

SERİ B

CİLT XIV

SAYI 1

1965

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
ORMAN FAKÜLTESİ  
DERGİSİ



## İSTİNAD VE KAPLAMA DUVARLARINDA TOPRAK BASINÇ TEORİSİNİN BASİT YOLDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yazan :

**Prof. Dr. Faik TAVŞANOĞLU**

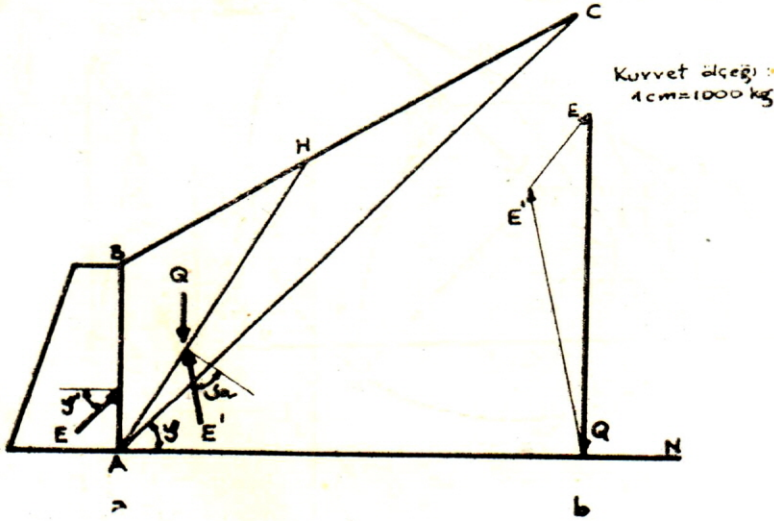
İstinad ve kaplama duvarları, gevşek, çözülmeye veya kaymaya hazır durumdaki toprak kitlelerinin dayandırılarak yerlerinde tutulması maksadıyla yapılan tesisler olup, bunların emniyetli yapılar olabilmesi, maruz buldukları toprak basıncının büyüklüğüne göre dimenziyonlarının tayin edilmesine bağlıdır.

Toprak basıncı, ancak duvarın arkasında durumu ve büyüklüğü bilinen bir kuvvet halinde belli olduğu takdirde duvar yapısının kesidinin tayininde kullanılabilir. Bu kevvetin meydana çıkarılmasında duvarın arkasındaki toprağın özelliklerinin bilinmesine ihtiyaç olmakla beraber, bu özelliklerin tesbitinde büyük zorluklarla karşılaşıldığından, Colomb tarafından, dayandırılmış toprak kitlelerinin hareket gösterilerine göre bir teori vazedilmiştir ki, bu teorinin yardımıyla bahis konusu olan problem elemanter olarak ve kısa yoldan çözülmekte ve duvar yapısının buna göre emniyeti sağlanmaktadır.

Duvarın arkasındaki dolgunun yerinde tutunması, dolgu materyalinin yapışkanlığı (kohezyon) ve sürtünme direnci ile ilgilidir. Gerek kohezyon ve gerekse sürtünme direnci fiziksel anlamda birer kuvvet olduğundan, bu kuvvetler dolgu materyalinin ayrışmasına ve çözülmeye karşı korlar. Buna toprağın harekete geçmesi halinde duvarın arkasındaki toprak kitlesi ile duvar arasında husule gelen sürtünme direncini de ilâve etmek icabeder. Bu dirençlerin şiddeti dolgunun oluşması ile ve toprak kitlesi içindeki çekilme ve büzülme ile, dolgu materyalinin su ile doygunluk derecesiyle ve dış kuvvetlerle ilgilidir. Toprak basınç teorisinin değerlendirilmesinde

duvar yapılarının statik emniyetini yükseltmek için dolgu materyalinin kohezyon etkisinin hesaba katılmasından sarfınazar edilmiştir.

Toprak basınç teorisi, istinat ve kaplama duvarlarının arkasındaki toprak kitlesinin tamamının basıncını değil, fakat sadece toprağın etkisi ile duvarın itilmesi halinde, ana kitleden çözülerek kayacak olan toprak kitlesini gözönünde tutmaktadır ki, bu durum bizi en büyük toprak basınç prizmasını sınırlayan kayma alanını bulmaya sevk etmektedir (Resim 1 a, AH). Bu sebeple toprak basınç teorisi bakımından önemli olan



Resim 1.

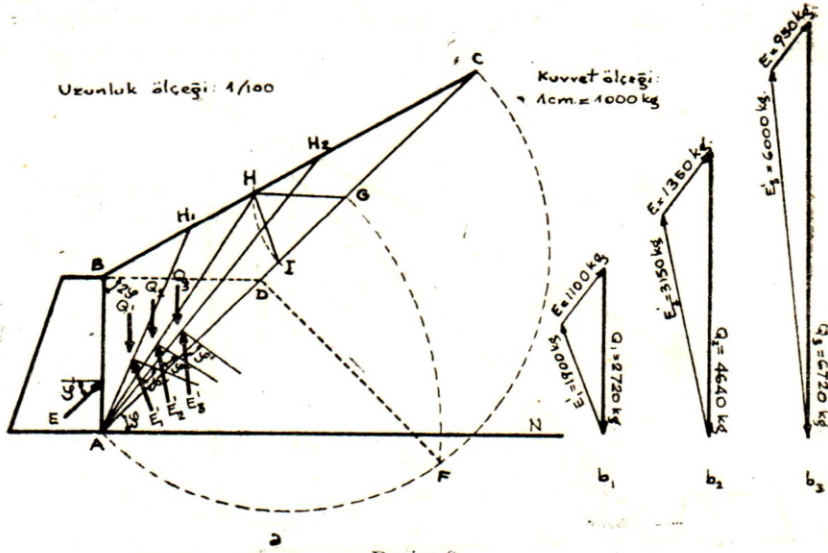
nokta bir çok kayma alanları (Resim 2 a,  $AH_1$ , AH,  $AH_2$ ) vasıtasıyla sınırlanan toprak prizmalardan en büyük toprak basıncını veren belli etmektedir.

Bundan sonra bu prizmanın ağırlığı Q nun duvarın arkasına ve kayma alanı üzerine tesir eden bileşenlere (E ve E' ye) ayrılması lâzımdır. Bunlardan duvarın arkasına etki yapan E ye duvar yapısının aynı şiddette fakat aksi istikamette bir kuvvetle karşı koyması, diğeri de kayma alanı üzerine etki yapan E' basıncına kayma alanının altında kalan toprak kitlesinin aynı şiddette karşı koyması matlup olduğu anlaşılır (Resim 1 a, b). Bu sebeple bu üç kuvvetin kuvvet plânında dengede olması icâdetmektedir.

Bunlardan prizmanın ağırlığını teşkil eden Q nun istikamet ve şiddeti bilinmektedir. Ayrıca bir taraftan duvarın arkasına tesir eden toprak

basıncı E, diğer taraftan kayma alanı üzerine tesir eden E' nün durumları da bilinmektedir.

E nin durumu pratik olarak duvarın arka yüzü çizgisine çıkılacak dikle  $\varphi'$  açısını teşkil edecek surette çizilen doğru ile meydana çıkmaktadır. Kezalik E' nün durumu kayma düzlemi doğrusuna çıkılacak dik ile  $\varphi'$  açısını teşkil edecek surette çizilen doğru ile belli olmuş bulunmaktadır.



Resim 2.

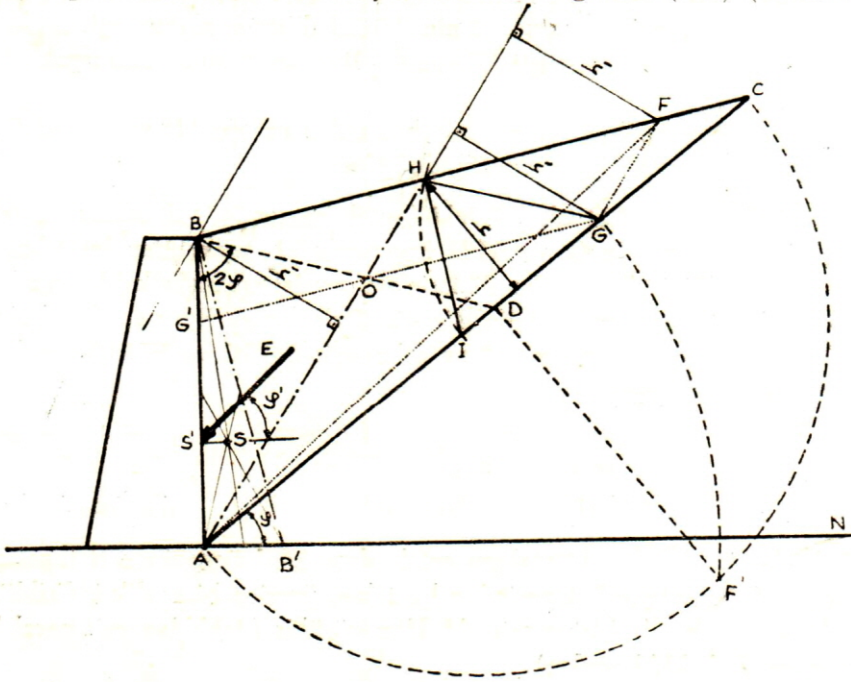
Resim 1 b, Q, E ve E' kuvvetlerine eşit kuvvet plânını göstermektedir. Bu plânı çizmek için, düşey bir doğru çizilerek bu doğru üzerinde Q nun büyüklüğü (kuvvet ölçeği ile) ve istikameti işaret edildikten sonra Q kuvvetinin başından itibaren E kuvvetine ve sonundan itibaren de E' kuvvetine birer paralel çizildiği takdirde elde edilen poligonda (üçgen) Q kuvvetinin (bileşke) birer bileşenini teşkil eden E ve E' kuvvetlerinin şiddet ve istikametleri meydana çıkmış olur.

1) Umumiyetle  $\varphi' = \varphi'$  Tabii şev açısı)

— Duvarın arka yüzü ham bırakıldığı ve dolgu materyalinin kuru olduğu hallerde  $\varphi' = 3/4 \varphi'$

— Dolgu materyalinin ıslak, kaygan ve yaş olduğu hallerde  $\varphi' = 0$   $\varphi'$  açısı fazla büyük alındığı takdirde toprak basıncı küçük olur; tersine olarak  $\varphi'$  açısı çok küçük alındığı takdirde toprak basıncı gerçek durumdakinden daha büyük çıkar. Birinci sıkta duvarın dengesi (Stabilite) emniyetli değildir. İkinci halde ise duvar gerektiğinden fazla kalın yapılacaktır demektir.

E ve E' kuvvetlerinden duvar yapısının dengesi bakımından önemli olan ilki, yani duvarın arkasına basınç yapan E kuvvetidir. İşte bu kuvveti bir toprak basınç alanı halinde elde etmek ve duvarın arkasına yaslanmış bir üçgen haline koymak için Rebhann'ın grafik metodundan faydalanılmaktadır. Bilindiği gibi bu metod duvarın arkasındaki toprak kitlesinin üstünün durumuna göre tatbik edilmektedir<sup>1</sup>. Bu metodun kullanılmasıyla elde edilen GH doğrusu toprak basınç ölçeği olup H noktası ile, duvarın arka taban köşesi A noktasının teşkil ettiği doğru da en büyük toprak basıncını veren kayma düzlemi doğrudur (AH) (Resim 3).



Resim 3.

Kayma düzlemi doğrusu AH, ABHG dörtgenini, alanları eşit olan iki üçgene bölmesi lâzımdır ki bu durum Rebhann'ın toprak basınç teorisinin temel kaidesini teşkil etmektedir.

1) Tavşanoğlu Faik : Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları, ikinci baskı, 1964, Sayfa 116-133.

Tavşanoğlu Faik : İstinad ve Kaplama Duvarlarında Muvaneze (Statik) Emniyetinin Grafik Olarak İncelenmesi.

İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi Cilt 2, Sayı 2, 1952.

Gerçekten, toprak üstündeki H noktası daha solda düşünüldüğü takdirde (Resim 2 b<sub>1</sub>), kayma hattı AH<sub>1</sub> olur. Bu takdirde her iki kuvvet de, yani E, E' kuvvetleri küçülmektedir. Bu nokta daha sağda düşünüldüğü takdirde (Resim 2b<sub>3</sub>) kayma hattı AH<sub>2</sub> olur. Buna göre E kuvveti küçülmemekte, fakat E' kuvveti büyümektedir. Bu durum H noktasının yerinde yapılan son değişikliklere göre kayma alanı ile duvarın arasında kalan toprak kitlesinin ağırlığı Q ve bu ağırlığın, yukarıda açıklandığı üzere E ve E' kuvvetlerine ayrılmasıyla çizilecek kuvvet plânlarında kolaylıkla görülmektedir.

Kayma düzlemi doğrusu AH nin ABHG dörtgen alanını eşit iki kısma böldüğüne işaret edilmişti (Resim 3). Bu durum şu suretle ispat edilebilir:

Toprak basıncı ölçüğü çizgisinin taban noktası G de AH ye paralel GF çizilerek AFH üçgeni elde edilir. Bu takdirde:

$\triangle AFH = \triangle AGH$  olur. Çünkü bu iki üçgende AH tabanı ortak olup, AHG üçgeninde G, ve AFH üçgeninde F tepesinden bu tabana birer dik çizildiği takdirde bu diklerin iki paralel arasında kaldığı ve bu sebeple de birbirine eşit olduğu görülür. Daha sonra BC ye paralel olarak GG' çizildiği takdirde meydana gelen eşit BHGO ve HFCO paralelkenarlarından dolayı:

$$\begin{aligned} BH &= OG \text{ ve } OG = HF && \text{olup birnetice:} \\ BH &= HF \text{ ve} \\ \triangle ABH &= \triangle AHF && \text{olduğu görülür.} \end{aligned}$$

Çünkü bu üçgenlerde AH tabanı ortak olup ABH üçgeninde B tepesinden, AHF üçgeninde F tepesinden bu taban üzerine birer dik indirildiği takdirde bunların birbirine eşit oldukları görülür (Araçları eşit paraleller arasında kaldıklarından).

Oysaki diğer taraftan :

$$\begin{aligned} \triangle AHF &= \triangle AHG \text{ olduğundan netice olarak:} \\ \triangle ABH &= \triangle AHG \text{ olur.} \end{aligned}$$

Buna göre ABHG alanının kayma düzlemi çizgisi (AH) vasıtasıyla iki eşit kısma bölünmesi lâzım geldiği şekilde Rebhann tarafından vazedilen ve böylece ispatlanan istek yerine getirilmiş olur.

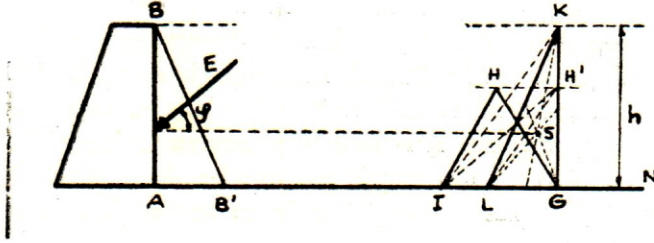
Toprak basıncı (E) nin büyüklüğünün tayinine gelince :

Rebhann'a göre toprak basıncının büyüklüğü (E) konstrüktif olarak şu suretle tayin edilir.

Toprak basınç ölçęü GH nin uzunluğu tabii şev düzlemi çizgisi üzerinde işaret edilerek I noktası bulunur. Bu suretle GHI, toprak basınç üçgeni alan olarak ( $m^2$  olarak) elde edilmiş olur (Resim 3). Statik hesaplarda derinlik resim alanına dik olarak 1 m. alındığında ve toprağın özgül ağırlığı  $\gamma$   $kg/m^3$  olduğundan toprak basıncının büyüklüğü:

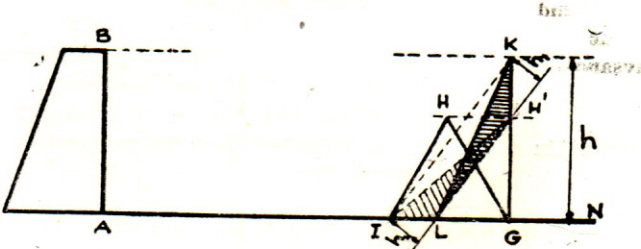
$$E^{kg/m} = 1/2 \gamma \cdot GI \cdot h \quad \text{olmuş olur.}$$

Toprak basıncının büyüklüğü tayin edildikten sonra bunun durumu ve yönü belli edilir. Bunun için önce toprak basınç üçgeni GHI, eşit alanda ve duvarın arkasına yaslanan bir üçgene çevrilir (Resim 3, 4):



Resim 4.

AN doğrusu üzerinde GHI üçgeni çizilir. G noktasında IG ye bir dik çıkılır. IG ye paralel HH' çizilir. H' ile I birleştirilerek IGH' dik üçgeni elde edilir. Bu sonuncusu, yüksekliği duvar yüksekliği  $AB=h$  olan LGK dik üçgenine çevrilir. GH' nün uzantısı üzerinde ve G den itibaren duvar yüksekliği h işaret edilerek K noktası bulunur. Bu nokta I ile birleştirilir. KI ye paralel H'L çizilir. Sonra K ile L birleştirilirse, elde edilen LGK üçgeni matlup üçgen olmuş olur (Resim 5). Çünkü:



Resim 5.

$$\triangle IGH' = \triangle LGK$$

LGH' alanı her iki üçgende ortaktır ve:

$$\triangle ILH' = \frac{LH' \cdot h_1}{2}$$

$$\triangle LH'K = \frac{LH' \cdot h_1}{2}$$

olup netice olarak:

$$\triangle ILH' = \triangle LH'K$$

olmuş olur ki,

bu suretle IGH' ve LGK üçgenlerinin birbirine eşitliği ispatlanmış olur. ABB' üçgeninin alanı toprak basıncının istinad duvarı üzerine dağılışını göstermektedir. Buna göre toprak basıncı duvarın tabanında en fazla, duvarın üstünde ise en azdır. Toprak basıncının bileşkesi E, ABB' üçgeninin ağırlık merkezi S noktasında tesir ettiğinden, bu noktanın duvarın arkasındaki yatay izdüşümü işaretlenerek S' noktası bulunur. Daha önce de açıklandığı gibi E nin durumu S' noktasından duvar çizgisine çıkılan dikle  $\varphi'$  açısını teşkil etmek üzere çizilen doğru vasıtasıyla elde edilir.

Toprak basıncının yönü ise, yine yukarıda yapılmış olan açıklamadan kolaylıkla anlaşılabilir olacağı gibi kayma alanıyla duvarın arkasında kalan toprak kitlesinden duvarın arkasına doğru yönelmiştir (Resim 3, 4).

#### FAYDALANILAN ESERLER

1. **Julius Marchet** : Der Landstrassen-Waldwegebau, Viyana, 1925.
2. **Max Foerster** : Taschenbuch für Bauingenieure, Berlin, 1928.
3. **Otto Faber und Artur Doldt** : Waldstrassenbau, Karlsruhe, 1932.
4. **Faik Tavşanoğlu** : İstinad ve Kaplama Duvarlarında Muvazene (Statik) Emniyetin Grafik Olarak İncelenmesi. İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 2, Sayı 2, 1952.
5. **Faik tavşanoğlu** : Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları, ikinci baskı. İstanbul, 1964.