

Standard Penetrasyon Testi (SPT) ile Saruhanlı (Manisa) İlçesi Zeminlerinin Sıvılaşma Potansiyelinin Araştırılması

Mehmet Orhan^a, Ali Ateş^b

^aGazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Geoteknik Anabilim Dalı, Beşevler-Ankara

^bŞehit Osman AVCI Mah. 43. Sok. No:67/8 Eryaman-Ankara
e-posta: orhanm@gazi.edu.tr, atesimatesim@yahoo.com.tr

Geliş Tarihi: 14 Mayıs 2011; Kabul Tarihi: 31 Temmuz 2011

Özet

Bu çalışma, Manisa/Saruhanlı ilçesinde olası bir deprem etkisinde, yerleşim alanı içerisindeki alüvyal zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin, arazi (SPT) verileri kullanılarak belirlenmesini içermektedir. Bu amaçla 26 noktada yapılan SPT verileri kullanılmıştır. İlçenin yaklaşık 33 km güneyinde ve 150 km uzunluğundaki "Gediz Grabeni Fay Zonu", bölgeyi etkileyebileceği ve en büyük ivmeyi yaratabileceği varsayılarak, araştırmaya esas alınmıştır. Toplam 150 km uzunluğundaki bu fay zonunun, olası bir depremde 1/3'nün kırılması tahmin edilerek, moment magnitudü 7,1 ve normal atımlı faylar ve Türkiye için geliştirilen deprem atenasyon eşitliği kullanılarak 0,28g büyüklüğünde yatay deprem ivmesi oluşabileceği hesaplanmış ve SPT verileri kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre çalışma sahasını temsilen, 2 bölgede yüksek, 1 bölgede düşük, bir bölgede ise çok düşük dereceli sıvılaşma riski olasılıkları belirlenmiş ve buna göre sıvılaşma risk haritası ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: SPT, sıvılaşma risk haritası, Saruhanlı

Investigation of the Liquefaction Potential of Soils of Saruhanlı (Manisa) Using Standart Penetration Test (SPT)

Abstract

This study includes the determination of the liquefaction potential developed for the residential area covered by alluvial deposits using SPT data (Standard Penetration Test) under the effect of the probable earthquake in Saruhanlı/Manisa region. For this reason, a total of 26 data were evaluated. It was predicated that Gediz Graben Fault Zone which was a length of 150 km and approximately passes through in a distance of 33 km in the south of Saruhanlı District assuming that it could affect the region and create the biggest peak horizontal acceleration due to earthquake. In a probable earthquake effect, considering that Gediz Graben would be cracked 1/3 of the total length (150 km) and it would produce an earthquake of moment magnitude as $M_w=7,1$. Using attenuation relationships, developed for Turkey, a peak ground acceleration of 0.28g was calculated for the study site. According to the these results, the liquefaction analysis was performed using the SPT data and two locations were determined as liquefiable and one location may be less liquefiable, one location is the least liquefiable. The liquefaction hazard map was executed according to these results.

Keywords: Standard penetration test, Saruhanlı, liquefaction hazard map

1. Giriş

Depremler esnasında suya doygun zemin tabakalarında çevrimli yüklemeler altında oluşan boşluk suyu basıncı artışları zeminde katı fazdan sıvı faza dönüşme olarak nitelendirilebilecek

sıvılaşma olayının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Zeminlerin sıvılaşabilirliği tane boyutu ve dağılımı yanında, jeolojik yaşı ve çökme koşulları, başlangıç sıklık derecesine bağlı hacim değişim potansiyeli ve su geçirgenliği gibi

özellikleri yanında depremin büyüklüğü, süresi uzaklığı gibi sismik faktörlere bağlıdır (Özaydın, 2007). Zemindeki yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olmasıyla birlikte zeminin gevşek durumda olması, zeminin sıvılaşması için etkili olan koşullardandır. Sıvılaşma olayı, pek çok depremde gelişmesine karşın ülkemizde, 1992 Erzincan depremiyle dikkate alınmaya başlanmış, 1999 Marmara depreminde meydana gelen sıvılaşma olayları ile bu olgunun önemi tüm kesimlerin ilgisini çekerek önem kazanmıştır.

Bu çalışmada, Manisa/Saruhanlı ilçesinin imar planlaması kapsamında, İller Bankası tarafından gerçekleştirilen jeolojik-Geoteknik etüt çalışmaları kapsamında elde edilen SPT verileri kullanılarak, bölgede yapılması planlanan yapıların oturtulacağı temellerin alüvyal zeminlerinde, sıvılaşma riski ve yerleşime uygunluk durumu değerlendirilmiştir. Bu amaçla, bölgenin jeolojisinden, depremselliğinden, olası deprem odaklarının uzaklığı ile oluşturacakları yer ivmesi ilişkilerinden, zemine ait granülometri

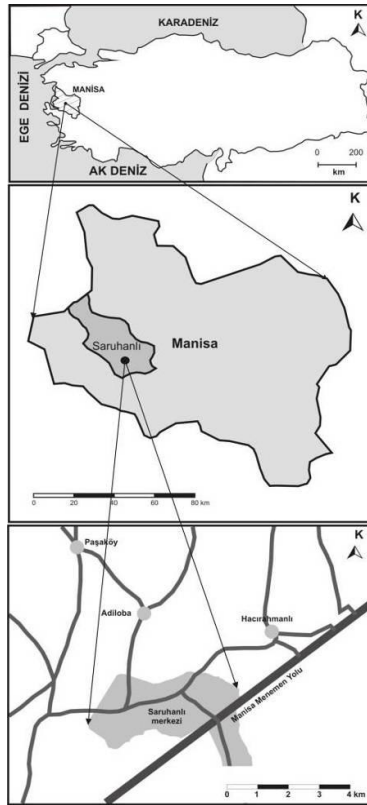
değerlerinden ve SPT verilerinden yararlanılarak sıvılaşma analizleri yapılmış ve Iwasaki vd. (1982)'nin ölçütleri temel alınarak sıvılaşma haritası hazırlanmıştır.

2. Materyal ve metot

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma alanının tanımlanması

Saruhanlı İlçesi Manisa-Balıkesir karayolu üzerinde, Manisa il sınırları içindedir (Şekil 1). Çalışma sahasının sınırlarını gösteren bir uydu görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir. İlçe Manisa'nın kuzeyinde, il merkezine 19 km mesafededir. Yerleşim alanı ve çevre morfolojisi düz alanlardan meydana gelmektedir. İlçenin içinden geçen Kara Çay Deresi kısmen ıslah edilerek T11 tahliye kanalı olarak kullanılmaktadır. Gediz Nehri ise çalışma sahasının güney sınırından geçmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

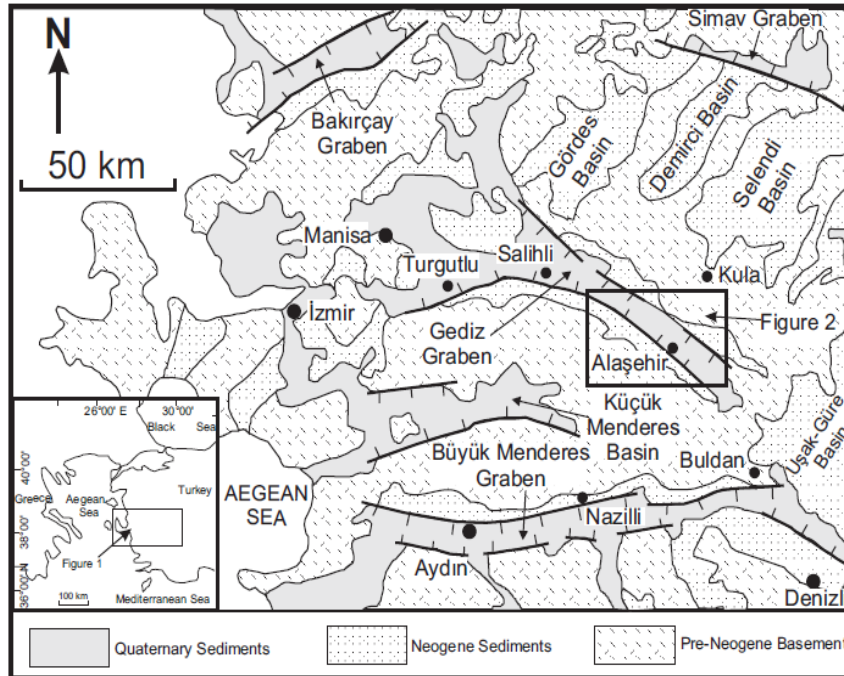


Şekil 2. Çalışma sahasının sınırlarını gösteren bir uydü görüntüsü.

2.1.2. Bölgenin jeolojisi

Türkiye'nin batısında Gediz grabeni en belirgin ve gelişmiş graben havzasına sahiptir (Çiftçi ve Bozkurt, 2008) Gediz grabeni bölgesinde yer alan kaya birimleri temel Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı kırıntılı, karbonatlı sedimentler kayalar ile filiş ve içerisindeki ofiyolitik ve mafik volkaniklerden oluşmaktadır. Neojen ise; volkanik, sedimentler ve plütonik kaya türleri ile temsil edilmektedir (Şekil

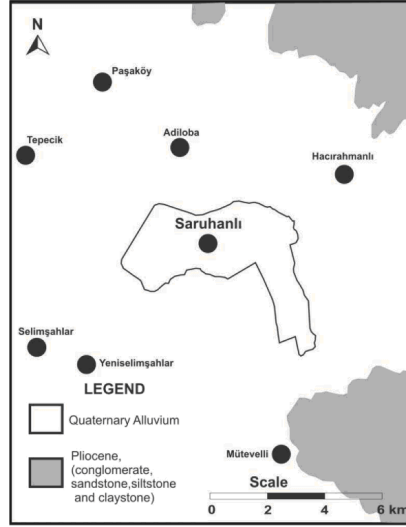
3). Menderes masifine ait olan metamorfik kayalar Neojen öncesi taban formasyonu ve horst bloklarının üzerinde yer alan 2000 metre yüksekliğe kadar uzanan formasyonlardan oluşmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2008). Graben dolgusu Neojen öncesi metamorfik kayaların üzerinde yer almaktadır. Gediz grabeni dolgusu ise parçalanabilir kıtasal göl ve nehir çökelleri orijinal miosenlerden oluşmaktadır (Çiftçi ve Bozkurt, 2008).



Şekil 3. Saruhanlı ve çevresi Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin jeolojisi ve tektoniği (Bozkurt, 2000).

Saruhanlı ve çevresinde pliosen detritik (Tpd: Detritik çakıltaşı, kumtaşı, siltaşı, kıltaşı)

birimleri (pliosen flüviyal ve pliyosen gölsel) hakimdir (Şekil 4).

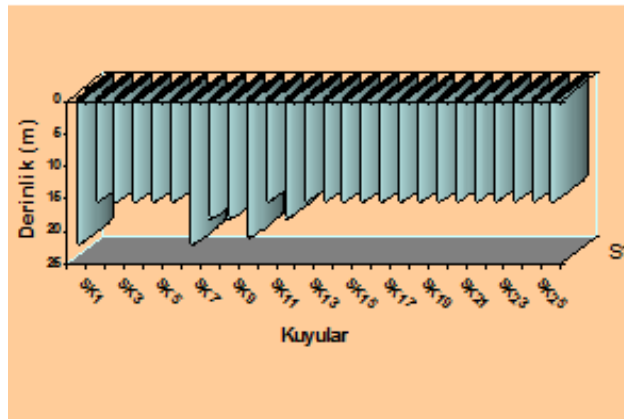


Şekil 4. Saruhanlı ve çevresi bölgesel jeoloji haritası (Metli vd., 2001).

Saruhanlı ilçesinin 85 km güneyinde yapılan Sondaj ve sismik kırılma çalışmaları metamorfik taban kayaları derinliğinin yaklaşık 1750 m olduğunu göstermiştir. Gediz grabeni sınırlarına doğru yaklaştıkça bu oluşumun sığ olduğu gözlenmiştir. Çökel dolgusu kalınlıklarına gelince Gediz grabeni kuzeyinde, güneyine oranla daha ince olduğu keşfedilmiştir. Jeomorfolojiyi de kontrol eden bu faylar graben sisteminde Erken Miyosen–Pliyosen döneminde oluşmuştur. Topoğrafik özellikler ve eğimli Neojen çökel katmanları bu fayların Neojen’den sonra aktif olduğunu gösterir (Sarı, 2003).

2.1.4. Arazi verileri

Çalışmada, geleneksel sıvılaştırma potansiyeli hesaplamalarının yapılması için, arazide yerinde yapılan SPT (Standard Penetrasyon Test) verileri kullanılmıştır. Bu veriler, İller Bankası tarafından hazırlanan “Saruhanlı (Manisa) Belediyesi Jeoteknik Etüt Gerektiren Alanların (Jega) İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu” nun hazırlanmasında yapılan çalışmalardan elde edilen SPT deney sonuçlarıdır (Bulut vd., 2006). Çalışma alanında jeoteknik etüt amaçlı derinlikleri 15,45 ila 22,00 m arasında olan 26 adet toplam 428 m sondaj yapılmış (Şekil 5) olup logları aşağıda verilmiştir. Sondajlar TS-1901’e göre yapılmış olup Boart Long-year marka rotary sondaj makinası kullanılmıştır (Şekil 6).



Şekil 5. Jeoteknik sondaj kuyuları ve derinlikleri.



Şekil 6. Boart Long-year sondaj makinasından görünüm.

Sondaj ilerlemesi 3 ^{5/8}" elmas matkapla yapılmıştır (Şekil 7). Sondaj çalışmaları sırasında kullanılan diğer ekipmanlar (tijler, sampler ve

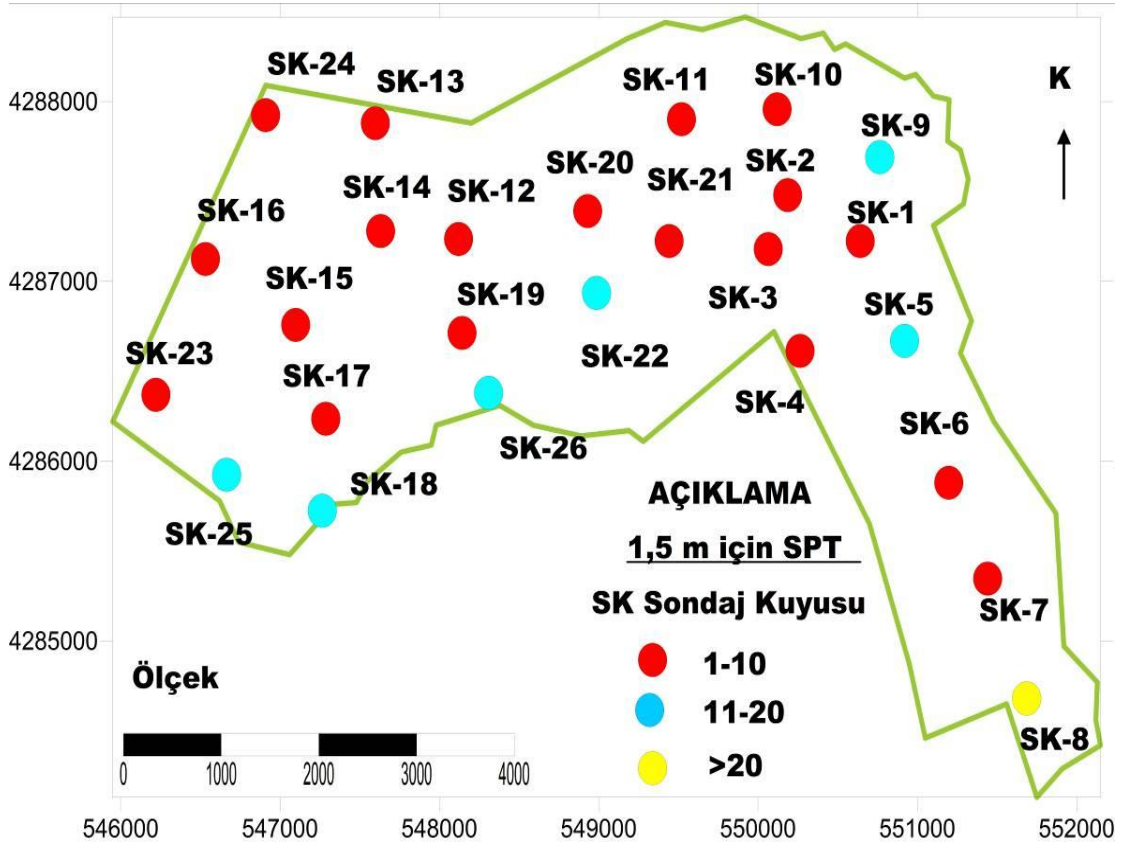
shelby tüpü) aşağıda görülmektedir (Şekil 8). SPT-N değerlerinin Saruhanlı zeminlerindeki dağılımı şekil 9.a, b, c, d' de verilmiştir.



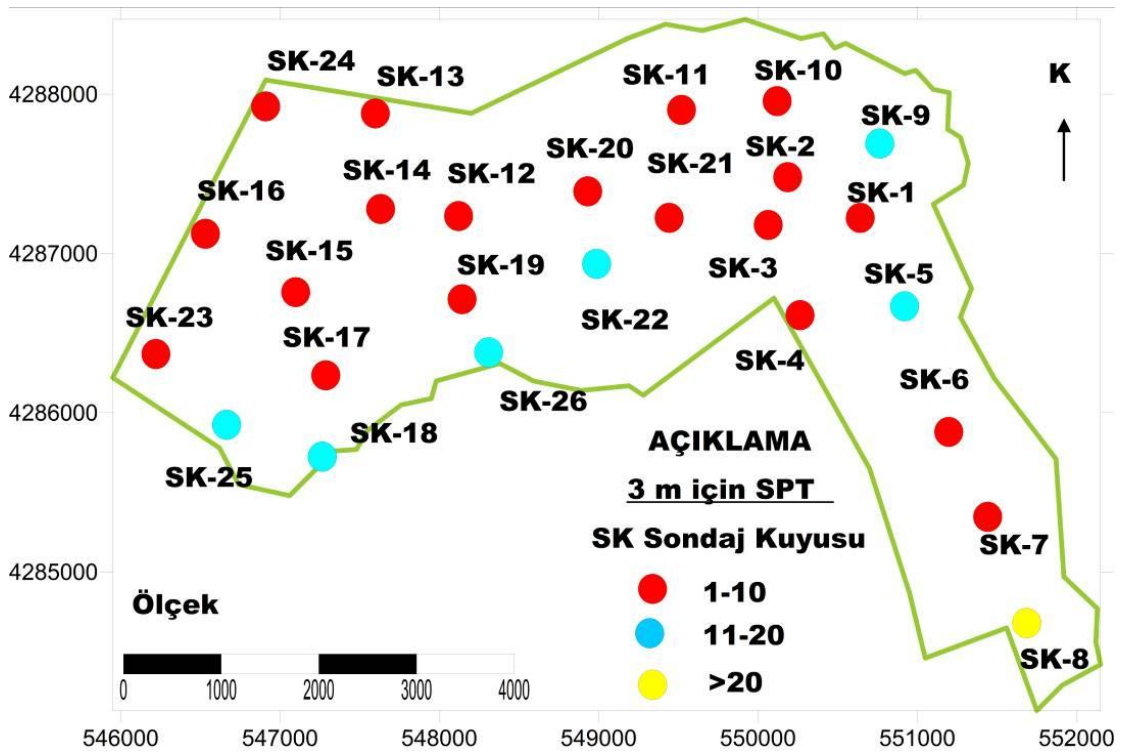
Şekil 7. 3 ^{5/8}" Matkaptan bir görünüm.



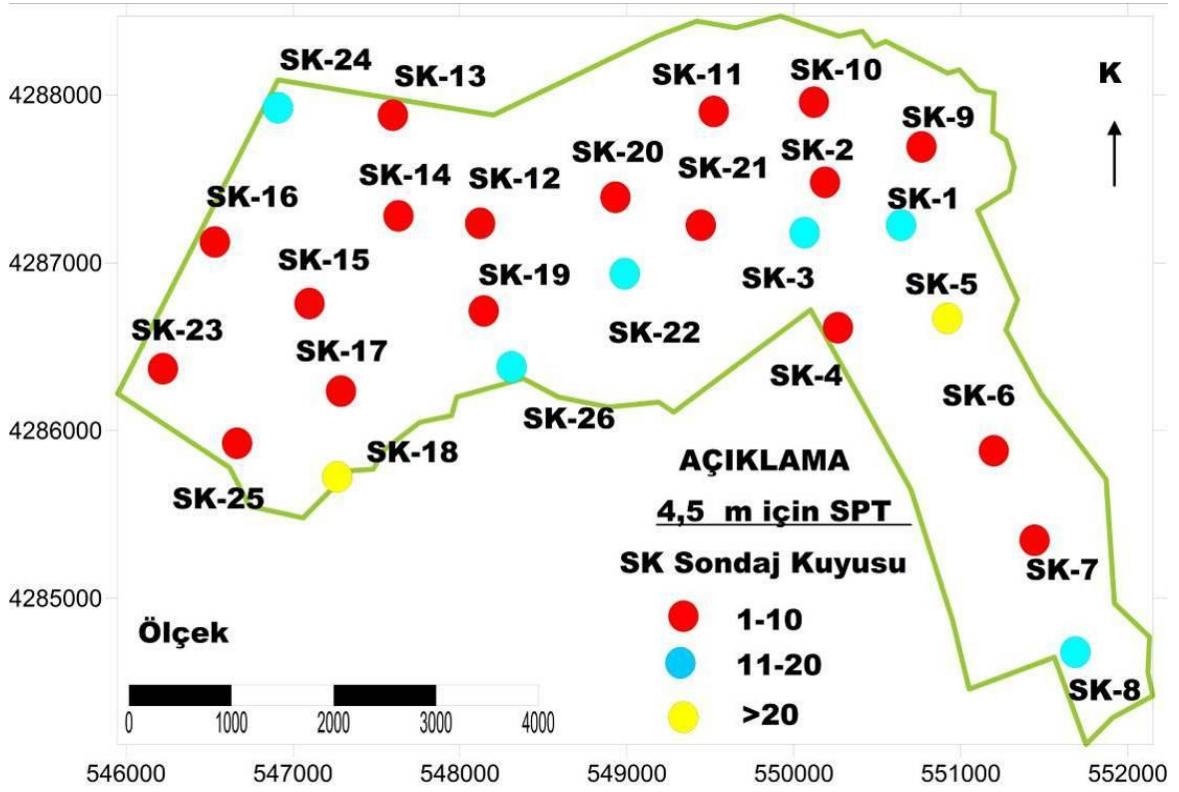
Şekil 8. Sondajda kullanılan ekipmanlar.



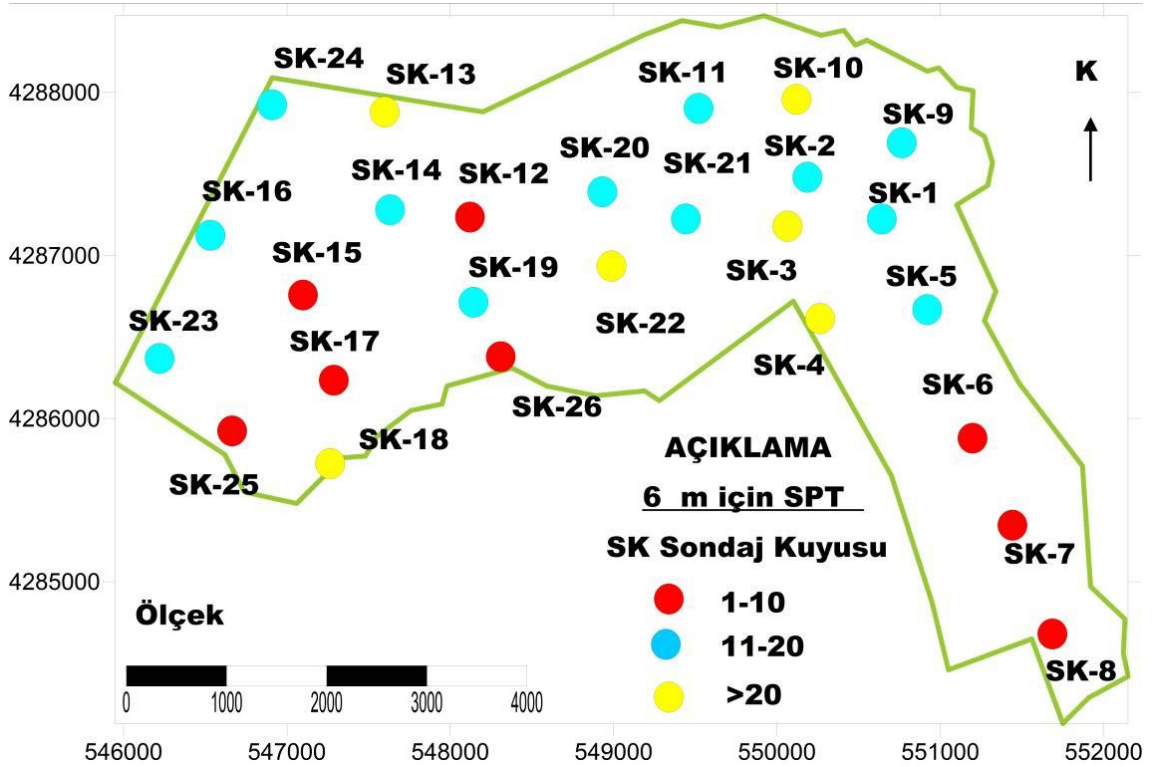
Şekil 9.a. Çalışma alanındaki jeoteknik sondaj lokasyonlarının dağılımı ve 1.50 m' de SPT değerleri.



Şekil 9.b. Çalışma alanındaki jeoteknik sondaj lokasyonlarının dağılımı ve 3 m' de SPT değerleri.



Şekil 9.c. Çalışma alanındaki jeoteknik sondaj lokasyonlarının dağılımı ve 4.50 m' de SPT değerleri.



Şekil 9.d. Çalışma alanındaki jeoteknik sondaj lokasyonlarının dağılımı ve 6 m' de SPT değerleri.

2.1.5. Yer altı suyu durumu

Sıvılaşma potansiyeli olan bölgeleri belirlemede, dikkat edilmesi gereken önemli parametrelerden birisi de, yer altı suyunun yüzeyden itibaren derinliğidir. Çalışma alanında yer altı suyu, durumuna gelince, yeraltı suyu yaz ve kış aylarında mevsimsel olarak değişmektedir. Açılan gözlem çukurlarından anlaşıldığına göre yaz aylarında 4 ila 4,5m, kış aylarında ise, 2 ila 2,5 m aralığında değiştiği gözlenmiştir.

2.1.6. Deneyde kullanılan yazılımlar

Bu çalışmada, Arazi verilerinin sıvılaşma potansiyel hesaplamalarında, Liq IT V.4.7.3 (2006) yazılımı kullanılmıştır.

2.2. Metod

İller bankası tarafından hazırlanan rapordan alınan SPT verileri esas alınarak, Seed ve Idriss (1971) sıvılaşma analiz yöntemine göre, LiqIT V. 4.7.3 (2006) Geologismiki yazılımı kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre, imara açılacak yapılaşma bölgesinde, sıvılaşma potansiyeli “yüksek”, “düşük” ve “çok düşük” özellikli bölgeler belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre imara açılacak bölgenin sıvılaşmaya bağlı oluşan risk alanları ortaya konulmuştur.

2.2.1. Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesindeki kriterler

Çalışmada, SPT verileri ile Seed ve Idriss (1971) sıvılaşma analiz yöntemine göre LiqIT v. 4.7.3 (2006) Geologismiki yazılımı kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarını esas alarak zeminlerin sıvılaşma dirençlerinin belirlenmesi, iki değişkenin hesaplanması veya tahmin edilmesini gerektirmektedir, bunlar;

- Zemin tabakasındaki sismik talebi ifade eden devirsel gerilme oranı (DGO),

- Zeminin sıvılaşmaya karşı direncini gösteren devirsel direnç oranı (DDO).

Depremi gücünü karakterize eden DGO'nun, zeminin direncini karakterize eden DDO'a oranı ise o zeminin sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısını vermektedir (Eş. 1).

$$GK = \frac{DDO}{DGO} \quad (1)$$

Güvenlik faktörünün 1'den küçük olması o bölgenin sıvılaşma riski taşıdığını, güvenlik faktörünün 1'den büyük olması ise o bölgenin sıvılaşma riski taşımadığını göstermektedir.

2.2.1.1. Seed ve Idriss (1971) Tarafından geliştirilen “basitleştirilmiş” yöntemle göre devirsel gerilme oranının (DGO) bulunması

Bu yöntemle göre deprem esnasında zemin tabakasında oluşacak devirsel gerilme oranı aşağıda verilen Eş.2'den hesaplanabilmektedir (Seed ve Idriss, 1971).

$$DGO = 0,65 \left\{ \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} \right\} = 0,65 \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) r_d \quad (2)$$

Burada; (a_{max}) deprem tarafından oluşturulan ve yüzeyde etkiyen en büyük yatay yer ivmesini, (σ_{vo}) toplam düşey gerilmeyi (kN/m^2), (σ'_{vo}) efektif düşey gerilmeyi (kN/m^2), (g) yerçekimi ivmesini (m/s^2), (τ_{ave}) ortalama devirsel gerilme dayanımını (kN/m^2), (r_d) gerilme azaltma katsayısını ifade etmektedir.

Efektif Gerilme azaltma katsayısı, Liao ve Whitman (1986)'a göre aşağıdaki şekilde belirlenebilir;

$$rd = 1 - 0,00765z, \quad z \leq 9,15m \quad (3a)$$

$$rd = 1,174 - 0,0267z, \quad 9,15m < z \leq 23m \quad (3b)$$

Burada; (z) metre cinsinden derinliktir.

2.2.1.2. Youd vd. (2001)'e göre devirsel direnç oranının (DDO) bulunması

Bu yöntemde standard penetrasyon test (SPT) verileri ile sıvılaşma direncinin belirlenmesinde Youd vd. (2001) aşağıda verilen eşitliği (Eş. 4) önermiştir;

$$DDO_{7,5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10(N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200} \quad (4)$$

Burada, Sıvılaşma analizinde kullanılan düzeltilmiş SPT-N değerleri $(N_1)_{60}$ Seed vd. (1985), Youd vd. (2001) tarafından bazı kısımları modifiye edilerek ince tane oranının sıvılaşma direncine etkisini de göz önünde bulundurarak aşağıdaki şekilde ifade etmiştir (Eş. 5).

$$(N_1)_{60k} = \alpha + \beta(N_1)_{60} \quad (5)$$

Burada, α , β ince tane oranı düzeltme katsayılarıdır ve aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir.

$$\alpha = 0 \quad ; \quad \dot{I}TO \leq \%5 \quad (6)$$

$$\alpha = \exp\left[1.76 - \left(\frac{190}{\dot{I}TO^2}\right)\right] \quad ; \%5 < \dot{I}TO < \%35 \quad (7)$$

$$\alpha = 5.0 \quad ; \quad \dot{I}TO \geq \%35 \quad (8)$$

$$\beta = 1.0 \quad ; \quad \dot{I}TO \leq \%5 \quad (9)$$

$$\beta = \left[0.99 + \left(\frac{\dot{I}TO^{1.5}}{1000}\right)\right] \quad ; \%5 < \dot{I}TO < \%35 \quad (10)$$

$$\beta = 1.2 \quad ; \quad \dot{I}TO \geq \%35 \quad (11)$$

3. Arazi ve laboratuvar çalışmalarının değerlendirilmesi

3.1. Deprem tasarım parametrelerinin hesaplanması

İnceleme sahasının yaklaşık 33 km güneyinden Gediz Grabeni fay zonu, 100 km güneyinden Büyük Menderes fay zonu ve 39 km kuzeybatısından Bergama fay zonu geçmektedir (Şekil 10). Burada en yüksek ivme yaratabilecek fay zonu, ilçenin 33 km güneyinden geçen Gediz Grabeni fay zonu olduğu tespit edilmiştir. Deprem tasarım parametrelerinin bulunması için, çalışma alanını çevreleyen 100 km yarıçapında bir daire çizilerek, daire içinde kalan ve çalışma alanını etkileyebileceği düşünülen aktif sismik kaynaklara dik çizilerek bu sismik kaynakların çalışma sahasına en kısa mesafeleri kilometre (km) cinsinden ölçülmüştür (Şekil 10). Çalışma sahasında en yüksek ivme yaratabilecek olan Gediz Grabeni fay zonu, Mark (1977) yaklaşımına göre olası bir depremde 1/3'nün kırılabilceği yaklaşımıyla, olası tasarım depreminin moment büyüklüğü, Wells ve Coopersmith (1994)'in eşitliği kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$M = 4,86 + 1,32 \log L \quad (12)$$

Burada; M: Moment büyüklüğü, L: Fay uzunluğu (km).

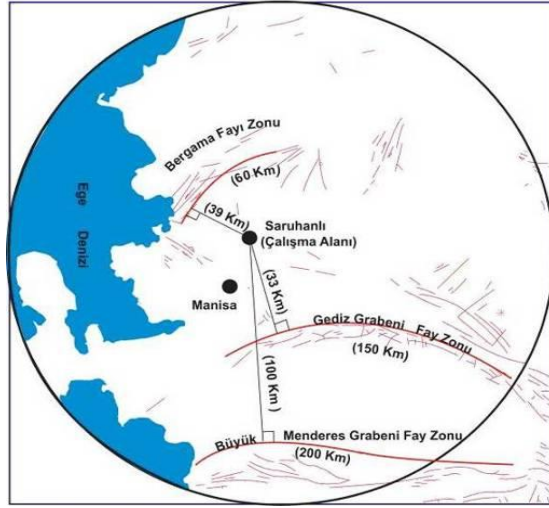
Bu yaklaşıma göre Fay uzunluğunun, 1/3'nün kırılması durumunda, "Moment Büyüklüğü" 7,1 olarak hesaplanmıştır.

Yatay deprem ivmesi ise Türkiye'deki depremleri esas alan ve normal atımlı faylar için geliştirilen deprem atenasyon ilişkisi kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Ulusay vd., 2004).

$$PGA = 2,18e^{0,0218(33,3M_w - R_e + 7,8427S_A + 18,9282S_B)} \quad (13)$$

Burada; yumuşak zeminler için $S_A=0$, $S_B=1$ alınır, R_e yerleşim alanından ilgili fay zonuna en yakın dikey mesafedir, M_w Deprem büyüklüğüdür. Buna göre, tasarım depreminin meydana

getirebileceği “Yatay deprem ivmesi” yumuşak zeminler için 0,28g olarak hesaplanmıştır.



Şekil 10. Çalışma sahasına 100 km çap içinde bulunan sismik kaynakların belirlenmesi.

3.2. Sıvılaşma potansiyeli indeksinin belirlenmesi ve sıvılaşma haritasının hazırlanması

Güvenlik faktörü, geniş alanlar için göreceli bir değerlendirme yapılmasına ve sıvılaşma potansiyeli açısından sıvılaşma haritalarının hazırlanmasına doğrudan imkân vermemektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak, Iwasaki vd. (1982) tarafından güvenlik faktörünü de içerecek şekilde “sıvılaşma potansiyeli indeksi” adı verilen bir parametre önerilmiştir. Iwasaki vd. (1982) sıvılaşma indeksinin hesaplanması için aşağıdaki eşitlikleri (Eş. 14 ve Eş. 15a-Eş. 15d) önermiştir.

$$FL < 1,0 \text{ için; } F(z) = 1 - FL \quad (15a)$$

$$FL \geq 1,0 \text{ için; } F(z) = 0 \quad (15b)$$

$$z < 20 \text{ için; } W(z) = 10 - 0,5z \quad (15c)$$

$$z > 20 \text{ için; } W(z) = 0 \quad (15d)$$

Burada; (LI) sıvılaşma indeksi, (z) yüzeyden zemin tabakasının orta noktasına olan derinlik (m), (FL) sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörüdür.

Zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin derecelendirilmesinde Iwasaki vd. (1982)'e göre hesaplanan sıvılaşma indeksleri Çizelge 1'deki gibi sınıflandırılabilir.

$$LI = \int_0^{20} F(z)W(z)dz \quad (14)$$

Çizelge 1. Sıvılaşma potansiyeli indeksine (LI) göre sıvılaşma risk dereceleri (Iwasaki vd. (1982)).

Sıvılaşma indeksi (LI)	Sıvılaşma potansiyeli
0	Çok az
0 < LI < 5	Az
5 < LI < 15	Yüksek
15 > LI	Çok yüksek

Sıvılaşma analiz sonuçlarına göre elde edilen güvenlik katsayıları, Iwasaki vd. (1982)

yöntemine göre Eşitlik 13 kullanılarak sıvılaşma indeksleri bulunmuş ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Bundan sonra bu çizelgedeki indeksler yukarıda verilen (Çizelge 1) sınır değerleri ile karşılaştırılarak ilgili lokasyonlar sınıvlaşma derecelerine göre gruplandırılarak Çizelge 3'de verilmiştir. Bu aşamadan sonra Çizelge 2 ve Çizelge 3'de verilen değerlere göre sınıvlaşma haritası hazırlanmıştır (Şekil 11).

Sonuç olarak; deprem magnitud büyüklüğü 7,1

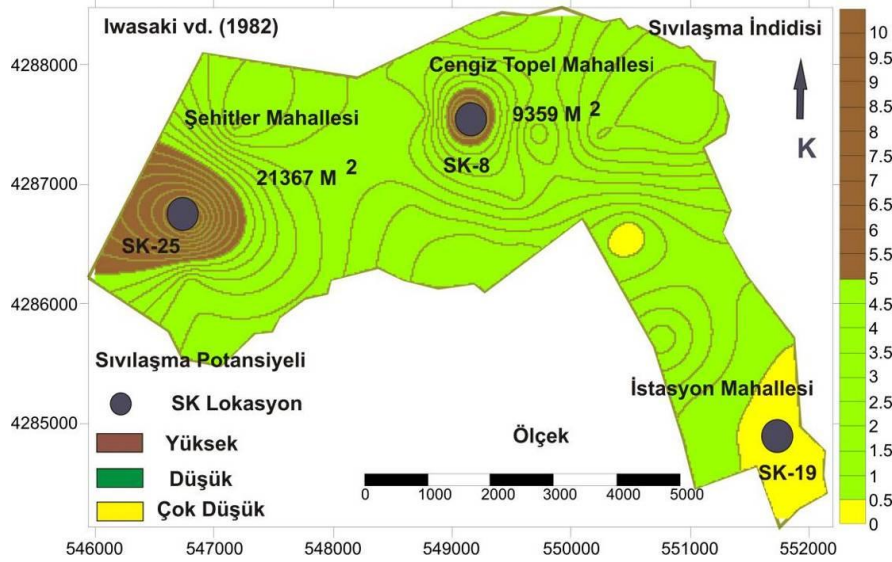
ve yatay deprem ivmesinin 0,28 g şartlarında bir depremin olması durumunda, Çizelge 2, 3 ve aşağıdaki haritaya (Şekil 11) bakıldığında 8 ve 25 nolu lokasyonların yüksek düzeyde ve 19 nolu lokasyon ise, çok düşük düzeyde sınıvlaşma riski taşıyan bölgeleri temsil ettiği görülmektedir.

Çizelge 2. Çalışma alanı için hesaplanan sınıvlaşma indeksleri.

SPT No	Yeraltı su seviyesi (m)	SPT koordinatlar		Seed ve Idriss (1971) Sınıvlaşma indeksi (LI)	Sonuç
		X	Y		
1	3,3	549240	4288270	1,87	Az
2	2,2	548480	4287920	2,69	Az
3	3,3	549820	4288260	2,39	Az
4	3,3	550070	4288260	3,16	Az
5	3,4	550230	4287400	4,56	Az
6	2,8	549710	4287430	1,59	Az
7	2,8	549540	4286900	3,18	Az
8	1,7	549120	4287570	5,11	Yüksek
9	3,3	548280	4287170	2,29	Az
10	3,25	548740	4287590	2,11	Az
11	1,8	548670	4286790	1,49	Az
12	2,45	551000	4287430	4,12	Az
13	2,45	551160	4287010	2,53	Az
14	5,2	550770	4285710	2,91	Az
15	5,2	551570	4286000	0,66	Az
16	3,3	550490	4286600	0,02	Az
17	4	551070	4285130	0,74	Az
18	4	551290	4284680	0,58	Az
19	4	551800	4285230	0,04	Çok Az
20	4,4	551770	4284320	0,41	Az
21	3,3	549590	4286460	0,83	Az
22	2,8	549150	4286500	0,62	Az
23	2,3	547840	4286270	2,6	Az
24	2	546800	4286190	2,72	Az
25	3,8	546810	4286700	7,01	Yüksek
26	1,3	547170	4287470	0,92	Az

Çizelge 3. Lokasyonların sıvılaşma derecelerine göre gruplandırılması (Iwasaki vd., 1982).

SPT No.	Çok Yüksek	Yüksek	Az	Çok Az
1	Yok	Yok	Var	Yok
2	Yok	Yok	Var	Yok
3	Yok	Yok	Var	Yok
4	Yok	Yok	Var	Yok
5	Yok	Yok	Var	Yok
6	Yok	Yok	Var	Yok
7	Yok	Yok	Var	Yok
8	Yok	Var	Var	Yok
9	Yok	Yok	Var	Yok
10	Yok	Yok	Var	Yok
11	Yok	Yok	Var	Yok
12	Yok	Yok	Var	Yok
13	Yok	Yok	Var	Yok
14	Yok	Yok	Var	Yok
15	Yok	Yok	Var	Yok
16	Yok	Yok	Var	Yok
17	Yok	Yok	Var	Yok
18	Yok	Yok	Var	Yok
19	Yok	Yok	Var	Var
20	Yok	Yok	Var	Yok
21	Yok	Yok	Var	Yok
22	Yok	Yok	Var	Yok
23	Yok	Yok	Var	Yok
24	Yok	Yok	Var	Yok
25	Yok	Var	Var	Yok
26	Yok	Yok	Var	Yok



Şekil 11. Seed ve Idriss (1971) sonuçlarına göre bölgenin sıvılaşma haritası.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Saruhanlı (Manisa) ilçesinde imara açılan ve sıvılaşma potansiyeli taşıyan alandaki standard penetrasyon testi (SPT) verileri ile deprem kaynağı olarak Gediz Grabeni Fay zonu tespit edilmiş ve bu fay zonunun üretmesi yüksek dereceli sıvılaşma riski, SK-19 ise çok

beklenen tasarım parametreleri; “maksimum yatay deprem ivmesi 0,28g ve moment magnitudü 7,1”, olarak hesaplanmış olup bu parametrelere göre sıvılaşma analizi yapılmıştır. Analizler sonucu, Bölgede yüksek sıvılaşma potansiyeli gösterebilen noktalar belirlenmiştir (Şekil 11), (Çizelge 2,3).

Analiz sonunda SK-8 ve SK-25 çevresinin düşük dereceli sıvılaşma riski taşıdığı ortaya

konulmuştur.

5. Teşekkür

Bu çalışmada Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğüne desteklenen, PROJE NO: 07/2009-11 imkanları kullanılmıştır. Bu vesile ile katkısı olanlara teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Bozkurt, E., (2000). Timing Of Extension On The B.Y.K Menderes Graben, Western Turkey, And Its Tectonic Implications. In: Bozkurt, E., Winchester, J.A. And Piper, J.D.A. (Eds), Tectonics and Magmatism İn Turkey and The Surrounding Area. Geological Society, Special Publications 173, London, 385-403.
- Bulut, İ., Sağlam, M., Bektaş, İ.A., Şahin, M.S., Demir, M., Uran, Ş., Üçkardeşler, C., Güner, F., Araz, A.H., (2006). Saruhanlı (Manisa) Belediyesi Jeoteknik Etüt Gerektiren Alanların (Jega) İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu. İller Bankası Rapor No. ILB-I/45-039-004, Ankara, 1-53.
- Çiftçi, N.B., and Bozkurt, E., (2008). Pattern of normal faulting in the Gediz Graben, SW Turkey. Tectonophysics Sedimentary Geology, 473(1-2): 234-260.
- Çiftçi, N.B., and Bozkurt, E., (2009). Evolution of the miocene sedimentary fill of the Gediz Graben, SW Turkey. Sedimentary Geology, 216(3-4): 49-79.
- Iwasaki, T., K., Tokida, K., Tatsuoka, Watanabe, S., Yasuda, S., and Sato, H., (1982) Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. Proceedings of the 13th International Conf. On microzonation, Seattle, USA vol. 3, 1319-1330.
- İnternet: Geologismiki (2006). LiqIT 4.7.3, Sıvılaşma Analizi Yazılımı., www.geologismiki.gr.
- Liao, S.S.C. And Whitman, R.V., (1986). Overburden Correction Factors For SPT In Sand. Journal Of Geotechnical Engineering, ASCE, 112 (3): 373-377.
- Mark, R. K., (1977). Application Of Linear Statistical Model Of Earthquake Magnitude Versus Fault Length İn Estimating Maximum Expectable Earthquakes. Geology, 5: 464-466.
- Metli, F., Tan, T., Baykul, A., Akalın, H.L., Avşar, M., Türkbileği, H., Sun, A., Saygılı, N. ve Işın, R., (2001). Manisa İli Çevre Jeolojisi ve Arazi Kullanım Potansiyeli. MTA yayını, No. 10480, Jeoloji Etütler Dairesi, Ankara.
- Özaydın, K., (2007). Zeminlerde sıvılaşma. Altıncı Ulusal Depem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 231-255, 16-20 Ekim.
- Sarı, C., (2003). Gravite Verilerinin Tekil Değer Ayrıştırma Yöntemiyle Ters Çözümü, Gediz Ve Büyük Menderes Grabenlerinin Tortul Kalınlıklarının Saptanması. DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi, 14 (2), 11-23.
- Seed, H.B., Idriss, I.M., (1971). Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 97(9), 1249-1273.
- Wells, D.L. and K.J. (1994). Coppersmith, New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bull, Seismol, Soc, America, 84, 974-1002.
- Ulusay, R., and Tuncay., E., and Sonmez, H., and Gokceoglu C., (2004). An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey. Engineering Geology. 74: 265-291.
- Youd, T.L et al. (2001). "Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of Soils" Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol.127, No.10, pp.817-832.