

# Farklı Yükler Etkisindeki İstinat Duvarlarının Statik Hesapları ve Boyutlandırılması: Sapanca Örneği

## Static Calculation and Design of Retaining Walls Influence of different loads: Sapanca Example

<sup>1</sup>Botan Engin GÜNEŞ, <sup>1</sup>Mustafa YAĞIZ, \*<sup>1</sup>İsa VURAL

\*<sup>1</sup>Faculty of Technology, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

### Özet

İstinat duvarları, kot farkı bulunan iki toprak yüzeyi tutmaya yarayan mühendislik yapılarıdır. Bu yapılar toprak basınçlarının etkisi altındadırlar. Deprem bölgelerinde inşa edilen istinat duvarlarına statik toprak basınçlarının yanı sıra dinamik toprak basınçları da etkimektedir. Tasarım sırasında bu iki kuvvet de dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada, toprak basınçlarının hesaplama yöntemlerinden Rankine Toprak Basınç Teorisi yardımı ile hesaplar yürütülerek, istinat duvarlarında boyutlandırma, drenaj, kullanılan malzeme vs. gibi parametrelerin tayininde mühendislik öngörünün ne derece önemli olduğunun altını çizilebilmek amaçlanmıştır. Çalışmada örnek boyut, drenaj ve malzeme kullanımında mühendislik öngörüsünün önemi yer verilmiştir. Rankine teoremine hesaplanmış olan istinat duvarının, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ile uyumlu hale gelmesi sağlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Rankine teorsisi, istinat duvarı, yanal zemin basıncı, depremler.

### Abstract

Retaining walls which prevents soil surface elevation difference are structural engineering for slope stability. These constructs are under the effect of earth pressure. Retaining wall which is built in the zone of earthquake under the dynamic effect as well as static effect. These two forces must be taken into the design stage.

In this study, is calculated by the method of calculation of earth pressure Rankine earth pressure theory on sample application for sizing, drainage, materials used, etc. determination of such as parameters to demonstrate the significance of the engineering predictions. Sample retaining wall calculations were made according to the Rankine theory wall, it has brought into compliance with the Regulations.

**Key words:** Rankine theory, retaining wall, earth pressure, earthquakes.

## 1. Giriş

İstinat yapılarına ihtiyacın doğmasının ilk sebebi belli açılarda oluşmuş şevler üzerinde inşa edilen yol ve bina türü yapılardır. Bodrum katları bulunan binaların derin kazıları için de değişik tipte istinat yapılarına ihtiyaç duyulmaktadır. İstinat yapılarının çeşitli tipleri vardır. Bunlar; ağırlık duvarları, betonarme konsol duvarlar, donatılı zemin istinat duvarları, zemin çivili duvarlar, sürekli kazıklardan teşkil edilmiş duvarlar ve diyafram duvarlardır. Bu yapılar, geçici veya kalıcı olarak inşa edilebilirler. Geçici olarak inşa edilen istinat yapılarında depremin oluşma riski çok düşük olduğundan, bu yapıların tasarımı genellikle sadece statik yüklere göre yapılır. Ancak deprem bölgelerinde, kalıcı istinat duvarlarının tasarımında statik yüklerin yanı sıra deprem kuvvetlerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Genel olarak istinat duvarları aktif ve pasif toprak basınçlarının etkisi altındadır. Etkiyen aktif ve pasif toprak basınçları statik ve dinamik olmak üzere iki durum için ayrı ayrı hesaplanabilir. Statik toprak basınçlarının belirlenmesinde genellikle Rankine [1] ve Coulomb [2] yöntemleri kullanılmaktadır. Dinamik toprak basınçları hesabı konusunda, Mononobe-Okabe [3,4], Steedman-Zeng [5] ve Prakash-Saran [6] en temel üç yöntemdir. Tasarımdan optimum çözüm için çeşitli denemeler yaparak istinat duvarı boyutlarını belirlemesi gerekmektedir.

## 2. İstinat Duvarlarının Üzerlerine Etkiyen Kuvvetler

İstinat duvarlarının üzerine etkiyen kuvvetler istinat duvarının birim uzunluğu esas alınarak hesaplanmaktadır. Payandalı istinat duvarlarında hesap uzunluğu iki birleşim yeri veya bir payandayı içerecek şekilde hesaplanır.

Duvarın arkasında yer alan dolgunun koşulları Rankine teorisinden farklı ise, yani duvar ile zemin arasında bir sürtünmenin olması ve dolgunun yatayla  $\alpha$  açısı yapması durumunda, Coulomb teorisine göre hesap yapılmak istenirse, kaymaya hazır bir zemin kütlesinin varlığı kabul edilmiş olunur [2].

Duvar arkasında etkiyen  $P_a$  kuvveti de normalle sürtünme açısı  $\delta$  kadar bir farkla etki etmektedir. Rankine teorisine göre duvarın düşey ve sürtünmesiz, ayrıca dolgunun yatay konumda olması durumunda, hem düşey hem de yanal gerilmeler birer asal gerilme olup duvar arkasındaki göçmeye ulaşıldığında düşey gerilme büyük asal gerilme, aktif gerilme ise küçük asal gerilme değerindedir [1]. Duvar arkasında yer alan dolgunun belirli bir eğime sahip olması durumunda ise yanal toprak basınçları  $K_a$  değiştirilmiş aktif toprak basıncı katsayısı yardımıyla hesaplanır.

Rankine göre aktif toprak basıncının normalle yaptığı açı, dolgunun yatayla yaptığı açıya yani  $\beta$  açısına eşittir. Düşey kuvvet  $R$  ise temel üzerindeki tüm düşey kuvvetlerin toplamıdır. Bu  $R$  düşey bileşke kuvvetinin uygulama noktasının sistemin ekseninden olan uzaklığına ise eksantrisite denilmektedir. Eksantrisite değeri 3.4 bağıntısı yardımıyla bulunabilmektedir.  $x$  terimi sistemin ağırlık merkezini,  $e$  ise eksantrisite değerini göstermektedir. Eksantrisite değerinin  $B/6$  değerini,  $R$  kuvvetinin uygulama noktası olan  $x$  değerinin ise  $B/2$ 'yi geçmemesi istenmektedir [7]

Kaymaya karşı büyük bir direnç sağlanmasına karşın, herhangi bir inşaat veya benzer bir sebeple zemin uzaklaştırıldığı takdirde duvar stabilitesi bozulacaktır.

### 3. İstinat Duvarlarının Stabilitesi

İstinat duvarlarının stabilitesinin kontrolü için aşağıdaki adımlar takip edilebilir [8].

1. İstinat duvarının devrilme (dönme) kontrolü
2. İstinat duvarının tabanındaki ötelenmeden dolayı kaynaklanabilecek göçmenin kontrolü
3. İstinat duvarının tabanındaki taşıma gücü kapasitesinin göçmeye karşı kontrolü
4. İstinat duvarının yapacağı oturmanın kontrolü
5. Genel stabilitenin kontrolü

#### 3.1. Ötelenmeye Karşı Güvenlik

İstinat duvarlarında kaymaya karşı güvenliğinin kontrolü, duvarın kaymasına neden olan kuvvetlerin, duvarın kaymasına karşı koyan kuvvetlere oranı şeklinde hesaplanmaktadır.

Duvarın kaymaya zorlanması durumunda, karşı koyan kuvvetler;

- a) İstinat duvarının ağırlığı
- b) Topuğun üzerinde bulunan zemin kütesinin ağırlığı
- c) Aktif toprak basıncının düşey bileşeni
- d) Tabanda bulunan zeminle istinat duvarı arasındaki adhezyondan doğan mukavemet
- e) Eğer dikkate alınırsa ön ampatmanda oluşan pasif basınç

Aktif toprak basıncının yatay bileşeni güvenlik sayısı olarak, granüler zeminlerde en az 1.5 kullanılır ve depremin meydana gelebileceği durumlar için bu sayı granüler zeminler için en az 1.1 alınır [8].

Kohezyonlu zeminler için pratikte kaymaya karşı güvenlik sayısı deprem sırasında 1.3 alınabilir. Kaydırmaya karşı koyan kuvvetlerden ilk üçü duvar zemin sürtünme açısı ile çarpılır. İstinat duvarlarının tasarımında duvar-zemin arasındaki sürtünme açısı değeri genellikle  $\phi/2$  ile  $2\phi/3$  arasında kabul edilir.

Tabanda bulunan zeminlerin cinsi kohezyonlu ise duvar ile arasında oluşacak adhezyondan dolayı kaymaya karşı bir direnç meydana getirmektedir. Oluşabilecek bu direnç duvarın tabanının uzunluğu ile zeminin kohezyonunun çarpımı ile hesaplanır. Temel kazısının zeminde oluşturacağı değişikliklerden dolayı, zeminin kohezyonu azaltılmalıdır.

Ötelenmeye karşı güvenlik sayısı;

$$G_{s \text{ kayma}} = \frac{\sum V * \tan \phi}{\sum F_a + F_w} \quad (2.1)$$

### 3.2. Dönme Karşı Güvenlik

Bir istinat duvarında dönmeye karşı güvenlik sayısı, ön ampatman alt ucuna göre alınan momentlerden, dönmeye karşı direnen momentlerin toplamının, duvarı döndürmeye çalışan kuvvetlere oranıdır. Granüler zeminlerde bu değer en az 2 olması yeterlidir. Fakat depremli yükleri altında bu değer 1.3 alınması uygundur [8]. Dönme tahkikinde kullanılan momentlere yol açan kuvvetler aşağıda sıralanmıştır.

- Aktif zemin basıncının yatay bileşeni
- İstinat duvarının ağırlığı
- Topuk üzerindeki zeminin ağırlığı
- Göz önüne alınırsa ön ampatmanda oluşan pasif zemin basıncı

Dönmeye karşı güvenlik sayısı;

$$G_{s \text{ devrilme}} = \frac{\sum M_{\text{direnen}}}{\sum M_{\text{deviren}}} \quad (3.1)$$

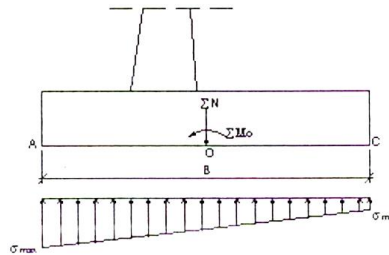
Duvarın dönmesine direnen kuvvetler olarak duvarın kendi ağırlığı ve arka ampatmanda topuğun üzerinde yer alan zeminin ağırlığı yer almaktadır. Bu kuvvetlere ek olarak aktif toprak basıncının düşey bileşeni olan  $P_v$ 'de katkıda bulunmaktadır.

$$P_v = P_a * \sin \alpha \quad (3.2)$$

Deprem kuvvetlerinin etkiyebileceği durumlar için de ötelenme güvenliğinde bahsedilen ve depremde oluşabilecek yüklerin oluşturduğu momentler de dikkate alınır [8].

### 3.3. Taşıma Gücü Yönünden Güvenlik

Tabanda istinat duvarından zemine iletilen düşey basıncın zeminin nihai taşıma kapasitesine göre kontrol edilmesi gerekmektedir. İstinat duvarlarında, ön ampatmanda en büyük, arka ampatmanda ise en küçük zemin basıncı değerleri oluşur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. En büyük ve en küçük zemin gerilmelerinin dağılımı [9]

$\sum M_{deviren}$  duvarın dönmesi için çalışan kuvvetlerin momentleri toplamı,  $\sum M_{direnen}$  ise duvarın dönmesine engel olan kuvvetlerin oluşturduğu momentlerin toplamı ve  $\sum V$  düşey yüklerin toplamıdır.

$$x = \frac{\sum M_{direnen} - \sum M_{deviren}}{\sum V} \quad (3.3)$$

$$e = \frac{B}{2} - x \quad (3.4)$$

İstinat duvarının taban plağının altındaki basınç dağılımı;

$$\sigma_{max,min} = \frac{\sum V}{B.L} \left( 1 \pm \frac{6.e}{B} \right) \quad (3.5)$$

hesaplanır.

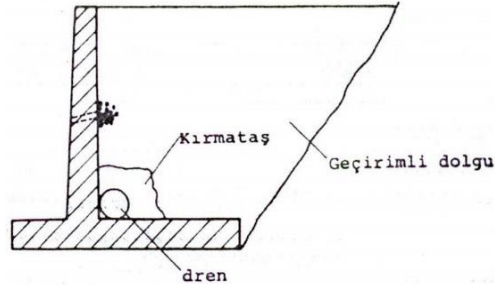
$\sum V$  'nin içinde zeminin ağırlığı da alınmış durumdadır ve eksantrisite değeri (e), B/6 değerinden daha büyük olursa  $q_{min}$  değeri negatif bir değer olacaktır. Bu durumun bir sonucu olarak da topuk kısmının sonuna doğru çekme gerilmeleri oluşacaktır. Çekme gerilmelerinin bu bölgede etkimesi istenmeyen bir durumdur. Çünkü zeminlerin çekme dayanımları oldukça düşüktür. Tasarım sırasında yapılan analizlerde  $e > B/6$  olması durumunda duvarın boyutlarının oranları tekrar gözden geçirilerek yeni bir hesap yapılmalıdır. Stabilitenin sağlanması için, zeminin en büyük taban gerilmesinin ( $q_{max}$ ) zeminin güvenli tasıma gücü,  $q_a$  değerinden küçük olması gereklidir [9].

### 3.4. Drenaj Önlemleri

İstinat duvarlarında ortaya çıkan en önemli problemlerden birisi de drenajın sağlanmasıdır. Duvarın arkasında yer alan dolguya sızan yağmur suları bu bölgeden uzaklaştırılmadığında bu bölgede biriken sulardan dolayı duvarın üzerine önemli miktarda bir hidrostatik basınç etkiyebilir. Bu basınç hesaplanan limit durumlar için emniyetli durumdan uzaklaşılmasına neden olabilir. Yeraltı su seviyesinin duvarın taban seviyesinin üzerinde yer alması durumunda ise başka bir tehlike daha ortaya çıkmakta ve kapilaritenin etkisiyle taban seviyesinden daha yüksek seviyelere çıkan boşluk suyunun donması sonucu hacimde bir genişleme meydana gelmekte ve duvarın üzerine etkileyen itkide bir artış oluşmaktadır [10].

İstinat yapılarında suyun neden olabileceği problemleri engellemek için arka ampattan birleşim yerinde su potansiyeline göre 30~40cm çapında, istinat duvarı boyunca giden gerekli eğimi sağlanmış drenaj boruları ile uzaklaştırılabilir. Ayrıca dren borusunun üstü de en az 30 cm çakıl veya kırma taş tabakasıyla kapatılmalıdır (Şekil 3.4). Nervürlü istinat duvarlarında, nervürlerde beton dökümü sırasında dren boruları kalıba konularak geçiş sağlanmalıdır. Duvar yüksekliği büyük olan duvarlarda drene edilecek suların çok olması halinde duvarda barbakan denen su sızdırma

delikleri de ayrıca konulmalıdır. Barbakanların çapı 15 cm civarında ve yatayda aralıkları 3-5 m arasında olmalıdır.



Şekil 3.4. Su seviyesinin temel altında olması durumunda uygulanabilecek drenaj sistemi

#### 4. Deprem Koşullarında İstinat Duvarlarının Davranışları ve 2007 Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Hesap Yöntemi

İstinat duvarlarının en önemli yapım amacı zeminler veya kayalar için yanal bir destek oluşturmaktır. Bazı durumlarda ise düşey yüklerin desteklenmesi için kullanılmaktadır. Bu tip durumlara verilecek en güzel örnekler bodrum katı duvarları ve köprü kenar ayaklarıdır.

Depremler sırasında statik durumlara göre hesaplanandan daha büyük miktarda aktif toprak basınçları istinat duvarlarına etkimektedir. Böyle durumlarda istinat duvarlarının stabilitesinin analiz edilebilmesi için çeşitli hesap yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler iki grupta toplanabilirler. Bu konuda ilk geliştirilen yöntemler duvarlara gelen dinamik kuvvetleri belirli kabullerle yaklaşık olarak hesaplayan ve eşdeğer bir statik kuvvet olarak dikkate alan yarı-statik yöntemler olarak bilinmektedir. Diğer yaklaşımlar ise duvar ve zeminin dinamik davranışını analiz etmek için yararlanılan sonlu elemanlar yönteminin kullanılmasıdır. Bu yöntemler kullanılırken dolgunun doğrusal olmayan çözümlerine ağırlık verilerek analizler de yapılabilmektedir. Depremlerin etkileri göz önüne alınarak yapılan istinat duvarı tasarımları, göçme modunda iki ana kategoride incelenebilir [11].

1. Ağırlık duvarları, stabilite için duvarın kendi ağırlığını kullanmaktadır. Göçme durumu ötelenme ve/veya devrilme şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Bu tip duvarlarda iç kuvvetler ikinci derece öneme sahiptir ve bu duvarlar yaptıkları deplasmanlara göre tasarlanmaktadır.

2. Konsol, payandalı ve ankrajlı duvarların tasarımında ise kırılma veya yapısal bileşenlerinden birinin akmasıyla birlikte bir göçme meydana gelebilmektedir. Bu tip duvarlarda eğilme davranışı özel bir önemle incelenmelidir. Genelde ağırlık duvarlarından daha az miktarda deplasman yapmalarına izin verilmektedir.

Dinamik etkileri belirlemede literatürde birçok yöntem mevcuttur. Yarı-Statik Yöntemler, Mononobe-Okabe Yöntemi [3,4] Seed ve Whitman Yöntemi [11], Steedman-Zeng Yöntemi [12],

İstinat Duvarlarının Dinamik Davranışının Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Hesaplamalar yapan Plaxis ve sonlu farklar yöntemi ile çalışma FLAC Programı ile çözüm bu yöntemlerden bazılarıdır. Bu çalışmada Mononobe-Okabe yöntemini esas alan 2007 Türk Deprem Yönetmeliğini kullanılmıştır [13].

### 5. Örnek İstinat Yapısının Değerlendirilmesi ve Yeniden Boyutlandırılması

Bu çalışmada Sakarya'nın Sapanca ilçesinde bulunan bir binanın civarındaki mevcut istinat yapılarının analizi ve yeni boyut tahkiklerinin yapılarak, istinat analizlerinin ne denli önemli olduğunu analiz sonuçlarına bakarak gösterilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 5.1. Üç boyutlu modelleme

Şekil 5.1 de gösterilen istinat duvarı için drenaj koşullarının ihmal edildiği veya hatalı imalatın olduğu durumlar için ilgili hesaplamalar yapılmış ve mevcut şartlarda güvenlik sayıları kontrol edilmiştir.

$$G_{s \text{ devrilme}} = \frac{(1,32+0,93)*0,875+2,1*1,875+0,56*0,38}{(0,6+4,66)*1,017} = \frac{6,2}{5,35} = 1,16 < 1,2 \quad \text{güvensiz}$$

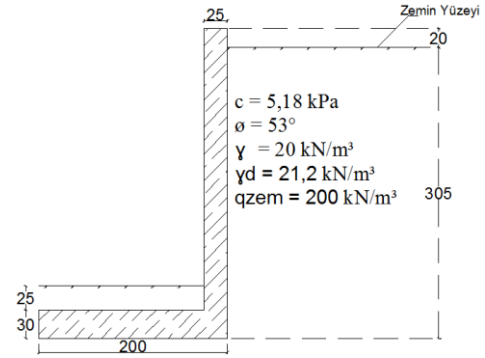
$$G_{s \text{ kayma}} = \frac{4,35 * \tan 53}{0,6+4,66} = 1,1 < 1,2 \quad \text{güvensiz}$$

Taşıma gücü;

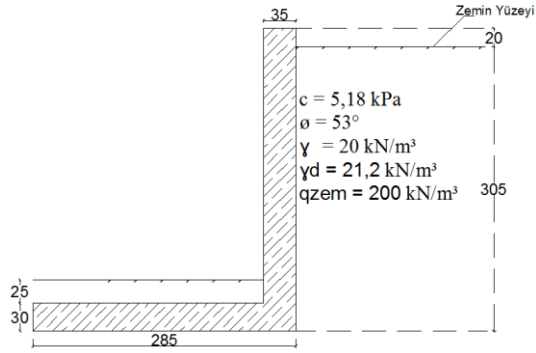
$$x = \frac{\sum M_{\text{direnen}} - \sum M_{\text{deviren}}}{\sum V} = \frac{6,2 - 5,35}{4,35} = \frac{0,85}{4,35} = 0,2 \text{ m}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{4,35}{2} * \left( 1 + \frac{6*0,8}{2} \right) = 7,4 \text{ t/m}^2 < 20 \text{ t/m}^2 \quad \text{uygun}$$

Yapılan hesaplamalarda mevcut istinat duvarında herhangi bir problem gözükmemesine rağmen, drenaj şartlarının uygun olarak imalatının yapılmaması sebebi ile iklimsel koşullar etkisi altında ve biriken yeraltı suları nedeni ile daha sonraki süreçlerde muhtemel yenilmeler beklenmektedir. Uygulan projenin yapılan hesaplamalar nedeni ile güvensiz çıkmasından dolayı istinat duvarı için yeniden boyutlandırmaya gidilmiştir. Yapılan çalışmada boyutlandırılmaya ilgili hesaplamalar yapıldıktan sonra güvenli sonuca varılmış ve projedeki boyutlandırmanın yetersiz olduğu görülmüştür.

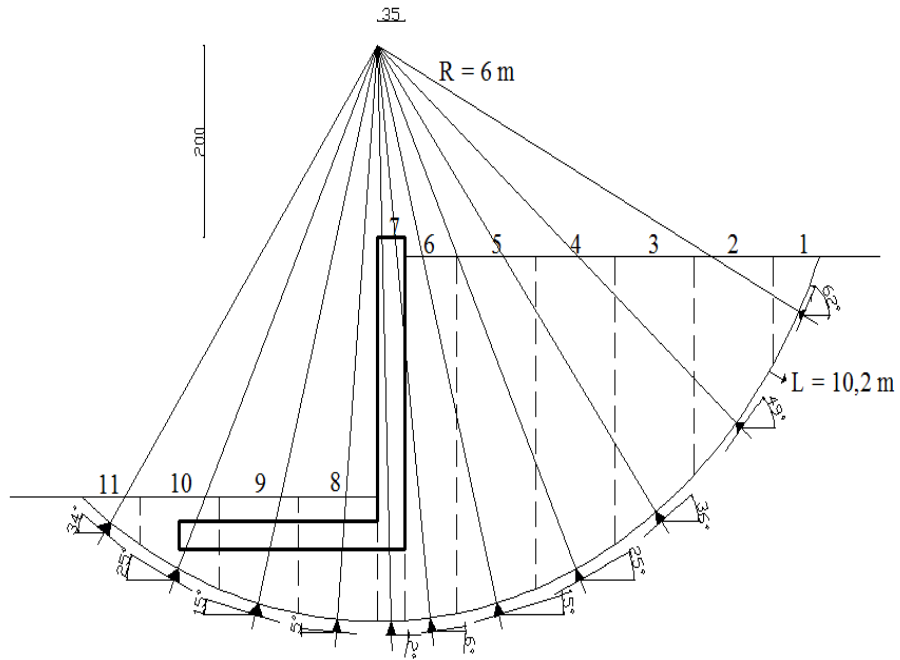


Şekil 5.2. 1 nolu istinatın yeniden boyutlandırma sonrası plan görünümü



Şekil 5.1. 1 nolu istinatın proje boyutu

Projede uygulanacak istinat duvarı için yeniden boyutlandırma sonrası toptan göçme analizleri yapılarak deprem ve sonsrası içinde güvenlik durumu tahkik edilmiştir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. 1 Nolu istinatın toptan göçme analizleri için kullanılan çukurluk geometrisi



$$G.S = \frac{M_{karşı}}{M_{göçme}} = \frac{(c*1) + R*\tan\phi*\sum W_i*\cos\alpha_i}{(R*\sum W_i*\sin\alpha_i)} \quad (5.1)$$

$$G.S = 4,68 > 1,5 \rightarrow \text{Güvenli}$$

## 6. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Örnek istinat yapısındaki tahkikler ve hesapları sonucunda aşağıdaki yargılara varılmıştır.

Diğer yapı türlerinde ki özenli imalata nazaran ülkemizde istinat yapıları, gerekli mühendislik hesaplamaları ciddi olarak yapılmadan, bir inşaat ustasının inisiyatifine göre ya da Adapazarı gibi bir yerde yer altı suyu hesaba katılmadan yapılmakta ve eksik mühendislik çalışmalarıyla imal edilmektedir. Bu ve benzeri nedenlerden dolayı örnekte incelediğimiz gibi imalatı yapılan istinat duvarları ilerleyen süreçlerde kayma veya devrilme sureti ile can ve mal kaybına yol açmaktadır. Yapılacak mühendislik hesaplamaları ile yer altı suları ve deprem koşullarında dikkate alınarak imalatı gerçekleştirilen istinat yapısını güvenli hale getirmenin mümkün olduğu ve muhtemel can ve mal kaybı açısından olumsuz sonuçlara neden olmaması için yeniden boyutlandırmanın gerektiği sonuçlarına varılmıştır (Tablo 5.1).

**Tablo 5.1.** İstinat yapılarının tahkik ve hesaplarının özeti

	Drenajın Tıkalı Olma Durumu	Boyutlandırma Sonrası
1. İstinat	Güvensiz	Güvenli
2. İstinat	Güvensiz	Güvenli
3. İstinat	Güvensiz	Güvenli

Yapılan hesaplamalarda da yer altı suyunun, sonuçları önemli derecede etkilediği görülmektedir. İstinat duvarları dâhil her yapı fazla maliyet, bilgi eksikliği vb. gibi nedenlerden dolayı ilgili mühendislik hesapları yapılmadan imalata geçilmemeli, gerekli özen gösterilmeli ve yanlışlıkların önüne imalattan önce geçilmelidir. Yapılar diğer canlılarda dâhil olmak üzere insanlar için yapıp, hayatın her safhasında bulunmakta ve gerekli mühendislik hesaplamaları yapılmadığında can ve mal kaybına neden olmaktadır.

## 6. Kaynaklar

- [1] Rankine, W.J.M. On the stability of loose earth. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1857; Vol. 147, p. 9 – 27.
- [2] Coulomb C.A. Essai sur une application des regles des maximis et minimis a quelques problemes de statique relatifs a l'architecture. Memoires de l'Academie Royale pres Divers Savants; Vol7,1776.
- [3] Mononobe, N., and Matsuo, H. 1929. On the determination of earth pressure during earthquakes. In Proceedings of the World Engineering Conference, Vol. 9, pp. 176.
- [4] Okabe S. General theory of earth pressure. Journal of the Japanese Society of Civil Engineers, 1926; Tokyo, Japan 12(1).
- [5] Steedman, R. S. & Zeng, X. The influence of phase on the calculation of pseudo-static earth pressure on a retaining wall.1990; Geotechnique 40, No. 1, 103–112.
- [6] Saran, S. and Prakash, S. Dimensionless Parameters for Static and Dynamic Earth Pressure Behind Retaining Walls, Indian Geotechnical J. 1968; 7(3), 295 – 310.
- [7] Özden, K., Trupia, L. A., İlhan, E., Öztürk, T. Betonarme İstinat Duvarları ve Perdeler, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Matbaası, 1995; İstanbul.
- [8] Yıldırım, S. Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı Birsen Yayınevi, İstanbul; 2002.
- [9] Das, M. B. Principles of Foundation Engineering, PWS Publishing, USA; 1998.
- [10] T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryollar, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Geoteknik Tasarım Esaslar, Ankara; 2007.
- [11] Gürsoy Ş., Hülür B., Durmuş H. Importance of Wall Type at Design According to Earthquake of Retaining Walls, International Earthquake Symposium, 2007; Kocaeli, Türkiye.
- [12] Seed H.B., Whitman R.V. Design of earth retaining structures for dynamic loads, ASCE Specialty Conference on Lateral Stresses in the Ground and Design of Earth Retaining Structures, Ithaca, NY 1970; pp. 103–147
- [13] Steedman, R.S. and Zeng, X. The Influence of Phase on the Calculation of Pseudo-Static Earth Pressure on a Retaining Wall, Geotechnique 1990; 40, No. 1, 103–112.
- [14] DBYBHY, Türkiye Deprem Yönetmeliği, Türkiye; 2007.