

SIĞ ZEMİNLER İÇİN FARKLI YÖNTEMLERDEN ELDE EDİLEN ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Comparison of Safe Bearing Capacity Obtained by Various Formulae for Shallow Foundations

Sercan PİŞEN¹ ve Ertan PEKŞEN¹

ÖZET

Zeminlerin taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesi statik ve dinamik olarak hesaplanabilmektedir. Bu parametrelerin gerektiğinde hem statik hem de dinamik olarak hesaplanmasının deprem mühendisliği açısından önemli olduğu bilinmektedir. Özellikle bir deprem anında dinamik parametreler statik parametrelerden daha önemlidir. Dinamik parametreler sismik dalga hızlarından hesaplanabilir.

Bu çalışmada sığ temellerin taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesi hakkında çeşitli araştırmacıların daha önce yaptığı çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar ışığında 3 farklı arazide alınmış ölçülerden hesaplanan zemin emniyet gerilmesi değerleri karşılaştırılmış ve uyumluluğu sorgulanmıştır. Kullanılan güvenlik sayılarının zeminlerin heterojen olduğunu bildiğimiz halde her tür zemin için 3 kullanılması yerine, $GS = V_p/V_s$ oranından elde edilerek kullanılmasının ilgili zemin için daha doğru değerler verebileceği sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT

Bearing capacity and safe bearing capacity can be estimated either static or dynamic. When we need to know these parameters, we should pay attention not only static but also dynamic parameters. Calculations of these two methods are important with respect to earthquake engineering. Especially during an earthquake, dynamic parameters are much more important than static parameters. Dynamic parameters can be calculated by the seismic refraction method.

In this study, we compared previously introduced some formulae for bearing capacity and safe bearing capacity calculations. By using these formulae, we calculated and compared safe bearing capacity values with data collected at 3 different sites. The safety factor generally is taken 3 for all kind of soils. According to our result, we have observed that the safety factor can be estimated better than 3 if we take $SF = V_p/V_s$ ratio.

GİRİŞ

Sığ temellerin taşıma gücü, ilk olarak plastik denge kavramı kullanılarak Prandtl (1921) ve Reissner (1924) tarafından incelenmiştir. Daha sonra çeşitli araştırmacılar da sığ temellerin taşıma gücünü belirleyebilmek için çalışmalar yapmışlardır. Bunlardan en kabul görüleni hala günümüzde de kullanılan Terzaghi (1925) klasik formülüdür.

Terzaghi' nin yaklaşımı günümüzde hala kabul görse de, arazideki gerçek zemin koşulları, laboratuarda elde edilen kayma direnci parametrelerine bağlı olarak ifade edildiği için birçok belirsizlik içermektedir. Gerçek zemin koşullarını temsil edebilecek parametrelerin bulunması için örselenmemiş numuneye ihtiyaç vardır. Fakat kumlu ve çakıllı zeminlerde örselenmemiş numune almak çok zordur.

Bununla birlikte son yıllarda birçok araştırmacı sismik dalga hızlarını kullanarak sığ temellerin taşıma gücü için ampirik bağıntılar ortaya koymuştur. Kurtuluş (2000) S dalgası hızı (V_s), temel

¹ Kocaeli Üniversitesi, Jeofizik Müh. Bölümü, Umuttepe Yerleşkesi, İzmit/Kocaeli.
e-mail: sercanpisen@hotmail.com, ertanpeksen@kocaeli.edu.tr

derinliği ve genişliğini kullanarak zeminlerin taşıma gücünü ve zemin emniyet gerilmesi için ampirik bir bağıntı geliştirmiştir, elde ettiği değerleri Standart Penetrasyon Test deneylerinden (SPT) elde edilen sonuçlarla karşılaştırmış ve iyi bir uyum içinde olduğunu göstermiştir. Tezcan ve diğ. (2006) S dalgası hızı ve zeminin birim hacim ağırlığını kullanarak çeşitli sonuçlar elde etmiştir. Ercan (2001), Krinitzsk'in (1993) bina temellerine ilişkin toprağın durağan taşıma gücünü baz alarak, zemin taşıma gücü ve buna bağlı olarak zemin emniyet gerilmesi bağıntılarını geliştirmiştir, bu bağıntıdan elde ettiği sonuçların laboratuvar sonuçlarıyla uyumlu olduğunu göstermiştir. Türker (1988) ve Keçeli (1990) sismik yöntemlerle zemin taşıma gücünün saptanması üzerinde çalışmıştır. Imai ve Yoshimura (1976) SPT vuruş sayıları ile S dalga hızı arasında deneysel bir bağıntı önermiştir. Kocaman (2008) geoteknik ve jeofizik parametreler arasındaki ilişkiyi araştırmış ve bu amaçla arazi verileri elde ederek farklı parametreler arasında korelasyonlar gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmada yukarıda sözü edilen bağıntılar kullanılarak hesaplanan zemin emniyet gerilmesi değerleri, 3 farklı şantiye verisine uygulanıp, sonuçlar karşılaştırılmıştır.

ZEMİNLERİN TAŞIMA GÜCÜ VE EMNİYET GERİLMESİ

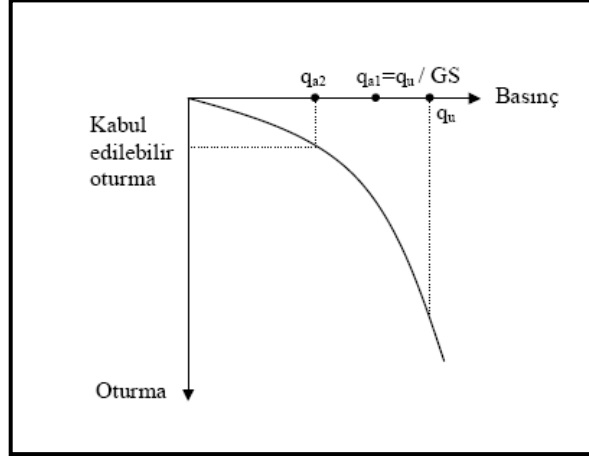
Zeminlerin taşıma gücü; yerin göçmeden, ayrı ayrı oturma yapmadan taşıyabileceği en büyük yük miktarıdır. Bir yapı sistemi genel olarak iki kısımda tanımlanır. Üst kısım üst yapı olarak adlandırılır. Zeminle üst yapı arasındaki ara bölge de temel adıyla tanımlanır. Bir yapı sistemi üst yapı, temel ve zemin bileşiminden oluşur. Temel, zeminle doğrudan temas halinde olan ve üst yapı yüklerini zemine aktaran aracı yapı kısmıdır. Bir başka deyişle temel, yapı yüklerini ve yükün dağılımını altta bu yükü taşıyacak zeminin taşıyabileceği şekle dönüştürerek aktaran bir sistemdir. Bu niteliği ile de hem yapıdan hem de zeminden etkilenir. Buna göre temel tasarımı, bir yapı-zemin etkileşimi problemidir (Çinicioğlu, 2005). Temeller iki ana gruba ayrılırlar;

1. Yüzeysel temel (Tekil temel, sürekli temel, radye temel, sığ temel)
2. Derin temel (Kazıklar, ayaklar ve kesonlar)

Yüzeysel temeller; yüzeyden itibaren sığ derinliklerde yer alan yapı temellerinde tüm temel elemanları, temelin harekete maruz kalması halinde yapının zemine aynı miktarda oturmasını sağlayacak şekilde projelendirilir. Böylece, temelin üzerindeki yapısal elemanlarda gelişecek makaslama kuvvetlerinin miktarı azaltılmaktadır. Bu yüzden, radye temel tipi seçimi kötü (zayıf) zeminler için iyi bir sığ temel örneği olarak bilinir. Temelin altında yerel olarak bulunan bir sıvılaşma zonundan kaynaklanacak yükler, bu tür bir temel tarafından sıvılaşan zonun çevresindeki daha sağlam zemine aktarılarak, yapının görebileceği hasarlar en aza indirilmektedir. Temeller inşa edilecekleri zeminin şartlarına büyük ölçüde bağlıdır. Bir yapı ve temeli çeşitli afetlere karşın başarıyla ayakta durabiliyorsa, ancak o zaman başarılı bir tasarım ve uygulama yapıldığı düşünülebilir.

Zeminlerin taşıma gücü temel altındaki kayacın birim hacim ağırlığına, kayma mukavemetine (kohezyon, içsel sürtünme açısı), ilk gerilme durumuna, deformasyon karakteristikleri gibi mekanik özelliklerine ve su baskısı (hidrolik) şartına bağlı olduğu kadar temelin büyüklük, derinlik, biçim, taban pürüzlüğü ve taşıdığı yük değeri gibi özelliklerle tasarım metoduna da bağlıdır.

Zeminlerin kayma göçmesine karşı ulaşabileceği en büyük mukavemet nihai taşıma gücü (q_u) olarak isimlendirilir. Bu değer güvenlik katsayısına bölümünden ise zemin emniyet gerilmesi (q_a) değerine geçilir. Güvenlik katsayısı genellikle '3' alınmaktadır. Fakat bu değer tüm zeminleri temsil edememektedir. Bu yüzden bazı araştırmacılar güvenlik katsayısını V_p/V_s olarak tanımlamışlardır. Bu yaklaşım (zeminlerin heterojen olduğu bilindiği için) daha doğru bir yaklaşımdır.



Şekil 1. Taşıma gücü değerlendirmesinde oturma kriteri
Figure 1. Settlement criteria on evaluation of bearing capacity

Taşıma gücü göçmeleri üç grupta toplanabilir (Vesic, 1975; Day, 2002). Bunlar genel kayma göçmesi, zımbalama göçmesi ve bölgesel kayma göçmesi olarak tanımlanabilir. Binalardaki hasar çoğunlukla bu taşıma gücü göçmelerinden değil, oturmaların etkisinden kaynaklanmaktadır. Bunun birkaç nedeni vardır. Taşıma gücü hesabı için uygulanan güvenlik katsayıları çok yüksektir (GS=3). Şartnamelerde temel derinliği, genişliği ve taban gerilmelerine belli sınırlar getirilmektedir. Bundan önceki tecrübeler gösteriyor ki iyi ve doğru bir şekilde hesaplanmış zeminin taşıma gücü değeri için herhangi bir sorunla karşılaşılmamaktadır.

ZEMİN EMNİYET GERİLME HESAPLAMALARI

Terzaghi Klasik Yöntemi

B genişliğinde ve L uzunluğundaki bir sığ temelin yüzeyden D derinliğindeki taşıma gücünü Terzaghi ve Peck (1967) plastik denge kuramını kullanarak

$$q_u = cN_c S_c + \gamma D N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma S_\gamma \quad (1)$$

formülünü önermişlerdir. Burada q_u : Taşıma gücü, c : Kohezyon, N_c , N_q , N_γ : Taşıma gücü katsayıları, S_c , S_γ : Temelin şekil katsayıları, D : Temel derinliği, B : Temel genişliği ve γ : Zeminin birim hacim ağırlığıdır. Bu formül derinliği genişliğinden daha büyük olmayan her tür zemin için sığ temellere uygulanabilir.

Bunun dışında Terzaghi ve Peck (1967) sadece kohezyonlu zeminler için ikinci bir bağıntı yayınlamıştır.

$$q_u = 5.7c + \gamma D \quad (2)$$

Bu bağıntıda hesap edilen taşıma gücü parametresine, güvenlik katsayısı olarak 3 alınarak zemin emniyet gerilmesi

$$q_a = q_u / 3 \quad (3)$$

ile hesaplanır. Burada q_a zemin emniyet gerilmesidir.

Tezcan ve diğ. (2006) ya göre S Dalgası Hızından Zemin Emniyet Gerilmesi Hesabı

Tezcan ve diğ. (2006) yaptıkları pek çok arazi çalışmasına dayanarak sığ temellerin altındaki zemin emniyet gerilmesi için kPa cinsinden ampirik bir formül elde etmişlerdir. Bu bağıntı

$$q_a = 0.024 \gamma V_s \quad (4)$$

ile verilir. Bu formülde; q_a : Zemin emniyet gerilmesini, γ : Birim hacim ağırlığı (kN/m^3) ve V_s : S Dalga (Kayma) hızını (m/s) gösterir. Ancak ampirik ifade de zemin emniyet gerilmesini sadece ilk aşamada çabuk ve güvenli olarak tahmin etmek için önerdiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca, özellikle kaya gibi sert zeminlerde, zemin emniyet gerilmesine pratik bir üst limit belirlemek amacıyla V_s dalga hızının 500 m/s' den büyük olduğu durumlarda, bir düzeltme uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir. Bağıntı S_v azalma katsayısına bağlı olarak

$$q_a = 0.024 \gamma V_s S_v \quad S_v \leq 30.6 \gamma \quad (5)$$

ile verilir. Azalma katsayısı ise

$$S_v = 1 - 3 \times 10^{-6} (V_s - 500)^{1.6} \quad (6)$$

İle hesaplanabilir. Tezcan ve diğ.'nin (2006) önerdiği zemin emniyet gerilmesi hesabı birim hacim ağırlığı cinsinden aşağıdaki bağıntılar ile

$$\gamma_p = \gamma_o + 0.002 V_p \quad (7)$$

$$\gamma_p = 3.2 V_p^{0.25} \quad (8)$$

hesaplanabilir. Burada γ_p : P dalga hızına bağlı olarak tanımlanan birim hacim ağırlığını (kN/m^3), V_p : P dalga hızını, γ_o : Referans birim hacim ağırlıklarını göstermektedir. γ : 16 kN/m^3 gevşek kum, silt ve killi zeminler için, γ : 17 kN/m^3 sıkı kum ve çakıllı zeminler için, γ : 18 kN/m^3 kıltaşı, kireçtaşı ve konglomera sınıfı kayalar için, γ : 20 kN/m^3 çatlaklı kumtaşı, tuf, grovak ve şist cinsi çatlaklı kayalar için, γ : 24 kN/m^3 sağlam kayalar için verilmiştir.

Kurtuluş (2000) e göre S Dalgası Hızından Zemin Emniyet Gerilmesi Hesabı

Kurtuluş (2000) çalışmasında V_s dalgası hızını ve bina temelinin özelliklerini kullanarak zeminin taşıma gücü için ampirik bir bağıntı elde etmiştir. Bu amaç için Krinitzsk formülünü esas almıştır. Krinitzsk bağıntısı

$$P = 1 + 0.33D/B \quad (9)$$

şeklindedir. Burada; D: Temel derinliğini (m), B: Temel genişliğini (m) ve P: birimsiz bir sabiti göstermektedir. Kurtuluş (2000) çeşitli arazilerde yaptığı sondaj verileri ile buralarda ölçülen sismik hızları kullanarak

$$q_u = (P V_s) / 200 \quad (10)$$

bağıntısını geliştirmiştir. Burada; q_u : kg/cm^2 cinsinden zeminin taşıma gücünü tanımlamaktadır. Taşıma gücünden emniyet gerilmesi parametresine geçerken ise güvenlik katsayısı olarak V_p/V_s oranını kullanmıştır.

Keçeli (1990) ve Türker'in (1988) e göre S Dalgası Hızından Zemin Emniyet Gerilmesi Hesabı

Keçeli (1990) ve Türker'in (1988) önerdiği formül;

$$q_u = (\gamma V_s T) / 40 \quad T = 0.40 \text{ s} \quad (11)$$

$$GS = V_p / V_s \quad (12)$$

$$q_a = q_u / GS \quad (13)$$

şeklindedir. Burada T(s) periyottur.

Türker (2004) e göre S Dalgası Hızından Zemin Emniyet Gerilmesi Hesabı

Türker'in (2004) eski formülünü revize ederek yayınladığı bağıntı;

$$q_u = [(\gamma V_s T) / 40] + (D \gamma) \quad T = 0.33 \text{ s} \quad (14)$$

olarak verilmiştir. Burada; D: Temel derinliği (m), B: Temel genişliği (m) ve γ : birim hacim ağırlığıdır (kN/m^3).

P Dalgası Hızından Zemin Emniyet Gerilmesi Hesabı

Imai ve Yoshimura (1976) yaptığı çalışmalar sonucunda P dalgası hızından aşağıdaki formülü

$$q_u = 10 V_p^3 \quad (15)$$

vermişlerdir. Burada V_p : km/s cinsinden P dalgasının hızıdır.

Standart Penetrasyon Testi (SPT) Vuruş Sayılarından Emniyet Gerilmesi Hesabı

Terzaghi'nin zemin emniyet gerilmesini SPT-N' ye göre veren eğrilerinde temel derinliği veya temel boyu kullanılmamıştır. Sadece genişlik parametresi kullanılmıştır. SPT- N_{60} değerlerine göre çizdirilen

zemin emniyet gerilmesi değerleri için bir kabul vardır. Yeraltı suyu seviyesi 2B' den daha derinde olmalıdır, eğer yer altı suyu seviyesi 2B içinde ise q_a değeri 0.5 ile çarpılır ve bulunan bu değer kabul edilir. Şekil 2 de zemin emniyet gerilmesi tayininde kullanılan SPT = N_{60} abağı görülmektedir.

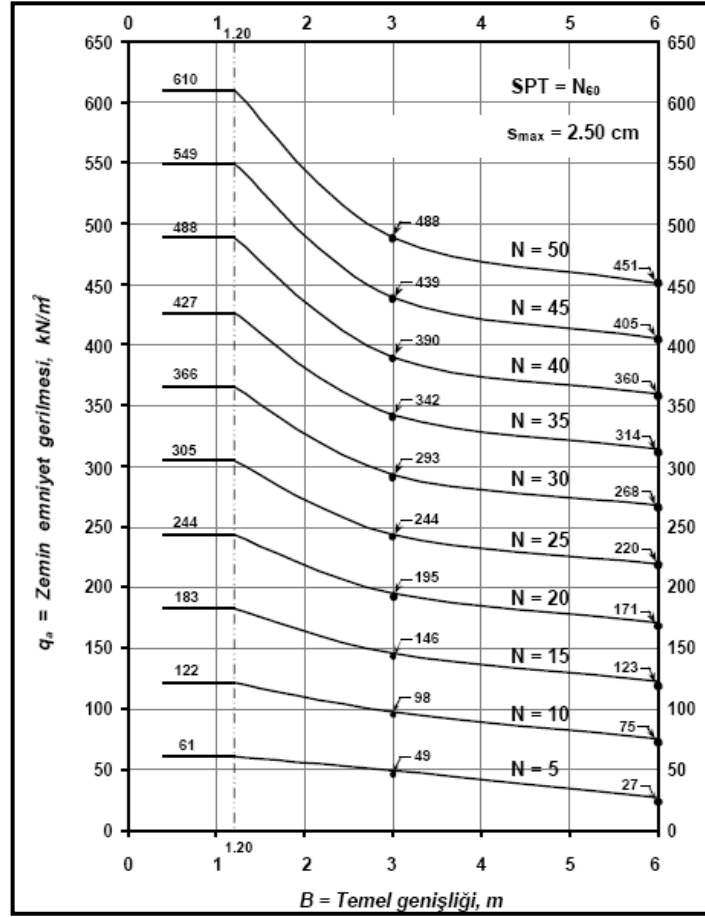
ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ DEĞERLERİ KARŞILAŞTIRMALARI

1. Arazi Özellikleri

Araştırma İstanbul ili, Sarıyer ilçesi, Zekeriyaköy mahallesinde yapılmıştır. Arazide 2 adet sismik ölçü alınmıştır. Hızlar aşağıdaki gibidir;

$$\underline{S1}: V_{s1} = 196 \text{ m/s}, \quad V_{s2} = 274 \text{ m/s}; \quad V_{p1} = 327 \text{ m/s}, \quad V_{p2} = 879 \text{ m/s}$$

$$\underline{S2}: V_{s1} = 230 \text{ m/s}, \quad V_{s2} = 430 \text{ m/s}; \quad V_{p1} = 350 \text{ m/s}, \quad V_{p2} = 920 \text{ m/s}$$



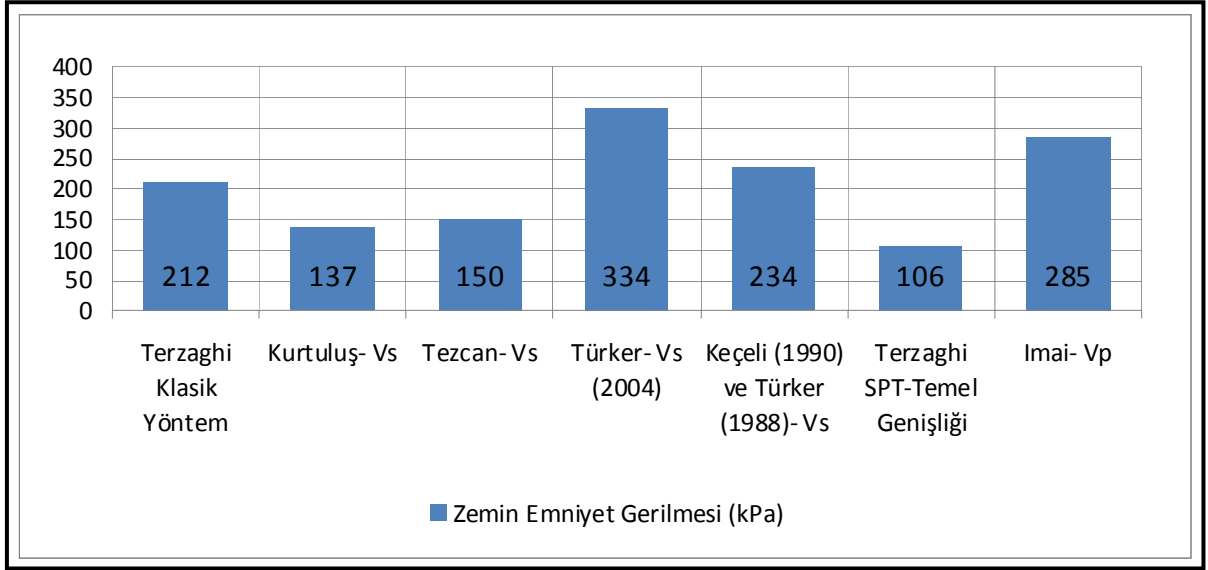
Şekil 2. SPT = N_{60} kullanılarak zemin emniyet gerilmesi tayini (Terzaghi Fig. 54.4, Sayfa491).

Figure 2. Allowable soil pressure determination, using SPT = N_{60} Terzaghi Fig. 54.4, Sayfa491).

Buradan 1. ve 2.tabakanın ortalama V_s ve V_p hızları: $V_{s1\text{ ort}} = 213$ m/s, $V_{s2\text{ ort}} = 352$ m/s; $V_{p1\text{ ort}} = 339$ m/s, $V_{p2\text{ ort}} = 900$ m/s bulunmuştur. Sismik hızlardan hesaplanan birinci tabakanın kalınlığı $H=2$ m dir.

Temel derinliği $D=3$ m olduğundan 2.tabakanın ortalama sismik hızları kullanılmıştır. Zeminin birim hacim ağırlığı ise $\gamma: 1.70$ gr/cm³'tür.

Yapılan sondajlarda sahanın litolojisi; Sarıyer Formasyonu kahverengi gri-renkli, yer yer kumlu çakıllı, tüflü, yer yer karbonatlı 'çok katı - sert kil' dir ve yeraltı suyu seviyesi 3.20 m (SK1) ve 4 m (SK2) bulunmuştur. Yeraltı su seviyesi düzeltmesi uygulanmış $SPT_{N30}=17$ 'dir (İş, 2009). Terzaghi SPT-Temel Genişliği Şekil 2'de görüldüğü gibi SPT_{N60} değerlerinden hesaplanabildiğinden, bu değere geçiş bir düzeltme katsayısı olan C_N ile SPT_{N30} darbe sayısı çarpılarak yapılmıştır (Özçep ve diğ., 2003). Bu verilerle yapılan hesaplamalarda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. 1.Arazi örneği için hesaplanan zemin emniyet gerilme değerleri
Figure 3. Calculated soil bearing capacity for site 1

Bu arazi örneği için en yüksek taşıma gücü değerini Türker (2004) vermiştir (334 kPa). Sismik dalgalardan elde edilen taşıma gücü değerlerinin klasik yöntemle uyum gösterdiği görülmüştür. V_s hızından elde edilen değer klasik yöntemden daha emniyetli olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni ise sismik hızlardan elde edilen emniyet gerilmesi dinamik bir parametredir, dolayısıyla statik yani durağan emniyet gerilmesi değerinden daha düşük olması doğaldır. Birinci arazi için hesaplanan zemin emniyet gerilmesi değerlerinin geometrik ortalaması 194 kPa'dır.

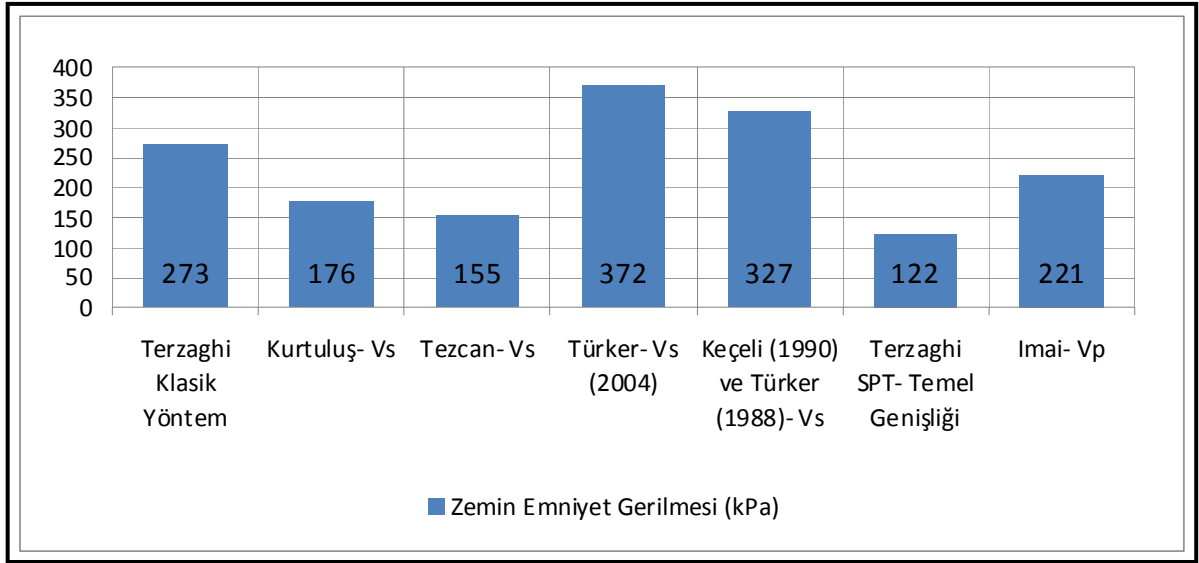
2.Arazi Özellikleri

Araştırma İstanbul ili, Sarıyer ilçesi, Zekeriyaköy mahallesinde yapılmıştır. Arazide 2 adet sismik ölçü alınmıştır. Hızlar aşağıdaki gibidir;

$$\underline{S1}: V_{s1} = 369 \text{ m/s}, V_{s2} = 698 \text{ m/s}; V_{p1} = 693 \text{ m/s}, V_{p2} = 1598 \text{ m/s}$$

$$\underline{S2}: V_{s1} = 382 \text{ m/s}, V_{s2} = 658 \text{ m/s}; V_{p1} = 845 \text{ m/s}, V_{p2} = 1743 \text{ m/s}$$

Buradan 1. ve 2. tabakanın ortalama V_s ve V_p hızları: $V_{s1 \text{ ort}} = 375 \text{ m/s}$, $V_{s2 \text{ ort}} = 678 \text{ m/s}$; $V_{p1 \text{ ort}} = 769 \text{ m/s}$, $V_{p2 \text{ ort}} = 1670 \text{ m/s}$ bulunmuştur. Sismik hızlardan hesaplanan birinci tabakanın kalınlığı $H=8 \text{ m}$ dir. Temel derinliği $D=3 \text{ m}$ olduğundan 1.tabakanın ortalama sismik hızları kullanılmıştır. Zeminin birim hacim ağırlığı ise $\gamma: 1.70 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Yapılan sondajlarda sahanın litolojisi; sığda 3 metre dolgu tabakası inşaat atığı, blok, çakıl, kil, alt birimde ise Sarıyer Formasyonu kahverengi gri-renkli, yer yer kumlu çakıllı, tüflü, yer yer karbonatlı 'çok katı-sert kil' dir ve yeraltı suyu seviyesi 3.30 m (SK1), 5.20 m (SK2), 3.60 m (SK3) ve 3.20 m (SK4) bulunmuştur. SK4'de 6-15 metre arası pembemsi renkli, yer yer kil ara bantlı az süreksizlikli 'kireçtaşı' görülmüştür. Yeraltı su seviyesi düzeltilmesi uygulanmış $SPT_{N30} = 22$ 'dir (İş, 2009). Terzaghi SPT-Temel Genişliği Şekil 2'de görüldüğü gibi SPT_{N60} değerlerinden hesaplanabildiğinden, bu değere geçiş bir düzeltme katsayısı olan C_N ile SPT_{N30} darbe sayısı çarpılarak yapılmıştır (Özçep ve diğ., 2003).



Şekil 4. 2.Arazi örneği için hesaplanan zemin emniyet gerilme değerleri
Figure 4. Calculated soil bearing capacity for site 2

Bu arazi örneği için en yüksek taşıma gücü değerini Türker (2004) vermiştir (372 kPa). Fakat bu değer Keçeli (1990) ve Türker (1988) formülünden elde edilen değer haricinde, diğer zemin emniyet gerilmesi sonuçlarından çok farklı olduğu gözlenmiştir. Sismik dalgalardan elde edilen taşıma gücü değerlerinin klasik yöntemle uyum gösterdiği görülmüştür. V_s hızından elde edilen değer klasik yöntemden daha emniyetli olduğu gözlenmiştir. İkinci arazi için hesaplanan zemin emniyet gerilmesi değerlerinin geometrik ortalaması 201 kPa'dır. SPT testi vuruş sayılarından elde edilen sonucun ise diğer yöntemlerden hesap edilen değerlerle uyumsuz olduğu da gözükmemektedir.

3.Arazi Özellikleri

Araştırma Kocaeli ili, Körfez ilçesi, Kirazlıyalı Beldesi sınırları içerisinde kıyı ve kıyı ötesi dolgu kesimde alınmıştır. Arazide 10 adet sismik ölçü alınmıştır. Okunan minimum ve maksimum hızlar aşağıdaki gibidir;

S1-S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8-S9-S10 :

$$V_{s1 \min} = 270 \text{ m/s}, V_{s1 \max} = 373 \text{ m/s}; V_{p1 \min} = 552 \text{ m/s}, V_{p1 \max} = 781 \text{ m/s}$$
$$V_{s2 \min} = 370 \text{ m/s}, V_{s2 \max} = 664 \text{ m/s}; V_{p2 \min} = 1106 \text{ m/s}, V_{p2 \max} = 1793 \text{ m/s}$$

Sismik hızlardan hesaplanan birinci tabakanın kalınlığı $H=6-8$ metredir. Temel derinliği $D=3$ metre olduğundan 1.tabakanın ortalama sismik hızları kullanılmıştır. Zeminin birim hacim ağırlığı ise $\gamma: 1.50 \text{ gr/cm}^3$ 'tür.

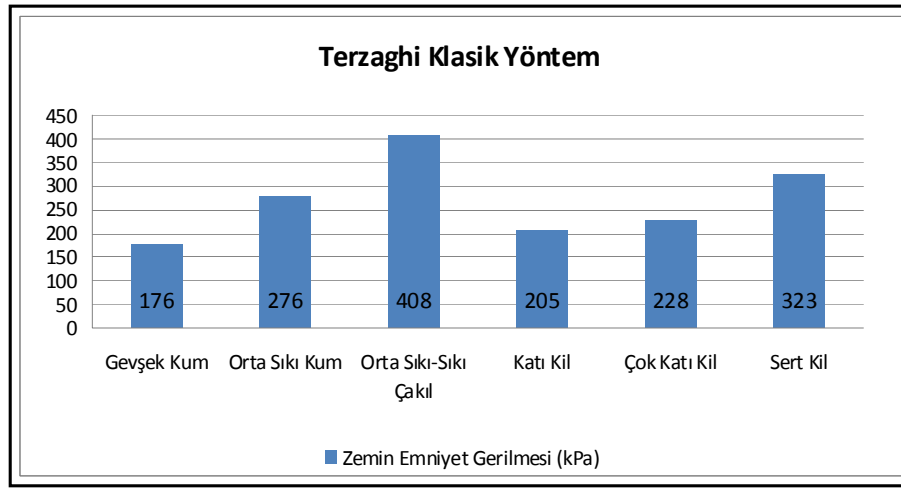
İnceleme alanında yapılan sondajlarda yüzeyden itibaren 2.80–17.0 m. derinliğe dek dolgu, dolgunun altında ise mor eflatun renkli ayrıışmış kilden oluşan alüvyon tabakası yer almaktadır. Her birimde ayrı olarak SPT deneyi yapılmıştır.

Bu birimlerde yapılan sondajlarda elde edilen SPT_{N30} 'ler: gevşek kumda 7, orta sıkı kumda 16, orta sıkı-sıkı çakılda 28, katı kilde 16, çok katı kilde 20 ve sert kilde ise 36 çıkmıştır (İş, 2009). Terzaghi klasik yöntem hesaplamalarında içsel sürtünme açısı için, SPT deneyleri ile içsel sürtünme açısı 'Road Bridge Specification' bağıntısı esas alınmıştır. Bu bağıntı;

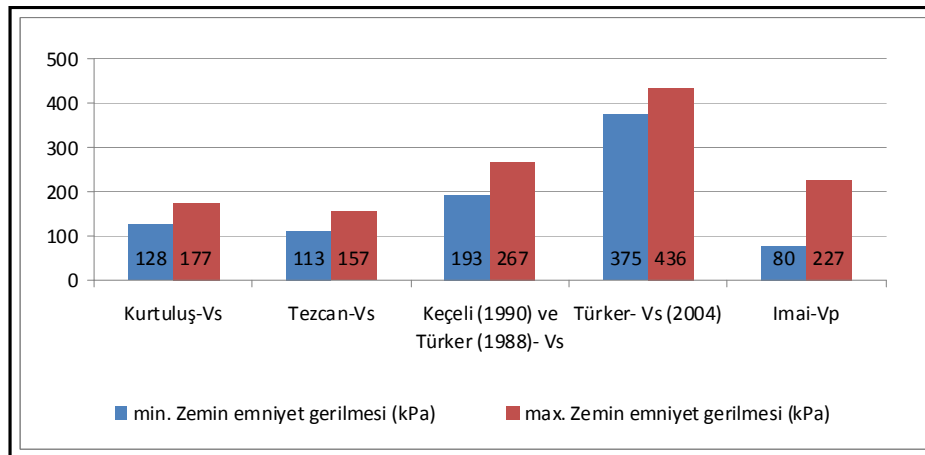
$$\phi = \sqrt{15 \cdot N_{30}} + 15 \text{ (RoadBridge Specification)} \quad (16)$$

şeklindedir. Burada ϕ içsel sürtünme açısıdır.

Şekil 5'e baktığımızda en yüksek zemin emniyet değerinin orta sıkı-sıkı çakıl türü zeminde çıkmıştır. En düşük Şekil 6'ya baktığımızda ise en yüksek zemin emniyet gerilmesi değeri, Türker'in (2004) ampirik bağıntısından elde edilmiştir. Imai ve Yoshimura (1976) formülü hariç diğer tüm formüllerde en küçük ve en büyük zemin emniyet gerilmeleri birbirine uygun yakınlıkta çıkmıştır. Imai' de ise fark daha fazladır. Tüm değerlerin geometrik ortalaması 190 kPa bulunmuştur. Bu da Terzaghi klasik yöntemde bulduğumuz ortalama değer 258 kPa ile karşılaştırdığımızda daha emniyetli bir değer elde ettiğimizi göstermektedir.



Şekil 5. 3.Arazi için terzaghi' e göre hesaplanan zemin emniyet gerilme değerleri
Figure 5. Calculated soil bearing capacity according to Terzaghi's classical formulae for site 3



Şekil 6. 3.Arazi Örneği İçin Sismik Dalga Hızlarından Elde Edilen Zemin Emniyet Gerilme Değerleri

Figure 6. Soil bearing capacity calculated by using seismic velocities for site 3.

SONUÇLAR

Araştırma yaptığımız 3 zeminde de sismik dalgalardan elde ettiğimiz zemin emniyeti gerilmesi değerleri ile Terzaghi'nin formülasyonundan yararlanarak hesap ettiğimiz değerlerin uyumlu olduğu gözlenmiştir. Örneğin 1.arazide sadece Vs hızından elde edilen zemin emniyet gerilmesi değerlerinin (137 kPa, 150 kPa, 234 kPa, 334 kPa) geometrik ortalaması 200 kPa iken, Terzaghi Klasik Yöntemden hesaplanan değer 212 kPa'dır. Fakat Keçeli (1990) ve Türker (1988) ile Türker (2004) bağıntılarından elde edilen sonucun dinamik parametre olmasına rağmen, üç arazide de Terzaghi Klasik Yöntemden daha yüksek değerler verdiği görülmüştür. Tezcan ve diğ. (2006) ile Kurtuluş (2000) bağıntıları üç arazide de birbirine çok yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Fakat Kurtuluş (2000) ampirik formülü Tezcan ve diğ. (2006) formülüne göre S dalga hızı artımından daha çok etkilendiği söylenebilir. Ayrıca SPT deneylerinden elde edilen sonuçların uyumsuz olabileceği sonucuna varılmıştır. Örneğin 1.arazide SPT-Temel Genişliğinden (Şekil 2) bulunan değer 106 kPa iken, Terzaghi Klasik Yöntemde 212 kPa, 2.arazide ise SPT-Temel Genişliğinden bulunan değer 122 kPa iken, Terzaghi Klasik Yöntemde 273 kPa bulunmuştur.

Bununla birlikte iki yönteminde kendine göre avantajları vardır. S dalgası hızından yapılan yaklaşımın zaman kazandırıcı olduğu görülmüştür. S dalgasından emniyet gerilmesi hesabı için doğru sismik hızları bulmak şarttır, yoksa bulunan değerlerin bir anlamı kalmamaktadır. Bilindiği gibi, arazide S dalga hızını üretmek hiç kolay değildir.

Bu parametrenin zemini doğru bir şekilde yansıtabilmesi için hassasiyetle hesaplanması gerekmektedir. Klasik yöntemde her türlü parametrenin yanlış hesaplanabileceği göz önünde bulundurularak çok yüksek bir güvenlik katsayısı kullanılmıştır (GS=3). Fakat her tür zemin için bu katsayıyı kullanmak bizi yanıltabilir.

Klasik yöntemin kabullerinde kafalarda soru işareti yaratan bir konu daha vardır. Bu da granüler zeminlerde taşıma gücü değeri hesap edilirken temel derinliği, genişliği ve uzunluğu rol oynamaktadır. Fakat kohezyonlu zeminlerde bu 3 parametreden de söz edilmemektedir.

Bununla birlikte Standart Penetrasyon Deneylerinin darbe sayılarından elde edilen zemin emniyet gerilmesi değerlerinin doğruluğunun kontrolü güçtür. Standart Penetrasyon Deney şartları önemlidir, her seferinde aynı güç zemine verilemez ise yanlış darbe sayıları elde edilmiş olur. Sonuç olarak hatalı hesap yapılmış olur.

KATKI BELİTRME

“Bu çalışmada kullandığımız verileri yayımlamamıza izin verdiği için Yertek Müh. Araş. ve Sondaj San. Tic. Ltd. Şti Sayın Selahattin İŞ'e çok teşekkür ederiz.”

KAYNAKLAR

ÇİNİCİOĞLU, S. F., 2005. İstanbul Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü, Zeminlerde Statik ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı, Seminer- İMO.

DAY, R. W., 2002. Geotechnical Earthquake Engineering Handbook. McGraw Hill.

ERCAN, A., 2001. Deprem Yapıyı Nasıl Yıkar? Yer Araştırmalarında Zemin Emniyet Gerilmesi ve Yer İvmesinin Önemi Nedir? Kuzeybatı Anadolu Karesi Bölgesi Jeofizik Toplantısı, TMMOB Jeofizik Müh. Odası, Balıkesir, 32-35.

IMAI, T. and YOSHIMURA, M., 1976. The Relation of Mechanical Properties of Soils to P and S Wave Velocities for Soil Ground in Japan, Urana Research Institute, OYO corp.

İŞ, S., 2009. Sarıyer-Zekeriya köy Zemin ve Temel Etüd Raporu, Yertek Müh. Araş. Ve Sondaj San. Tic. Ltd. Şti., Rapor, (Yayımlanmamış).

KEÇELİ, A., 1990. Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması, Jeofizik Cilt: 4, Sayı: 2, 83-92.

KOCAMAN, M., 2008. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zemin Etütlerinde Geoteknik ve Jeofizik Yöntemlerin Kullanılması ve Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar, Yüksek Lisans Tezi.

KRINITZSK, E. L., 1993. Gould, J.P., Edinger, P.H., Fundamentals of Earthquake.

KURTULUŞ, C., 2000. Sismik Yöntemle Belirlenen Ampirik Taşıma Gücü Bağıntısı ve Uygulaması, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, No:6, 51-59.

ÖZÇEP, F., AŞÇI, M., KARABULUT, S., ALPASLAN, N. ve YAS, T., 2003. Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyellerinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, No:2, 11-21.

PRANDTL, L., 1921. Über die Eindringungsfestigkeit Plastischer Baustoffe und die Festigkeit von Schneiden, On The Penetrating Strengths of Cutting Edges, Zeit, Angew. Math. Mech., 1, No.1, pp.15-20.

REISSNER, H., 1924. Zum Erddruckproblem, Concerning The Earth-Pressure Problem, Proc. 1st. Int. Congress of Applied Mechanics, Delft, pp. 295-311.

TERZAGHI, K., 1925. Structure and Volume of Voids of Soils, Pages of 10-13 part of Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage, translated by A. Casagrande in From Theory to Practice in Soil Mechanics, New York, John Wiley and Sons, (1960) pp. 146-148.

TERZAGHI, K. and PECK, R. B., 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley, New York.

TEZCAN, S., KEÇELİ, A., and ÖZDEMİR, Z., 2006. Allowable Bearing Capacity of Shallow Foundations Based on Shear Wave Velocity, Geotechnical and Geological Engineering, vol: 24, pp. 203-218.

TÜRKER, E., 1988. Sismik Yöntemlerle Zemin Taşıma Gücünün Saptanması, Doktora Tezi, A.Ü, Isparta Mühendislik Fakültesi.

TÜRKER, E., 2004. Computation of Ground Bearing Capacity From Shear Wave Velocity, Continuum Models and Discrete Systems, 173-180. Kluwer Academic Publisher, Netherland.

VESIC, A.S., 1975. Bearing Capacity of Shallow foundations. Chapter 3 of Foundation Engineering Handbook, Hans F. Winterkorn and Hsai Yang Fang (Eds) Van Nostrand Reinhold.