şekil: 10), duvar üst genişliği K, duvarın (h) ve bu kitlenin (H) yüksekliğine göre aşağıdaki tablodan (Tablo: VI) alınabilir.

TABLO: VI

Duvar yüksekliği h (m.)	Duvar üst yüzü üzerindeki toprak kitlesinin yüksekliği H (m.)					
	1 m.ye kadar	2	4	6	8	10
	Duvar üst genişliği K (m.)					
1	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
2	0,65	0,70	0,70	0,75	0,80	0,80
3	0,79	0,86	0,92	0,98	1,04	1,10
4	0,98	1,06	1,14	1,21	1,28	1,35
5	1,17	1,27	1,36	1,44	1,52	1,60
6	1,36	1,47	1,58	1,67	1,77	1,85
7	1,55	1,68	1,80	1,91	2,01	2,10
8	1,74	1,79	2,02	2,13	2,25	2,35
9	1,92	2,09	2,24	2,37	2,49	2,60
10	2,12	2,29	2,46	2,59	2,74	2,85

Duvar arka yüzü genel olarak düşey, ön yüzü 1:1/4 - 1:1/6 meyilli yapılıdır.



Şekil : 10

3. Beton duvar

Duvar üst genişlik, en az,

$$K = 0,3 - 0,4 \text{ metre olarak alınır.}$$

Duvar arka yüzü genel olarak düşey, ön yüzü 1:1/5 - 1:1/20 meyilli yapılır.

Trapez kesitli ve ön yüzünün meyli 1:1/5 olan beton duvarlarda arkasındaki toprak kitlesinin durumuna, duvar yüksekliğine (h), ve tabii şiv açısına (φ) göre duvarın taban genişliği (b) aşağıdaki tablodan (Tablo: VII) alınabilir.

TABLO: VII

Duvar yüksekliği h (m.)	Toprak kitlesi duvar üstünü aşmadığına göre				Toprak kitlesi duvar üstünü 1 m. aştığına göre			
	Tabii şiv açısı φ°							
	25°	30°	40°	45°	25°	30°	40°	45°
Duvarın taban genişliği b (m.)								
2,00	0,75	0,68	0,60	0,60	1,15	1,05	0,85	0,80
3,00	1,13	1,07	0,90	0,85	1,60	1,46	1,16	1,10
4,00	1,55	1,47	1,20	1,10	2,10	1,92	1,50	1,40
5,00	2,07	1,92	1,54	1,40	2,70	2,40	1,87	1,73

Duvar arkasındaki toprak kitlesinin nev'ine göre özgül ağırlığı (γ) ve tabii şiv açısı (φ) nin; ve toprak basıncının hesap yolu ile tayini için kullanılan formüldeki bazı terimlerin değerleri aşağıdaki tabloda (Tablo: VIII) gösterilmiştir.

TABLO: VIII

Toprağın nev'i	Özgül ağırlığı γ (t/m ³ .)	Tabii şiv açısı φ°	$\text{tg}^2 \frac{(90-\varphi)}{2}$	$\text{tg}^2 \frac{(90+\varphi)}{2}$	$\text{tg} \varphi$
İmlâ toprağı :					
Kuru	1,4	35°—40°	0,271—0,217	3,68—4,60	0,700—0,839
Rutubetli	1,6	45°	0,172	5,83	1,000
Fazla yaş	1,6	27°	0,376	2,66	0,510
Kum :					
Kuru	1,6—1,7	30°—35°	0,333—0,271	3,00—3,68	0,577—0,700
Rutubetli	1,8	40°	0,217	4,60	0,839
Fazla yaş	2,0	25°	0,406	2,46	0,466
Balçık :					
Kuru	1,5	40°—45°	0,217—0,172	4,60—5,83	0,839—1,000
Yaş	1,9	20°—25°	0,490—0,406	2,04—2,46	0,364—0,466
Kil :					
Kuru	1,6	40°—50°	0,217—0,132	4,60—7,58	0,839—1,192
Yaş	2,0	20°—25°	0,490—0,406	2,04—2,46	0,364—0,466
Ufak çakıl:					
Kuru	1,8—1,9	35°—40°	0,271—0,217	3,68—4,60	0,700—0,839
Yaş	1,9	25°	0,406	2,46	0,466
İri çakıl :					
Köşeli	1,8	45°	0,172	5,83	1,000
Yuvarlak	1,8	30°	0,333	3,00	0,577

Duvarlarda statik emniyetin incelenmesi

(Misal)

(Şekil: 11, 12)

Duvar profilinin dimenzionları: $AA' = 1,90$; $BB' = 0,90$; $AB = 4$ m.

Duvar yapı malzemesi için caiz olan

basınç: $\sigma_1 = 5$ Kg/sm²Temel zemini için caiz olan basınç: $\sigma_2 = 1,5$ Kg/sm²1 m³. kırma taşın ağırlığı: $\gamma' = 2000$ Kg.1 m³. kumlu toprağın ağırlığı: $\gamma = 2100$ Kg.Tabii şiv açısı: $\varphi = 30^\circ$

1 m. boyundaki duvarın ağırlığı:

$$G = \frac{AA' + BB'}{2} \cdot AB \cdot 1 \cdot \gamma' = \frac{1,90 + 0,90}{2} \cdot 4,00 \cdot 1 \cdot 2000 = 11200 \text{ Kg.}$$

1 m. boyundaki duvara yapılan toprak basıncı (Şekil: 11):

$$E = (\text{alan } GHI) \cdot 1 \cdot \gamma = \frac{2 \cdot 50}{2} \cdot 2,17 \cdot 1 \cdot 2100 = 5696 \text{ Kg.}$$

Duvar arka yüzü düşey olduğu için toprak basıncı E, duvarın arka yüzüne, yatay istikametle tabii şiv açısını teşkil ederek; G ise duvarın

ağırlık merkezi olan S noktasında düşey olarak tesir etmektedir. Kuvvet planında (paralelogram) R nin durum ve büyüklüğü tayin edilirse, ($R = 14850$ Kg. olarak ölçülmüştür) bunun taban hattı AA' yü çekirdek sınırları içinde kestiği görülür.

Buna nazaran duvarın, bileşgenin yakın olduğu A' kenarı üzerinde devrilmesi bahis mevzuu olmadığı gibi (1. Şart); bileşgenin uzak bulunduğu arka kenar A da cer gerginliği de hasıl olmayacaktır (2. Şart).

Kenar gerginliklerine gelince, ($R_v = 14000$ Kg. ve $e = 10$ sm. olarak ölçülmüştür) burada $e < \frac{b}{6}$ olduğu için kenarlarda sadece basınç gerginlikleri meydana gelmektedir. Bu kenar basınçlarının değerleri, bileşgenin daha yakın bulunduğu A' kenarında:

$$K_{A'} = \frac{R_v}{100 \cdot b} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{b}\right) = \frac{14000}{100 \cdot 190} \left(1 + \frac{6 \cdot 10}{190}\right) = 0,97 \text{ Kg/sm}^2.$$

ve daha uzak bulunduğu A kenarında:

$$K_A = \frac{R_v}{100 \cdot b} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{b}\right) = \frac{14000}{100 \cdot 190} \left(1 - \frac{6 \cdot 10}{190}\right) = 0,50 \text{ Kg/sm}^2.$$

olarak bulunur.

Yani kenar basınçları $K_{A'}$, ve K_A , gerek duvar yapı malzemesi ve gerekse temel zemini için caiz olan sınırlar (bunlar sırasıyla $\sigma_1 = 5$ Kg/sm². ve $\sigma_2 = 1,5$ Kg/sm². idi) içinde kalmaktadır (3. Şart).

Bileşge R nin düşey istikametle teşkil ettiği açı $\alpha = 19^\circ 30'$ olarak ölçülmüştür. Bu açı caiz olan 25° nin aşağısında kalmaktadır. Bu itibarla gerek duvar kısımlarının birbiri üzerinde, gerekse duvarın zemin üzerinde kayması bahis mevzuu değildir (4. Şart). Nihayet duvarın inşası sırasında taş sıraları bu bileşkeye dik olacak yani yatayla $\sim 20^\circ$ lik bir açı teşkil edecek şekilde tesbit olunarak (gayet duvar kesme taş olarak yapılacaksa), ve temel zemini aynı surette $\sim 20^\circ$ eğik tanzim edilecektir.

Duvar kesitinin heyeti umumiyesi için gerekli emniyet şartları böylece tahakkuk ettikten sonra duvarın bütün seksiyonları için gerekli emniyet şartlarının tahakkuk durumunu incelemek üzere (Şekil: 12) de duvar seksiyonları için t_1, t_2, t_3, t_4 istinad hattı yukarıda anlatıldığı şekilde çizilmiştir. Buna göre:

1 — İstinad hattı t_1, t_2, t_3, t_4 , bütün duvar kesitinde her bir seksiyonun K_1, K_2, K_3, K_4 tabanlarının orta 1/3 ü içinde seyretmektedir. Buna göre seksiyonların, istinad hattının daha yakın olduğu taban kenarlarından biri üzerinde devrilmesi bahis mevzuu olmadığı gibi (1. Şart) daha uzak olduğu, diğerinde cer gerginlikleri de hasıl olmayacaktır (2. Şart).

2 — Bu durumda bütün seksiyonların taban kenarlarında yalnız basınç gerginlikleri hasıl olmakta ve şekilde görüldüğü üzere istinad hattı bu

tabanların duvar arka tarafındaki kenarlarına daha yakın seyretmektedir.

Buna ve,

$$\begin{array}{lll} R_{v_1} = 2225 \text{ Kg.} & e_1 = 7,5 \text{ sm.} & b_1 = 115 \text{ sm.} \\ R_{v_2} = 5350 \text{ Kg.} & e_2 = 5 \text{ sm.} & b_2 = 140 \text{ sm.} \\ R_{v_3} = 9300 \text{ Kg.} & e_3 = 5 \text{ sm.} & b_3 = 165 \text{ sm.} \end{array}$$

bulduğuna göre bu taraftaki kenar basınçları:

$$\begin{aligned} K &= \frac{R_v}{100 \cdot b} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{b}\right) = \frac{2225}{100 \cdot 115} \left(1 + \frac{6 \cdot 7,5}{115}\right) = 0,27 \text{ Kg/sm}^2, \\ &= \frac{5350}{100 \cdot 140} \left(1 + \frac{6 \cdot 5}{140}\right) = 0,46 \text{ Kg/sm}^2, \\ &= \frac{9300}{100 \cdot 165} \left(1 + \frac{6 \cdot 5}{165}\right) = 0,66 \text{ Kg/sm}^2, \end{aligned}$$

ve seksiyon tabanlarının duvar ön tarafındaki kenarlarına ait basınçlar ise:

$$\begin{aligned} K' &= \frac{R_v}{100 \cdot b} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{b}\right) = \frac{2225}{100 \cdot 115} \left(1 - \frac{6 \cdot 7,5}{115}\right) = 0,12 \text{ Kg/sm}^2, \\ &= \frac{5350}{100 \cdot 140} \left(1 - \frac{6 \cdot 5}{140}\right) = 0,30 \text{ Kg/sm}^2, \\ &= \frac{9300}{100 \cdot 165} \left(1 - \frac{6 \cdot 5}{165}\right) = 0,47 \text{ Kg/sm}^2. \end{aligned}$$

olup bu miktarlar duvar yapı malzemesi için caiz görülebilen basınç gerçinliği $\sigma_1 = 5 \text{ Kg/sm}^2$ den küçüktür. O halde 3 cü emniyet şartı da tahakkuk etmektedir.

3 — Nihayet seksiyonların K_1, K_2, K_3 tabanlarına tesir eden R_1, R_2, R_3 bileşgelerinin düşey istikametle teşkil ettiği açılar sırasile $\alpha_1 = 8^\circ$, $\alpha_2 = 13^\circ 30'$, $\alpha_3 = 16^\circ 30'$ olup, duvar içinde caiz görülebilen sürtünme açısı $\alpha = 35^\circ$ den küçüktür. O halde duvar seksiyonlarının birbiri üzerinde kayması bahis konusu değildir (4. Şart).

Bileşge R_4 ün en alttaki seksiyon tabanı K_4 üzerindeki tesiri -bu taban aynı zamanda duvar heyeti umumiyesinin de tabanı olduğundan- evvelce araştırılmış ve gerekli emniyet şartlarının tahakkuk ettiği görülmüştü.

Faydalanılan Eserler

1. Julius Marchet: Der Landstrassen - und Waldwegebau. Wien 1925
2. Otto Faber und Artur Doldt: Waldstrassenbau. Karlsruhe 1932.
3. Franz Hafner, Josef Stiny und Rudolf Feuchtinger: Der Strassenbau, die Fahrzeuge und der Verkehr auf spurfreien Bahnen. Wien und Leipzig 1942.