

ZEMİN ETÜTLERİNDE KALİTE PROBLEMİ VE GÜNCEL UYGULAMA ÖRNEKLERİ

İbrahim ÇOBANOĞLU

Pamukkale Üniversitesi, Müh. Fak., Jeoloji Müh. Bölümü, Kınıklı – Denizli, icobanoglu@pau.edu.tr

ÖZET

Kentsel gelişim ve yerleşim planlamalarında yapılaşmaya ait temel mühendislik çalışmalarından biri de zemin etüdü çalışmalarıdır. Bu tür çalışmalar, yapısal tasarıma ait zemin ile ilgili temel mühendislik parametrelerini içermesi bakımından yapılması zorunlu ve detaylı incelemelerdir. Bir zemin etüdü çalışması arazi incelemeleri ve arazi deneyleri, laboratuvar deneyleri ve büro çalışmalarından oluşur. Çalışmaların düşük maliyetlerle yapılması amacıyla düşünülen her türlü girişim, gerçekte kaliteden ödün verme anlamı taşımakta ve mühendisliğin temel ilkesine ters düşmektedir. Her mühendislik projesi ve uygulamasında olduğu gibi yapılaşmanın temel adımı olan zemin etüdü çalışmaları da özenle irdelenmesi gereken temel mühendislik projeleridir. 1999 Marmara depremi sonrası yasal olarak da yapılması zorunlu hale gelen zemin etüdü çalışmaları beraberinde çeşitli problemlerin de yaşanmasına neden olmuştur. Bilimsel yetersizlikler, hatalı deney verileri üzerine kurulmuş hesaplamalar, olması gereken ancak yapılmayan çalışmalar, fiyat politikalarındaki yanlışlıklar, hazırlanan jeolojik-jeoteknik etüt çalışmalarının ilgili diğer meslek grupları tarafından da tartışılır hale gelmesine neden olmuştur. Mevcut durum, zemin etütlerindeki kalite problemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, konu ile ilgili çalışan başta Jeoloji Mühendisleri olmak üzere ilgili diğer meslek adamlarına gerekli hassasiyetin benimsenmesi ve konunun öneminin anlatılması amaçlanmıştır. Çalışmada, kalite problemini oluşturan nedenler ele alınarak sebep-sonuç ilişkileri örnekler sunularak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zemin etüdü, jeoteknik araştırmalar, zemin çalışmaları

QUALITY PROBLEM IN SOIL INVESTIGATIONS AND EXAMPLES OF CURRENT PRACTICE

ABSTRACT

One of the main engineering studies in urban development and residential construction activities is soil investigations. These kind of detailed studies which are consist of structural design parameters are mandatory. A soil investigation study consists of field studies and field tests, laboratory experiments and office work. Studies in order to be considered and any attempt to lower costs, it stands to compromise on quality and engineering is in fact runs counter to the basic engineering principle. Beside every engineering project and applications, soil investigations are the basic step of the construction and also basic engineering projects and should be examined carefully. After the 1999 Marmara earthquake, legally be made compulsory, soil investigation studies had led to a variety of problems with it. Geological and geotechnical investigation studies with scientific inadequacies, calculations based on incorrect experimental data, necessary but unperformed studies, inappropriate price policies, have led to become discussed by the other professional engineering disciplines. All these situations are revealed the quality problems in soil investigations. In this study, it is aimed that realizing and explaining the importance of the issue was to be enforced particularly for geological engineers and the people from related disciplines. In the study, the reasons of the quality problems were investigated by examples including cause-effect relationships.

Keywords: Soil investigation, geotechnical investigations, soil survey

International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015)
Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu
7-9 May 2015, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur-Türkiye

<http://ees2015.mehmetakif.edu.tr> – <http://ees2015.maku.edu.tr>

1. GİRİŞ

Bu çalışma, 1999 Marmara depremi sonrasında ülkemizde yasal düzenlemelerle kısmen zorunlu hale gelmiş olan zemin etüdü çalışmalarına ait teknik değerlendirmelerin yapılması, çalışmalarla ilgili yapılan hataların ve bu anlamda ortaya çıkan kalite probleminin gerekçeleriyle birlikte ortaya konulması ve tartışılması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın gerçekleşmesi aşamasında Türkiye'nin çeşitli illerinde geçmiş tarihlerde yapılmış olan 168 adet zemin etüdü çalışması raporu incelenmiştir. Çalışmalarla ortaya konulmuş olan raporlarda statik bir projeye esas teşkil edecek parametrelerin varlığı, hesaplama yöntemlerinin doğruluğu, laboratuvar sonuçları ile uyumları ele alınarak topluca bir değerlendirmede bulunulmuştur. Bu değerlendirmelerle birlikte uygulamalarda görülen ve sıklıkla yapılan hatalar ve buna bağlı olarak meydana gelen olumsuzluklar da tartışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma ile ülkemizde yapılan zemin etüdü çalışmalarında kullanılan ve uygulanan deney, hesaplama ve değerlendirme yöntemleri mevcut standart ve teoriler ışığında değerlendirilmiş ve kalitenin artırılması için yapılması gerekenler ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamında ülkemizin çeşitli illerinde yapılmış zemin etüdü çalışmaları (168 adet) incelenmiş, yapılan hesaplamalar ve analizlerdeki hatalar belirlenmiş ve elde edilmiş verilerle birlikte değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Ülkemizde zemin etüdü çalışmalarının kalite ve teknik yeterliliklerini detaylı olarak inceleyen ve denetleyen bir resmi kurum bulunmamaktadır. Bu konu, 4708 sayılı "Yapı Denetim Kanunu" tarafından da ilgili yapı denetim firmalarına doğrudan bir görev olarak verilmemektedir. Bu anlamda yapılan çalışmaların teknik yeterlilikleri ve geçerlilikleri ancak etüt raporu ile doğrudan muhatap olacak inşaat ve proje firmaları tarafından sorgulanabilmektedir. Bu da ancak konu ile ilgili yeterli bilgiye sahip uzman bir mühendisin firma bünyesinde çalışıyor olması koşulunda gerçekleşebilecektir.

3. ZEMİN ETÜTLERİNİN AMACI VE KAPSAMI

Zemin etüdü, bir mühendislik yapısının teşkil edileceği sahada mevcut jeolojik koşulların belirlenmesi ve tasarıma esas mühendislik parametrelerin sunulması amacıyla yapılan, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları şeklinde yürütülen hassas, zaman alıcı ve titiz yer bilimsel çalışmalardır. Ülkemizde "Zemin Etüdü" şeklinde isimlendirilen çalışmalar Avrupa ülkeleri ve Amerika'da "Soil (Geotechnical) Investigation" adıyla tanımlanmaktadır. Bu çalışmalar ile mühendislik projesinin uygulanacağı yere ait zemin veya kayanın jeolojik özelliklerinin jeoteknik parametrelerle birlikte ortaya konulması amaçlanmaktadır. Wikipedia (2015) sözlüğü "Geotechnical Investigation" kavramını, "jeoteknik mühendisleri veya mühendislik jeoloğu tarafından yapılan, toprak yapıları ve temellerin tasarımı için gerekli zemin ve kayaların fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında bilgi edinmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar" olarak tanımlamaktadır. Bu çalışmalar ile zemine ait kalınlık, fiziksel özellikler, yeraltı suyu durumu, mekanik özellikler ve sismik parametreler belirlenir. Olası zemin problemleri önceden tespit edilerek proje öncesi gerekli tedbirlerin alınması sağlanır.

08.02.2000 gün ve 10490 sayılı genelgede, yapılacak statik projelerin bütün kabul ve hesaplamalarında hazırlanmış olan "Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu" verilerinin esas alınacağı bildirilmiştir. Bu açıdan yapılan çalışmaların mühendislik açısından önemi yasal olarak da ifade edilmektedir. Bu durum, mevcut etüt çalışmalarının belirli bir kalite standardında, teori ve standartlara da uygun olarak yerine getirilmesini zorunlu kılmaktadır. Uygulamalarda yapılan çok sayıda ve çeşitli hatalar çoğu kez dile getirilemese de çeşitli makaleler için de konu olacak hale gelmiştir. Akdeniz vd. (2012), Eskişehir ili örneğinde 885 adet zemin etüt raporlarının esaslara uygunluğunu incelemişler ve oldukça çarpıcı sonuçlara ulaşmışlardır. Dikmen ve Özek (2011), zemin sınıfının deprem bölgelerinde yapılacak sanayi yapılarının maliyetleri üzerine etkilerini ortaya koyarak zemin sınıfının doğru olarak ortaya konulmasının önemini vurgulamışlardır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre Z2, Z3 ve Z4 sınıfı zeminler üzerine inşa edilecek yapıların taşıyıcı sistem maliyetleri Z1 sınıfı zeminlerdeki

nazaran sırasıyla ortalama 14%, 20% ve 49% fazla olduğu tespit edilmiştir. Çobanoğlu ve Çelik (2008), standart penetrasyon testinde (SPT) yapılan uygulama kaynaklı hataların tasarım sonuçlarına etkilerini ortaya koymuş ve gereken vuruş düzeltmelerinin yapılmaması durumunda oldukça hatalı ve farklı sonuçların elde edildiğini belirtmişlerdir.

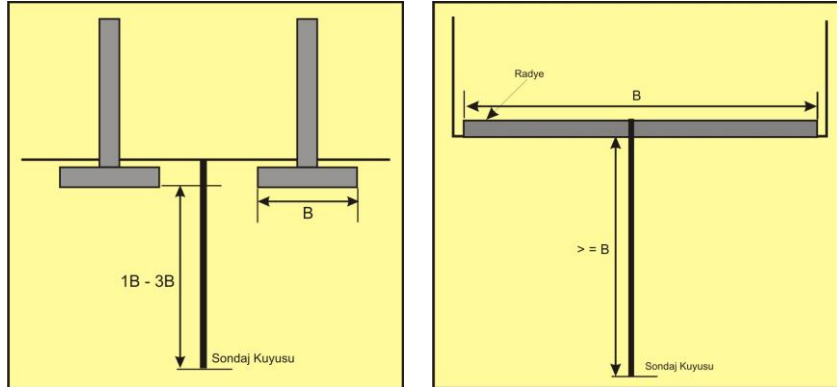
4. ZEMİN ETÜTLERİNDE KALİTE PROBLEMİNİ MEYDANA GETİREN NEDENLER

Zemin etüdü çalışmalarında kalite problemlerinin meydana gelmesini sağlayan nedenler oldukça farklılık göstermektedir. Ancak nedenlerin geneli sorgulandığında, bir kısmının teknik bilgi eksikliklerine bağlı, bir kısmının ise mesleki etik ve çalışma ahlakına bağlı olarak oluştuğu görülmektedir. Kalite problemini meydana getiren nedenler şu şekilde sınıflanmış ve alt başlıklar halinde tanımlanmıştır;

- 1- Yapılan arazi çalışmalarının yetersizliği (yetersiz veya gereksiz araştırma derinliklerinin araştırılması).
- 2- Teknik bilgi eksiklikleri.
- 3- Teorik ilişkilerin uygun olmayan yer ve koşullar için kullanılması.
- 4- Standart dışı deney ekipmanlarının kullanılması.
- 5- Yapılan hesaplama yanlışlıkları.
- 6- İşin düşük fiyatla alınmasına bağlı teknik yetersizlikler.
- 7- Arazi uygulamalarındaki yanlış örnekleme ve laboratuvar çalışmaları ile yapılan hatalar.
- 8- Zemin etüt raporlarının gereksiz konu başlıkları ve bilgiler ile şişirilmiş hale getirilmeleri.

4.1. Yapılan Arazi Çalışmalarının Yetersizliği

Zemin araştırmalarında yapılacak çalışmanın şekli ve kapsamı jeoteknik mühendisliğin uzmanlık alanına giren önemli bir konudur. Yapılan Zemin etüdü çalışmalarıyla ilgili araştırma derinlikleri genellikle çeşitli öngörü, tablo veya şartnamelerden alınarak önceden belirlenmektedir. Oysa bir etüt çalışmasında inceleme derinliği yapılacak mühendislik projesine ait yapı yükü ile doğrudan ilişkilidir. Uygulamalarda bazen çok yetersiz ve bazen de oldukça gereksiz fazla derinlikler için zemin araştırmalarının yapıldığı görülmektedir. Çeşitli literatürlerde zemin araştırmasının yapılacağı inceleme derinlikleri ile ilgili bilgiler bulunmaktadır (Tomlinson, 1998; Schroeder and Dickenson, 1996, Ulusay, 2001). Şekil 1, Tomlinson (1998) tarafından önerilmiş olan ve hem tekil ve hem de radye şekilli temel koşullarında önerilmiş araştırma derinliklerini tanımlamaktadır.



Şekil 1. Farklı temel tipleri için öngörülen sondajlı araştırma derinlikleri (Tomlinson, 1998'den değiştirilerek).

De Beer (Hvorslev, 1949'dan), araştırma derinliklerinin, yapıdan kaynaklanan gerilmelerin zemin sürşarj yükünün % 10'u mertebesine düştüğü derinliğe kadar uzatılması gerektiğini belirtmiştir. Bu kuralın uygulamada oldukça derin araştırma derinlikleri gerektirdiği yazar tarafından da görülmüş ve % 10 değeri % 20 olarak alınarak "Anlamlı Derinlik" kavramı içinde tanımlanmıştır (Uzuner, 2007).

4.2. Teknik Bilgi Eksiklikleri

Zemin araştırma çalışmalarındaki olumsuzlukların büyük çoğunluğu teknik bilgi eksikliklerinden kaynaklanmaktadır. Bilgiye erişimin oldukça kolay ve hızlı olduğu günümüz koşulları aslında bu tür hataların yapılmasını zorlaştırmakta ancak uygulamalarda bu tür problemlerle sıkça karşılaşıldığı görülmektedir. Teknik bilgi eksikliklerinin başında lisans eğitimleri sırasında verilen mesleki teknik bilginin yetersizliği ve sadece teoriden ibaret halde tutulması gelmektedir. Karışık ve heterojen zemin koşullarının bir arada olması ayrıca farklı teorik ve ampirik ilişkilerle tanımlanmış çok sayıda hesaplama yönteminin bulunması için yeterli bilgiye sahip olmayan kişilerce kolay bir şekilde yanlış yapılmasına neden olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında incelenmiş olan zemin etüdü çalışmalarında, taşıma gücü ve oturma hesaplamalarında yapılan hatalar belirgin bir şekilde öne çıkmıştır. Zemine ait taşıma gücü hesaplamaları arazide veya laboratuvarında yapılan deneysel çalışmalar ile belirlenebilmektedir. Terzaghi (1943), Skempton (1951), Hansen (1961) ile Meyerhof (1965) taşıma gücü eşitlikleri homojen, izotrop ve yarı sonsuz bir zemin koşulunda teşkil edilecek yapı temeline ait zeminin sınır taşıma gücü değerlerini tanımlamaktadır;

$$q_u = K_1 c N_c + \gamma_1 D_f N_q + K_2 N_\gamma B \gamma_2 \quad \text{Terzaghi (1943)} \quad (1)$$

$$q_{net} = 5c \left(1 + 0.2 \frac{D_f}{B} \right) \left(1 + 0.2 \frac{B}{L} \right) \quad (D_f/B < 2.5 \text{ için}) \quad \text{Skempton (1951)} \quad (2)$$

$$q_u = c N_c s_c d_c i_c b_c g_c + \gamma_1 D_f N_q s_q d_q i_q b_q g_q + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma \quad \text{Hansen (1961)} \quad (3)$$

$$q_u = c N_c s_c d_c + \gamma_1 D_f N_q s_q d_q + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma \quad \text{Meyerhof (1965)} \quad (4)$$

Bu bağıntılarda;

- q_u : maksimum taşıma gücü değeri
- c : kohezyon
- γ_1 : temel seviyesi üzerindeki zeminin doğal birim hacim ağırlığı
- γ_2 : temel seviyesi altındaki zeminin doğal birim hacim ağırlığı
- D_f : temel kazı derinliği
- K_1 ve K_2 : temel şekil faktörleri
- B : temel kısa kenar uzunluğu
- L : temel uzun kenar uzunluğu
- s_c , s_q ve s_γ : temel şekil faktörleri (şerit şekilli temel için 1 alınır)
- d_c , d_q ve d_γ : derinlik faktörleri
- i_c , i_q ve i_γ : yük eğim faktörleri (yük düşey ise 1 alınır)
- b_c , b_q ve b_γ : temel eğim faktörleri (taban düz ise 1 alınır)
- g_c , g_q ve g_γ : zemin yüzü eğim faktörleri (zemin yüzü düz ise 1 alınır)
- N_c , N_q ve N_γ : taşıma gücü katsayılarıdır

Literatürde oldukça fazla karşılaşılan ve uygulamalarda da sıklıkla kullanılan bu eşitliklerden Skempton (1951) eşitliği kil zeminler için geliştirilmiş olup diğerlerinden farklı olarak taşıma gücü katsayılarının (N_c , N_q ve N_γ) kullanılmadığı yegâne bağıntıdır. Etüt yapılan sahanın kil bünye özelliğinde olduğu bilindiğinde taşıma gücünün Skempton (1951) yaklaşımı ile ortaya konulması mümkündür. Burada dikkate edilmesi gereken husus, eşitliğin net taşıma gücü cinsinden tanımlanmış olmasıdır. Bu yüzden bağıntının,

$$q_{net} = q_u - \gamma D_f \quad (5)$$

şeklinde tanımlanarak güvenlik katsayısı değerine bölünmesi gerekmektedir;

$$q_e = \frac{q_u}{G_s} = \frac{q_{net} + \gamma D_f}{G_s} \quad (6)$$

Bu çalışma kapsamında yapılan etüt raporlarının incelenmesi, zemin emniyet gerilmesi (q_e) değerinin belirlenmesi aşamasında kullanılan güvenlik katsayısı (G_s) değerlerinin oldukça keyfi bir şekilde alınmış olduğunu ortaya koymuştur. Craig (1994) zeminler için güvenlik katsayısının 2,5 veya 3,0 alınmasının uygun ve yeterli olacağını ifade etmiştir. Bu yüzden istenen bir taşıma gücü değeri elde etmek amacıyla keyfi olarak güvenlik katsayısının büyütülmesi veya küçültülmesi doğru bir uygulama olmamaktadır.

4.3. Teorik İlişkilerin Uygun Olmayan Yer ve Koşullar İçin Kullanılması

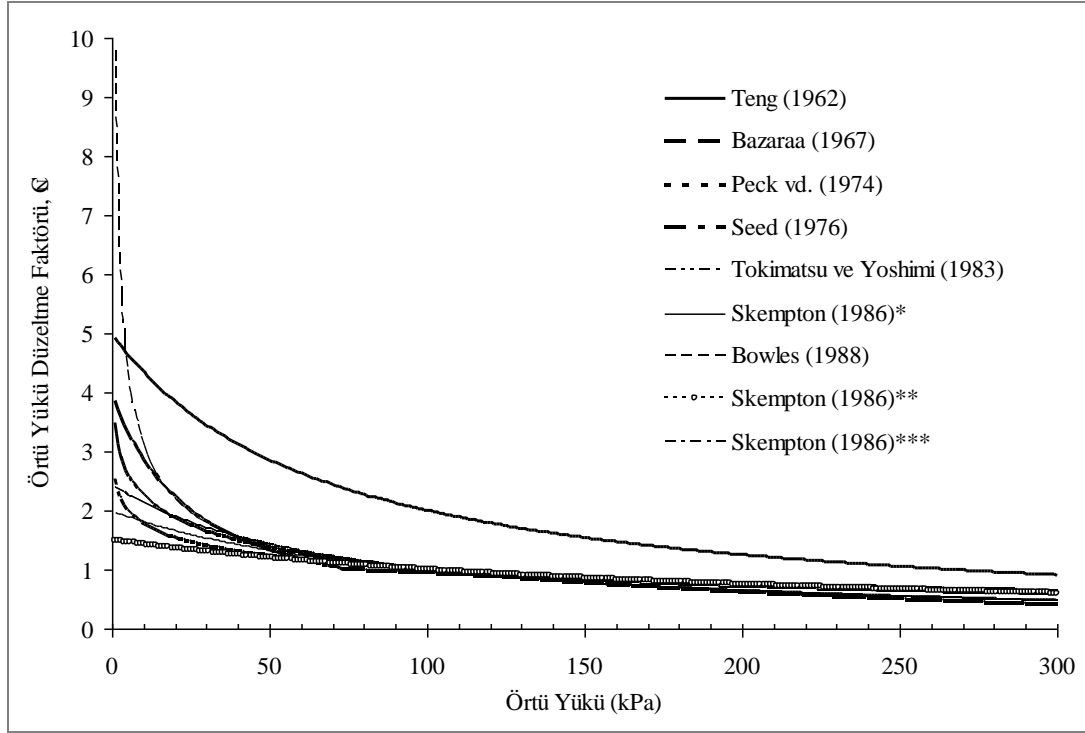
Hem bu çalışma kapsamında incelenen zemin etüt raporlarında ve hem de uygulamaların büyük çoğunluğunda arazide yapılan standart penetrasyon testi (SPT) ile elde edilen deney verilerine ait yanlış uygulamaların olduğu görülmüştür. Bilindiği gibi SPT özellikle kumlu zeminlerde sıklık ve taşıma gücü değerlerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilmiş ancak sonraları kil içeren zeminlerde de uygulanır olmuştur. İlgili deney ASTM D1586 (1999) standardı tarafından ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Arazide standart uygun olarak yapılmış SPT uygulaması sonrası, mühendislik hesaplamalarının da literatürde var olan hesaplama yöntemleri ile doğru olarak yapılması gerekmektedir.

Standart penetrasyon deneyi ile ilgili taşıma gücü hesaplamalarında yaygın olarak kullanılan yöntemlere ait eşitlikler Meyerhof (1956), Terzaghi ve Peck (1967) ile Bowles (1988) tarafından sunulmuştur (Tablo 1). Önerilmiş olan bağıntıların bütününde SPT-N değerlerinin enerji oranı ve örtü yükü değerlerine göre düzeltilmiş olmaları gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında incelenen zemin etüdü çalışmalarının büyük çoğunluğunda SPT düzeltmelerinin göz ardı edildiği ve ham arazi verileri kullanılarak zemin taşıma gücü değerlerinin belirlendiği görülmüştür.

Örtü yükü düzeltmeleri ile ilgili literature yeni bilgiler kazandırmış olan Sivrikaya ve Toğrol (2009), çalışmalarında <100 kPa örtü yükü değerleri için düzeltme yapılmamasını, diğer koşullarda ise örtü yükü düzeltmelerinin yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu anlamda örtü yükü düzeltmelerinin gerekli koşullar için mutlaka yapılması önem taşımaktadır. Örtü yükü düzeltmeleri için önerilmiş çok sayıda eşitlik bulunmaktadır. Bu eşitliklerin büyük çoğunluğu kum tane boyuna sahip zeminler için geliştirilmiştir. Eşitliklerin geneline bakıldığında Teng (1962; Çobanoğlu ve Çelik, 2008'den) tarafından önerilmiş olan dışındaki bütün eşitliklerin birbirlerine oldukça yakın değerler verdikleri görülmektedir (Çobanoğlu ve Çelik, 2008). Şekil 2, farklı efektif gerilme koşulları için önerilmiş örtü yükü düzeltme faktörlerinin değişimlerini ortaya koymaktadır.

Tablo 1. Farklı araştırmacıların SPT'ye bağlı taşıma gücü hesaplamaları için önermiş oldukları eşitlikler.

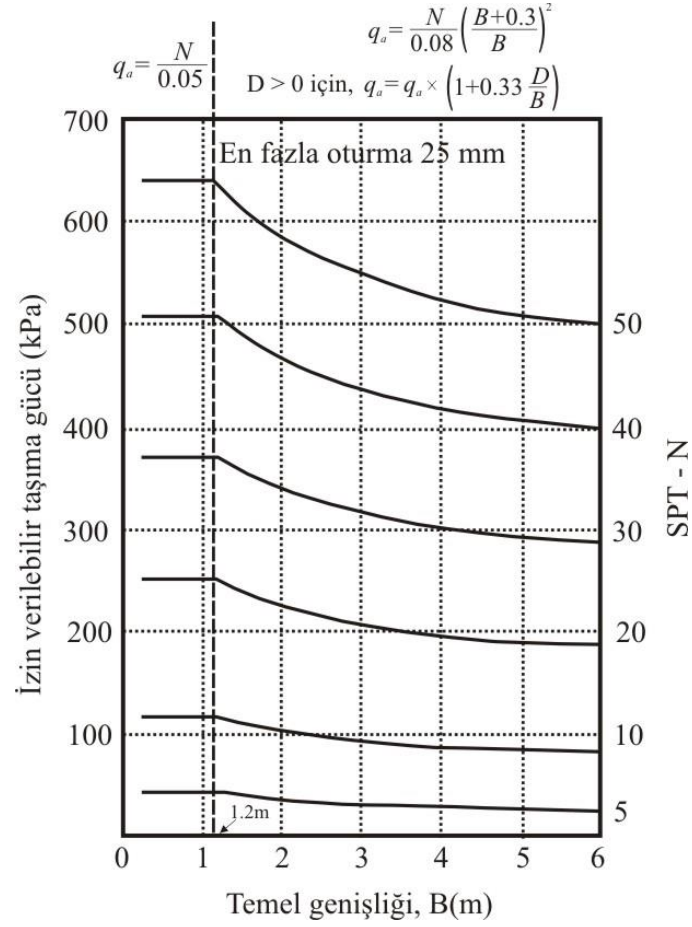
Meyerhof (1956)			
$q_a = 12N * k_d$	$B \leq 1.22$ m ise	(kN/m ²)	(7)
$q_a = 8N * \left(\frac{B + 0.305}{B} \right)^2 * k_d$	$B > 1.22$ m ise	(kN/m ²)	(8)
Bowles (1988)			
$q_a = 20N * k_d$	$B \leq 1.22$ m ise	(kN/m ²)	(9)
$q_a = 12.5N * \left(\frac{B + 0.305}{B} \right)^2 * k_d$	$B > 1.22$ m ise	(kN/m ²)	(10)
Terzaghi ve Peck (1967)			
$q_a = N / 0.05$	$B \leq 1.22$ m ise	(kN/m ²)	(11)
$q_a = \frac{N}{0.08} * \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2 * k_d$	$B > 1.22$ m ise	(kN/m ²)	(12)



Şekil 2. Farklı araştırmacılar tarafından önerilmiş olan örtü yükü düzeltme faktörlerinin örtü yüküne göre değişimi (Çobanoğlu ve Çelik, 2008).

Farklı araştırmacılar tarafından önerilmiş olan bu eşitliklerin, kumlu zeminlerde yer alan temeller ve oturmanın 25 mm olduğu koşul için geliştirilmiş olduğu unutulmamalıdır. İzin verilebilir ani oturma değerinin 25 mm'den büyük olması durumunda hesaplanan taşıma gücü değerinin de değiştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında incelenen zemin etüdü raporlarında Terzaghi ve Peck (1967) tarafından önerilmiş olan ve Şekil 3'deki haliyle literature de girmiş olan izin verilebilir taşıma gücü değer grafiklerinin de oldukça yanlış bir şekilde kullanıldığı görülmüştür. Günümüzde bu grafiğin kullanımı oldukça kısıtlı kalmaktadır. Zira temel boyutu genişliği parametresi sadece 6 m ile sınırlı kalmaktadır. Oysa radye temel koşulunda oldukça yüksek temel genişliği değerleri ile karşılaşılmaktadır. Ayrıca, bu grafik için kullanılmış olan SPT-N değerleri safety tip şahmerdan için oluşturulmuş olup ülkemizde kullanılmakta olan donut tipi şahmerdanlar için ancak enerji düzeltmeleri yapıldıktan sonra kullanıma uygun hale gelebilmektedir. Bu durum incelenen etüt raporlarının büyük çoğunluğunda dikkati çekmiştir.



Şekil 3. SPT darbe sayısı ile izin verilebilir taşıma gücü değerleri arasındaki ilişki (Terzaghi ve Peck, 1967).

4.4. Standart Dışı Deney Ekipmanlarının Kullanılması

Arazi incelemelerinde en fazla kullanılmakta olan deney türü standart penetrasyon deneyidir. Bu deneyde kullanılan bütün deney ekipmanlarına ait özellikler ve boyutlar ilgili deney standardı olan ASTM D1586 (1999) tarafından tanımlanmıştır. Ancak piyasa uygulamalarında oldukça standart dışı deney ekipmanlarının kullanılmakta olduğu görülmektedir. Özellikle SPT tüpü adı verilen parçanın sanayide ve boyutsal tasarımdan uzak bir şekilde sipariş usulüyle yapılmakta olması, deneyin standart dışı kalmasına neden olmaktadır. Deneyde kullanılan ve şahmerdan adı verilen 63,5 kg ağırlığındaki metal tokmağın da benzer nedenlerle çok farklı ağırlıklarda yapılarak piyasada kullanılmakta olduğu görülmektedir. Zira belirtilen deney ekipmanları ve düzeneklerini kontrol eden bir denetim organı ülkemizde bulunmamaktadır.

4.5. Yapılan Hesaplama Yanlışlıkları

Bu konu ile ilgili bazı bilgiler daha önce 3. başlık altında verilmiştir. Ancak incelenen zemin etüdü çalışmalarında oldukça farklı hesaplama hataları görüldüğünden bunların ayrıca açıklanmasına yer verilme gereği duyulmuştur. Zemin taşıma gücü hesaplamalarında kullanılan bağıntıların bütünü (Terzaghi 1943; Skempton, 1951; Hansen, 1961; Meyerhof, 1965) teorik olup doğrudan maksimum taşıma gücü değerinin elde edilmesini sağlamaktadırlar. Zemin emniyet gerilmesi adı verilen değer ise bu taşıma gücü değerinin bir güvenlik katsayısına (genellikle 3) bölünmesi ile elde edilmektedir. SPT ile yapılan taşıma gücü hesaplamaları ise ampirik bağıntılardan oluşmakta ve doğrudan zemin emniyet gerilmesi (izin verilebilir taşıma gücü) değerini vermektedir. Bu anlamda SPT ile hesaplanan taşıma gücü değerlerinin bir güvenlik katsayısına bölünerek zemin emniyet gerilmesinin elde edilmesi şeklinde bir uygulama bulunmamaktadır. Oysa incelenen etüt çalışmalarının bir kısmında, elde edilen taşıma gücü değerlerinin azaltılmak amacıyla bir güvenlik katsayısına bölündüğü

görülmüştür. Ayrıca yapılan hesaplamaların büyük çoğunda, arazi SPT-N değerlerinin kesinlikle düzeltilmeden kullanılmış oldukları belirlenmiştir.

Benzer hesaplama hataları oturma (konsolidasyon) konusunda da yapılmaktadır. Bilindiği üzere, laboratuvarda yapılan konsolidasyon deneyi ile belirlenmiş olan konsolidasyon parametreleri ancak bir boyutlu konsolidasyon teorisi içinde yer bulabilmektedir. Ancak incelenen ilgili etüt raporlarının tamamına yakınında SPT verileri ile hesaplanmakta olan oturma konsolidasyon oturması şeklinde ele alındığı görülmüştür. Bu, bütünüyle yanlış bir yaklaşım ve hesaplama değildir. Zira burada önemli bir bilgi eksikliği vardır ki SPT ile belirlenmeye çalışılan oturma değeri “settlement (S)” şeklinde tanımlanmış olan “ani oturma” değeridir. Bu tür oturmalar, sadece kum ve kumlu çakıl gibi iri taneli zeminlerde meydana gelen ve yükleme ile zeminin su içeriğinde bir değişikliğe neden olmayan oturmalar olup konsolidasyon oturması olarak adlandırılan primer oturmalardan oldukça farklı bir özellik sunarlar. Farklı araştırmacılar tarafından önerilmiş ani oturma bağıntıları şu şekilde tanımlanmaktadır;

$$S = 300 * \frac{q * B}{N_{60}} \quad (\text{Parry, 1977}) \quad (13)$$

$$S = q * B^{0.7} * \frac{1.7}{N_{60}^{1.4}} \quad (\text{Burland ve Burbidge, 1985}) \quad (14)$$

Bu bağıntılarda;

S = temel in ani oturma miktarı (mm)

q = net temel taban basıncı (MPa)

B = temel genişliği (m)

N_{60} = temel altından 0.75B derinlik boyunca ortalama düzeltilmiş SPT-N değeridir.

Bu bilgiler ışığında, yapılacak zemin etüdü çalışmalarında, kil bünye özelliğinde konsolide olabilecek bir birim varsa bu birime ait oturma konsolidasyon oturması şeklinde ve mutlaka laboratuvarda yapılacak konsolidasyon verileri ile hesaplanması gerekmektedir. Kohezyonsuz birimlere ait bütün oturma değerlerinin ani oturma şeklinde tanımlanacağı unutulmamalıdır.

4.6. İşin Düşük Fiyatla Alınmasına Bağlı Teknik Yetersizlikler

Birçok mühendislik tasarımında olduğu gibi zemin etüt çalışmaları da belli bir maliyetle yapılmakta olan arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarını kapsamaktadır. Bu çalışmaların bütünü, büyük emek ve zaman harcanmasını gerektirmektedir. Bu durum işin belirli bir maliyetinin de olmasını sağlamaktadır. Ancak bu maliyet söz konusu yapının proje bütçesi ile kıyaslandığından oldukça küçüktür. Buna rağmen piyasa koşullarında yapılmakta olan ve işveren mühendislik veya proje firmalarının da desteklenen kırım politikaları, yapılması gereken işin bir rutinden öteye geçememesine neden olmaktadır. Bu durum, bir etüt çalışmasının bütününde olması gerekenlerin ciddi olarak sorgulanmasını gerektirmektedir. Zira iş almak pahasına düşük fiyatlarla işe talip olunması, beraberinde işin ciddiye alınmadan, özenilmeden ve kimi zamanda gerçek anlamda yapılmadan tamamlanmasını sağlamaktadır. Bu konuda işveren pozisyonundaki inşaat mühendisliği firmaları, mimarlık ve proje ofislerine büyük görevler düşmektedir. İşin en düşük fiyat teklifini verene verilmesi, beraberinde sorumluluğunun alınmayacağı, verilerinin tartışılır olacağı ve proje tasarımını yapan kişinin de tatmin olamayacağı bir zemin etüt çalışmasının ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Bu konuda, işi yapan yerbilim mühendisinin yanında iş veren pozisyonundaki inşaat mühendisi veya mimarın da sorumluluk ve vebali bulunmaktadır.

4.7. Arazi Uygulamalarındaki Yanlış Örneklemeler ve Laboratuvar Çalışmaları İle Yapılan Hatalar

Bilindiği gibi sondajlı zemin araştırmaları sırasında, kohezyonsuz zeminlerden alınan örnekler örselenmemiş olarak nitelendirilemeyecek şekilde farklılığa uğrarlar. Bu tür durumlarda, yerinde arazi deneylerinin (SPT, CPT presiyometre, plaka yükleme vb) laboratuvar deneylerine tercih edilmesi doğaldır (Şekil 4). Zemin etüdü çalışmalarında yapılan sondajlar ile alınan örselenmiş numunelerin bütünü, zeminin tanımlanmasını (tane boyu, renk, su içeriği kıvam parametreleri vb) sağlayacak laboratuvar deneylerinin yapılmasını sağlar. Ancak mühendislik projelerine esas teşkil edecek parametrelerin belirlenmesi için mutlaka örselenmemiş örneklerin alınması gereklidir. Bu örneklemelerle zeminin birim hacim ağırlığı, kohezyonu, içsel sürtünme açısı, serbest basıncı dayanımı ile konsolidasyon ve şişme parametreleri belirlenir. Örselenmemiş örnek alınımının hassas bir iş olması ve özen istemesi piyasa uygulamalarında çoğu kez önemsenmemesine neden olmaktadır. Bu yüzden araştırma sondajlarından alınan örnekler sera toprağı analizi yapılır gibi sadece bir poşet içine konularak ilgili laboratuvarlara teslim edilmektedir. Laboratuvarlardan çıkan fiziksel ve mekanik bütün deney sonuçlarının bu

örselenmiş numuneler üzerinde gerçekleştirildikleri görülmektedir. Oysa birim hacim ağırlığı parametresi de dahil olmak üzere mekanik parametrelerinin tamamının örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar ile belirlenmesi ve hesaplamalarda doğrudan bu deney verilerinin kullanılması gerekmektedir (Şekil 5).



Şekil 4. Sondajlı zemin araştırması ile bilgi alınmayacak bir yamaç molozu istifi ve aynı birim içinde temel seviyesinde yapılan plaka yükleme deneyinden görünüm.



Şekil 5. Araziden sadece poşetlenerek laboratuara getirilmiş örselenmiş örnekler (solda) ve UD tüpü ile alınarak sarılıp laboratuara getirilmiş örselenmemiş örnekler (ortada) ve bu örnekler kullanılarak yapılan drenajsız kayma direnci testi (sağda).

Zemin etütleri ile ilgili kalite probleminin bir diğer nedeni laboratuvar sonuçlarının hatalı olmasından kaynaklanmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yetkisindeki zemin ve kaya mekaniği deney laboratuvarları, eksik eleman gücü, fazla iş yükü ve düşük fiyat politikası nedeniyle iş yapmaktan öte sadece hayali deney raporları hazırlar hale getirilmişlerdir. Bahsedilen durum, yazar tarafından bizzat yapılan deneysel çalışma sonuçları ile de doğrulanmış ve gerçek koşullarda yapılan test sonuçları ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı onaylı laboratuvarlarda yaptırılan deney sonuçları arasında büyük sayısal değer farklılıklarının olduğu belirlenmiştir. Laboratuvar çalışmaları ile ilgili konunun detayı bu çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

4.8. Zemin Etüt Raporlarının Gereksiz Konu Başlıkları ve Bilgiler İle Şişirilmiş Hale Getirilmeleri.

Ülkemizde yapılan bütün jeolojik ve jeoteknik etüt çalışmaları ilgili bakanlık ve meslek odaları tarafından standartlaştırılmış rapor formatları şeklinde bir üst kullanıcıya sunulmaktadır. Ancak, daha önce de tanımladığımız haliyle bir zemin etüt çalışması projeciye yapı tasarımı için ihtiyaç duyacağı zemin parametrelerinin sağlanması ve yerel zemin koşullarının tanımlanması amacını taşımaktadır. Bu açıdan ele alındığında projecinin etüt rapor formatında belirtilen başlık numaraları ile verilmiş konu başlıkları ile çoğu kez hiç ilgilenmediği görülmektedir. Bunlar;

- 1.2.1. Jeomorfolojik ve Çevresel Bilgiler
- 1.2.3. İmar Planı Durumu
- 1.2.4. Önceki Zemin Çalışmaları

1.3 JEOLOJİ

1.3.1. Genel Jeoloji

4.2.10. Doğal Afet Risklerinin Değerlendirilmesi

konu başlıkları halinde sunulan bilgilerden oluşmakta ve raporun yaklaşık 1/3'ünü kapsamaktadır. Bunun yanında her raporda mutlaka olması gereken;

4.2.3. Zemin Profilinin Yorumlanması

4.2.4. Sıvılaşma ve Yanal Yayılma Analizi ve Değerlendirilmesi

4.2.5. Oturma-Şişme ve Göçme Potansiyelinin Değerlendirilmesi

4.2.7. Temel Zemini Olarak Seçilen Birimlerin Değerlendirilmesi

4.2.8. Şev Duraylılığı Analizi ve Değerlendirmesi

4.2.9. Kazı Güvenliği ve Gerekli Önlemlerin Alternatifli Olarak Değerlendirilmesi

başlıklı bölümlerin ise yüzeysel bilgilerden, kaynaksız tablo ve grafikler ile birkaç paragraflık cümlelerden oluştuğu görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma 1999 depremi sonrası özellikle 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde yapılması zorunlu hale gelmiş olan zemin etüt çalışmalarının mühendisler ve mühendislik adına geldiği son noktanın kısmen de olsa ve veriyeye dayalı olarak ortaya konulmasını amaçlamıştır. Yerbilim çalışmalarının bütünü belirli bir emek, zaman ve para harcanarak gerçekleştirilmektedir. Bunlardan biri veya birkaçının yetersiz olması yapılan çalışmaların kalite açısından sorgulanır hale gelmesini sağlamaktadır. 1999 depremi, ülkemizde geçmişte yapılan yapı tasarımlarının ve tasarımların uygunluğunun sağlanmasının yapıldığı acı bir gerçek olarak ortaya çıkmıştır. Benzer sağlamaların ne zaman ve nerede yeniden yapılacağı bilinmemektedir. Ancak bilinen odur ki, işi yapan mühendis her koşulda yaptığından sorumlu olacak teknik güce ve güvenilirliğe sahip olmalıdır.

Arazi uygulamalarında sıkça yapılan standart penetrasyon testi ile ilgili enerji ve örtü yükü düzeltmelerinin yapılması ve taşıma gücü hesaplamalarının düzeltilmiş olan değerlere göre yapılması gerekmektedir. Teorik taşıma gücü hesaplamalarında kullanılan güvenlik katsayısı değeri 2,5 – 3,0 gibi dar bir aralık için tanımlanmalıdır. Laboratuvar deneylerinin güvenli bir şekilde yapılabilmesi ancak doğru yerde ve uygun örneklemelerin yapılması ile mümkün olabilmektedir. Bu yüzden UD ile örselenmemiş örnek alımı konusunda ciddi çaba sarfedilmelidir.

Yapılan zemin etüt çalışmalarının bütünü için arazi deney ekipmanlarının standartlara uygunluğu denetlenmemektedir. Bu durum, yapılan çalışmaların kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Etüt çalışması maliyetlerinin hiçe sayılarak yapılan kırım politikaları ancak iş kalitesinden ödün verilmesini sağlamaktadır. Bu yüzden çalışmanın amaca uygun bir şekilde yapılması doğru fiyat politikalarının da oluşturulması açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Akdeniz, E., Mutlu, S., Güney, Y., Özdemir, V. 2012. Zemin Etüt Raporlarının Esaslara Uygunluğunun Değerlendirilmesi: Eskişehir Örneği. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt 8, No.2, 26-37.
- ASTM D 1586-99. 1999. Standard Test Method for Penetration Test and Split –Barrel Sampling Soils. ASTM Publication. P 5.
- Bowles, J.E., 1988. Foundation Analysis and Design, McGraw-Hill Publication, 1004 s.
- Burland, J.B., Burbidge, M.C. 1985. Settlement of foundations on sand and gravel. Proceedings, Institution of Civil Engineers, 78(1): 1325-1381.
- Çobanoğlu, İ., Çelik, S.B. 2008. Standart Penetrasyon Testinde (SPT) Uygulama Kaynaklı Hataların Zemin Araştırma Sonuçlarına Etkisi, *DSi Teknik Bülten*, 103, 31 – 39, Ankara.
- Craig, R. F. 1994. Soil Mechanics, Fifth Ed., GB. Chapman and Hall Press.
- Dikmen, S.Ü., Özek, S. 2011. Deprem Bölgelerinde Zemin Sınıfının Sanayi Yapılarının Maliyetine Etkisi. *İMO Teknik Dergi*, Yazı 357, 5543-5558.
- Hansen, B. 1961. A General Formula for Bearing Capacity. Dan. Tech. Inst. Bull No. 11, Denmark.

- Hvorslev, M.J. 1949. Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Geotechnical_investigation (erişim tarihi: 08.02.2015)
- Meyerhof, G.G. 1956. Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesionless Soils, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol.82, No. SM1, pp. 1-19.
- Meyerhof, G.G. 1965. Shallow Foundations, JSM FD ASCE Vol 91, 21-31.
- Parry, R.H.G., 1977. Estimating Bearing Capacity in Sand from SPT Values, Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 103(9), 1014-1019.
- Schroeder, W.L., Dickenson, S.E. 1996. Soils in Construction, Prentice Hall Publication, 4th edition.
- Skempton, A.W. 1951. The Bearing Capacity of Clays. Proc. Build. Res. Congr. London, pp 180 – 189.
- Skempton, A.W. 1986. Standard Penetration Test Procedures and the effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and Overconsolidation. *Geotechnique*, 36, 3, 425-447.
- Terzaghi, K. 1943. Theoretical Soil Mechanics Practice, John Wiley Publication, NewYork.
- Terzaghi, K., Peck, R.B. 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons Publication, 729 s., NewYork.
- Tomlinson, M.J. 1998. Foundation Design and Construction, 6th edition, Longman Publication
- Ulusay, R. 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, 4. Baskı, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları No.38.
- Uzuner, B.A. 2007. Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği. Derya Kitabevi Yayını, 560 s.