

MANİSA (SARUHANLI) ZEMİNLERİNİN SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN KAYMA(S) DALGASI HIZI İLE ARAŞTIRILMASI

Mehmet ORHAN¹ ve Ali ATEŞ^{2,*}

¹ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Beşevler, 06500, Ankara, Türkiye

² İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Konuralp Yerleşkesi, 81620, Düzce, Türkiye

ÖZET

Bu çalışma, Manisa/Saruhanlı ilçesinde olası bir deprem etkisinde, yerleşim alanı içerisindeki alüvyal zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin, arazi (S-Dalgası) verileri kullanılarak belirlenmesini içermektedir. Bu amaçla 22 noktada yapılan 12 kanallı ABEM Terralog MK-6 model mühendislik sismografi kullanılarak S dalga hızı ölçümleri 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 sismik ölçüm verileri kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre çalışma sahasını temsilen, 2 bölgede yüksek, 1 bölgede ise düşük dereceli sıvılaşma riski olasılıkları belirlenmiş ve buna göre sıvılaşma risk haritası ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: S-Dalgası, sıvılaşma potansiyeli, Saruhanlı, sıvılaşma risk haritası

THE INVESTIGATION OF THE LIQUEFACTION POTENTIAL OF SOILS IN MANİSA/SARUHANLI DISTRICT BY USING SHEAR WAVE VELOCITY

ABSTRACT

This study includes the determination of the liquefaction potential developed for the residential area covered by alluvial deposits using seismic field data under the effect of the probable earthquake effect in Saruhanlı/Manisa region. For this reason, a total of 22 engineering seismograph 12 channeled whose ABEM terralog MK-6 model tests resulted S-shear waves 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. It was assumed that it could affect the region and create the biggest peak horizontal acceleration due to earthquake.

In a probable earthquake effect, it was considered that Gediz Graben was cracked 1/3 of the total length(150 km) and it produced 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. The liquefaction analysis was performed using the seismic test (shear wave velocity) data. According to the analysis results, two locations were determined as liquefiable and one location may be less liquefiable. The liquefaction hazard map was executed according to these results.

Keywords: Shear wave velocity, liquefaction potential, Saruhanlı, liquefaction hazard map

* Tel.:+90 (380) 5421133 ; fax: +90 (380) 5421134. e-mail: aliates@duzce.edu.tr

1. GİRİŞ

Depremler esnasında suya doymun zemin tabakalarında çevrimli yüklemeler altında oluşan boşluk suyu basıncı artışları zeminde katı fazdan sıvı faza geçiş olarak nitelendirilebilecek sıvılaşma durumunun ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Zeminlerin sıvılaşabilirliği tane boyutu ve dağılımı yanında, jeolojik yaşı ve çökeltme koşulları, başlangıç sıklık derecesine bağlı hacim değişim potansiyeli ve su geçirgenliği gibi özellikleri yanında depremin büyüklüğü, süresi uzaklığı gibi sismik faktörlere bağlıdır [1].

Zemindeki yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olmasıyla birlikte zeminin gevşek şartlarda 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-jeoteknik etüt çalışmaları kapsamında elde edilen sismik veriler kullanılarak, bölgede yapılması planlanan yapıların temelinde yer alacak alüvyal çökellerin 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 sismik (kayma dalgası hızı) verilerinden yararlanılarak sıvılaşma analizleri yapılmış ve Iwasaki ve diğ., [2] tarafından geliştirilen kriterler baz alınarak sıvılaşma haritası hazırlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Alanının Tanımlanması

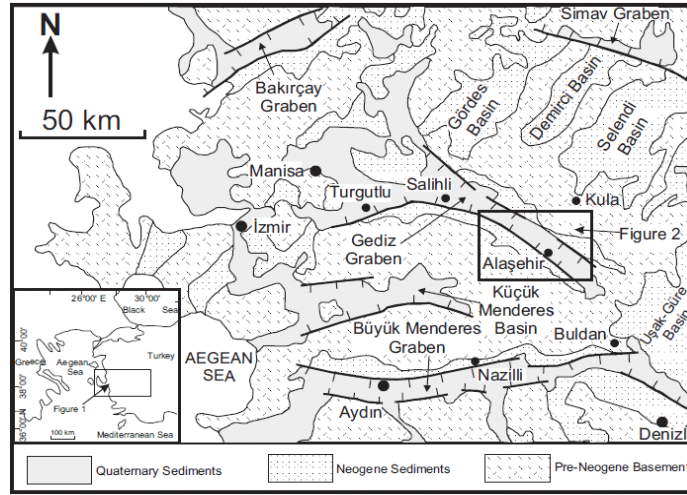
Saruhanlı İlçesi Manisa–Balıkesir karayolu üzerinde, Manisa il sınırları içindedir. Çalışma sahasının sınırlarını gösteren bir uydu görüntüsü Şekil 1’de verilmiştir. İlçe Manisa’nın kuzeyinde, il merkezine 19 km mesafededir. Yerleşim alanı ve çevre morfolojisi düz alanlardan meydana gelmektedir. İlçenin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



Şekil 1. Çalışma sahasının sınırlarını gösteren bir uydu görüntüsü [3]

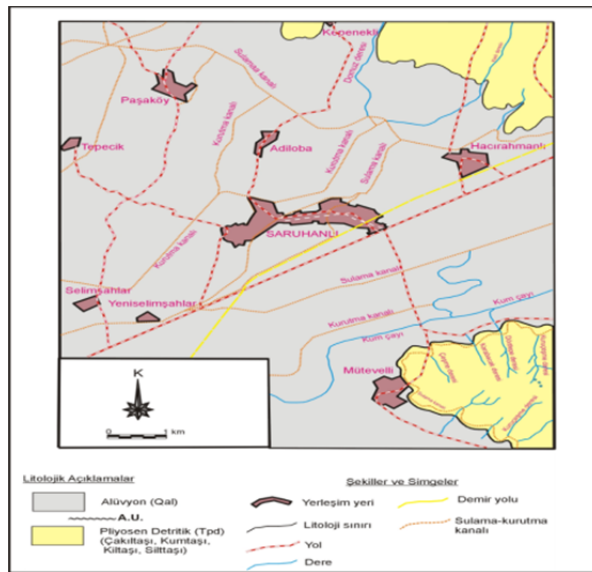
2.1.2. Bölgenin Jeolojisi

Türkiye'nin batısında Gediz grabeni en belirgin ve gelişmiş graben havzasına sahiptir [4]. Gediz grabeni bölgesinde yer alan kaya birimleri temel Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı kırıntılı, karbonatlı sedimentar kayalar ile filiş ve içerisindeki ofiyolitik ve mafik volkaniklerden oluşmaktadır. Neojen ise; volkanik, sedimenter ve plütonik kaya türleri ile temsil edilmektedir (Şekil 2). Menderes masifine ait olan metamorfik kayalar Neojen öncesi taban formasyonu ve horst bloklarının üzerinde yer alan 2000 metre yüksekliğe kadar uzanan formasyonlardan oluşmaktadır [4]. Graben dolgusu Neojen öncesi metamorfik kayaların üzerinde yer almaktadır. Gediz grabeni dolgusu ise parçalanabilir kıtasal göl ve nehir çökelleri orijinli miosenlerden oluşmaktadır [5].



Şekil 2. Saruhanlı ve çevresi Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin jeolojisi ve tektoniği [6]

Saruhanlı ve çevresinde pliosen detritik (Tpd: Detritik çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası) birimleri (pliosen flüviyal ve pliyosen göslel) hakimdir (Şekil 3).

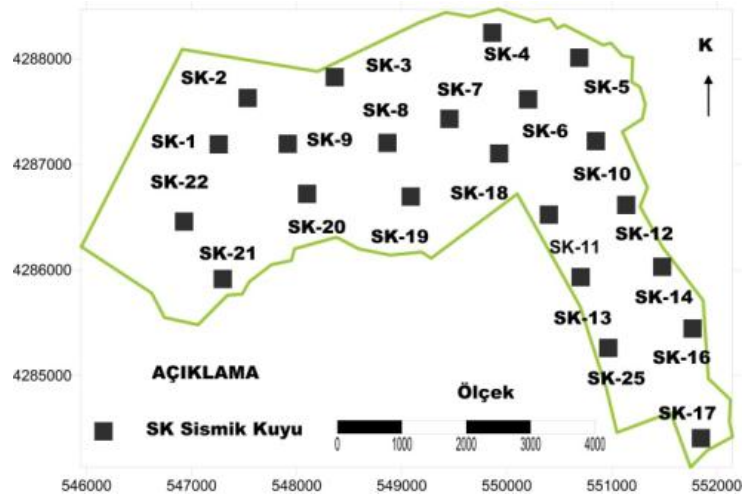


Şekil 3. Saruhanlı ve çevresi bölgesel jeoloji haritası [7]

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 [8].

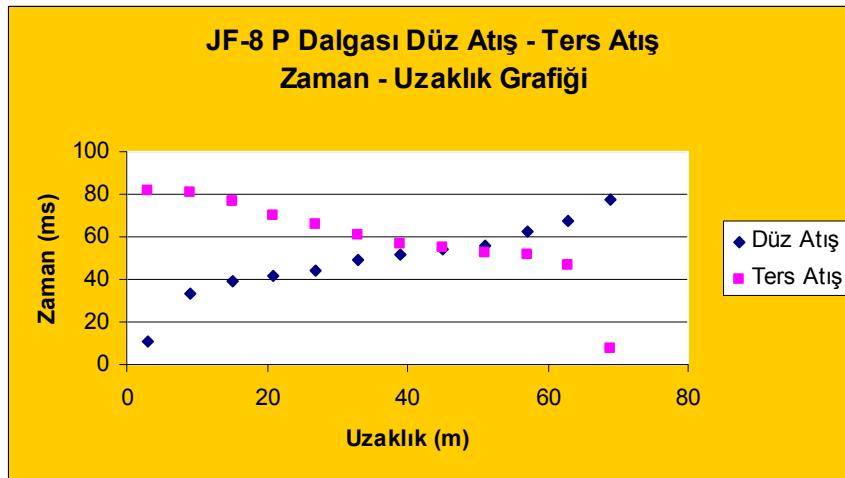
2.1.3. Arazi Verileri

Çalışmada, sivilaşma potansiyeli hesaplamasında, Manisa (Saruhanlı) ilçesinde Şekil 4’de gösterildiği gibi arazide yerinde yapılan sismik (kayma dalgası hızı) verileri kullanılmıştır [9].

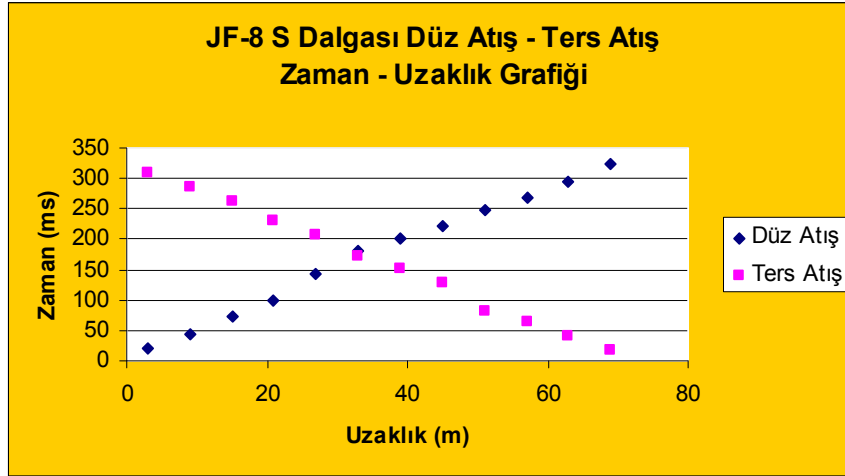


Şekil 4. Arazide yapılan sismik kuyu ölçüm verileri dağılımı

Örnek olarak arazide yerinde yapılan ölçümlerle ilgili olarak düz atış-ters atış P ve S zaman uzaklık grafiği Şekil 5’de verilmiştir. Ayrıca arazide yapılan jeofizik ölçüm verileri Tablo 1’de verilmiştir [9].



(a) 8 no’lu sismik kırılma ölçüm noktası düz atış-ters atış P dalga zaman uzaklık grafiği



(b) 8 no'lu sismik kırılma ölçüm noktası S dalga hızı zaman–uzaklık grafiği
Şekil 5. (a), (b) Düz atış-ters atış zaman uzaklık grafiği [9]

Tablo 1. Jeofizik veriler sonucu elde edilen Vp ve Vs dalga hızları [9]

SERİM NO	Tbk.	Vp (m/s)	Vs (m/s)	30 mt.ort Vs hızı
JF 1	1	231	140	188
	2	323	153	
	3	1749	201	
JF 2	1	194	118	177
	2	334	167	
	3	1318	182	
JF 3	1	250	140	217
	2	285	166	
	3	804	236	
JF 4	1	196	128	232
	2	253	141	
	3	625	202	
	4	1522	264	
JF 5	1	236	143	231
	2	322	159	
	3	663	175	
	4	1785	268	
JF 6	1	238	139	196
	2	286	175	
	3	1408	204	
	1	242	120	

MANİSA (SARUHANLI) ZEMİNLERİNİN SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN KAYMA(S) DALGASI HIZI İLE ARAŞTIRILMASI

JF 7	2	296	149	231
	3	774	252	
JF 8	1	199	139	211
	2	245	197	
	3	1504	223	
JF 9	1	231	146	217
	2	1000	176	
	3	2660	321	
JF 10	1	202	142	209
	2	955	162	
JF 11	1	229	158	189
	2	349	179	
	3	1930	194	
JF 12	1	248	167	189
	2	341	180	
	3	1439	194	
JF 13	1	264	139	206
	2	355	156	
	3	1760	240	
JF 14	1	306	182	290
	2	336	226	
	3	1339	342	
JF 15	1	246	123	208
	2	308	172	
	3	1550	227	
JF 16	1	226	160	250
	2	347	182	
	3	893	300	
JF 17	1	278	186	280
	2	750	212	
	3	1588	330	
JF 18	1	246	118	181
	2	283	134	
	3	1382	194	
JF 19	1	245	162	

	2	265	201	281
	3	1788	321	
JF 20	1	272	126	243
	2	553	168	
	3	1677	278	
JF 21	1	244	162	253
	2	320	194	
	3	1961	278	
JF 22	1	266	103	376
	2	316	191	
	3	1833	616	

2.1.4. Altısuyu Durumu

Sıvılaşma potansiyeli olan alanları 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.

2.1.5. Deneyde Kullanılan Yazılımlar

Bu çalışmada, arazi verilerinin sıvılaşma potansiyel hesaplamalarında, Liq IT V.4.7.3 Geologismiki [10] yazılımı kullanılmıştır.

2.2. Metot

İller bankası tarafından hazırlanan rapordan alınan sismik veriler esas alınarak, Andrus ve Stokoe [11]'in Vs'i esas alan yöntemine göre, LiqIT V.4.7.3 Geologismiki [10] yazılımı kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Bu analizlere göre, imara açık yapılaşma bölgesinde, sıvılaşma potansiyeli “yüksek” ve “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, sismik veriler Andrus ve Stokoe [11]'nin Vs'i esas alan yöntemine göre LiqIT v.4.7.3 Geologismiki [10] yazılımı kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarını esas alarak zeminlerin sıvılaşma dirençlerinin belirlenmesi, iki değişkenin hesaplanmasını 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'ya 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. Seed ve Idriss (1971) Tarafından Geliştirilen “Basitleştirilmiş” Yönteme Göre Devirsel Gerilme Oranının (DGO) Bulunması.

Bu yönteme göre deprem esnasında zemin tabakasında oluşacak devirsel gerilme oranı aşağıda verilen Eş.2'den hesaplanabilmektedir [11].

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

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 [12]'a göre aşağıdaki şekilde belirlenebilmektedir;

$$r_d = 1 - 0,00765z \quad z \leq 9,15\text{m} \quad (3a)$$

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

Burada; (z) metre cinsinden derinliktir.

2.2.2. Andrus ve Stokoe (1997-2000) Yöntemiyle Devirsel Direnç Oranının (DDO) Bulunması

Bu yöntemde öncelikle, S-dalga hızının (V_{s1}) sıvılaşma hesaplarında kullanılmasında bazı düzeltmeler yapmak gerekmektedir. Burada düşey gerilmeye göre kayma dalgası hızı için üst tabaka yükü, düzeltilmesi S-dalga hızı (V_{s1}), aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır (Eş.4), [14];

$$V_{s1} = V_s \cdot C_V \quad (4)$$

Burada,

V_{s1} = düzeltilmiş kayma dalgası hızı (üst tabaka yüküne göre),

C_V = üst tabaka yükü düzeltme katsayısı,

V_S = arazide ölçülen kayma dalgası hızıdır,

$C_V = (100/\sigma'_{vo})^{0,25}$ e eşittir. Burada; σ'_{vo} düşey efektif gerilmedir.

Burada 7,5 büyüklüğündeki bir deprem için DDO ($DDO_{7,5}$) yukarıdaki eşitlikten (Eş.4) hesaplanan V_{S1} değeri kullanılarak aşağıdaki eşitlikten (Eş.5) belirlenmektedir [14].

Bu eşitlik, 7,5 büyüklüğündeki bir depreme göre değişik oranlarda ince tane içeren, çimentolaşmış halosen yaşlı çökeller için önerilmiştir.

$$DDO_{7,5} = 0,22(V_{S1}/100)^2 + 2,8[(1/V_{S1} - V_{S1}) - (1/V_{S1})] \quad (5)$$

Burada,

V_{S1} : dalga hızı açısından sıvılaşmanın meydana geldiği üst sınır değeri olup, ince tane oranı (İTO) \leq %5 ve %35 arasındaki zeminler için doğrusal olarak 215 ile 200 m/sn arasında değişmektedir. Bu husus dikkate alınarak V_{S1} , ince tane oranına göre belirtilen bu değişim aralığından belirlenmektedir.

2.2.3. Sıvılaşma Potansiyeli İndeksinin Belirlenmesi

Sıvılaşma konusunda sadece güvenlik faktörünün hesaplanması, geniş ve derin alanlar için göreceli bir değerlendirme yapılmasına ve sıvılaşma potansiyeli açısından sıvılaşma haritalarının hazırlanmasına doğrudan imkan vermemektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak, Iwasaki vd. [2] tarafından güvenlik faktörünü de içerecek şekilde “sıvılaşma potansiyeli indeksi” adı verilen bir parametre önerilmiştir. Iwasaki vd. [2] sıvılaşma indeksinin hesaplanması için aşağıdaki eşitlikleri (Eş. 6 ve Eş. 6a-Eş. 6d) önermiştir.

$$I_L = \int_0^{20} F(z)W(z)dz \quad (6)$$

$$F_S < 1,0 \quad \text{için;} \quad F(z) = 1 - F_S \quad (6a)$$

$$F_S \geq 1,0 \quad \text{için;} \quad F(z) = 0 \quad (6b)$$

$$z < 20 \quad \text{için;} \quad W(z) = 10 - 0,5z \quad (6c)$$

$$z \geq 20 \quad \text{için;} \quad W(z) = 0 \quad (6d)$$

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

Zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin derecelendirilmesinde Iwasaki vd. [2]'e göre hesaplanan sıvılaşma indeksleri Tablo 2'deki gibi sınıflandırılabilir.

Tablo 2. Sıvılaşma potansiyeli indeksine (I_L) göre sıvılaşma risk dereceleri [2]

Sıvılaşma İndeksi (I_L)	Sıvılaşma Potansiyeli
0	Çok az
$0 < I_L < 5$	Az
$5 < I_L < 15$	Yüksek
$15 > I_L$	Çok yüksek

Sıvılaşma analiz sonuçlarına göre elde edilecek güvenlik katsayıları, Iwasaki vd. [2] yöntemine göre Eşitlik 6 kullanılarak sıvılaşma indeksleri bulunacak ve analize dahil edilecektir. Sıvılaşma analizinden bulunacak indeks değerleri yukarıda verilen (Tablo 2) sınır değerleri ile karşılaştırılarak ilgili lokasyonlar sıvılaşma derecelerine göre gruplandırılarak ve sonuca varılmıştır.

3. ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

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 kuzey-batısından Bergama fay zonu geçmektedir (Şekil 6). Çalışma sahasında en yüksek ivme yaratabilecek fay zonu ilçenin 33 km güneyinden geçen Gediz Grabeni fay zonudur. Bölgede oluşacak deprem tasarım parametrelerinin bulunması için çalışma alanını çevreleyen 100 km yarıçapında bir daire çizilerek, bu 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 6).

Bu ölçümler sonucunda daire içerisine giren başlıca üç adet etkin fay zonunun bulunduğu ve bu fay zonlarından Gediz Grabeni fay zonunun çalışma sahasına olan dik uzaklığının 33 km, Bergama fay zonunun 39 km, Büyük Menderes fay zonunun ise 100 km olduğu tespit edilmiştir. MTA tarafından yayımlanan Türkiye diri fay haritası üzerinden Gediz Grabeni fay zonunun toplam uzunluğu yaklaşık 150 km, Bergama fay zonunun 60 km, Büyük Menderes fay zonunun ise 200 km olduğu ölçülmüştür. Bu fay zonlarından çalışma sahasına en yakın mesafeden geçen ve uzunluğu en büyük olan Gediz Grabeni Fay Zonu dikkate alınmıştır.

Çalışma sahasında en yüksek ivme yaratabilecek olan bu fay zonu, Mark [15] yaklaşımına göre olası bir depremde 1/3'nün kırılacağı tahmin edilmektedir. Buna göre olası tasarım depreminin moment büyüklüğü Wells ve Coopersmith [16]'in eşitliği kullanılarak aşağıdaki gibi (Eş.7) hesaplanmıştır;

$$M = 4,86 + 1,32 \text{ Log } L \quad (7)$$

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 atenasyon ilişkisi kullanılarak aşağıdaki gibi (Eş.8) hesaplanmıştır [17].

$$PGA = 2,18 e^{0,0218(33,3M_w - Re + 7,8427 S_A + 18,9282 S_B)} \quad (8)$$

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 0,28g olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6. Çalışma sahasına 100 km çap içinde bulunan sismik kaynakların belirlenmesi [18]

3.2. Sıvılaşma Haritasının Hazırlanması

Sonuç olarak; deprem magnitüd büyüklüğü 7,1 ve yatay deprem ivmesinin 0,28g şartlarında bir depremin olması durumunda, Tablo 3 ve Tablo 4’de verilen değerlere göre sıvılaşma haritası hazırlanmıştır (Şekil 7).

Tablo 3, 4 ve aşağıdaki haritaya (Şekil 7) bakıldığında SK-8 ve SK-22 nolu lokasyonların yüksek düzeyde, SK-19 nolu lokasyonun ise, düşük düzeyde sıvılaşma riski taşıyan bölgeleri temsil ettiği görülmektedir.

Tablo 3. Çalışma alanı için hesaplanan sıvılaşma indeksleri [2]

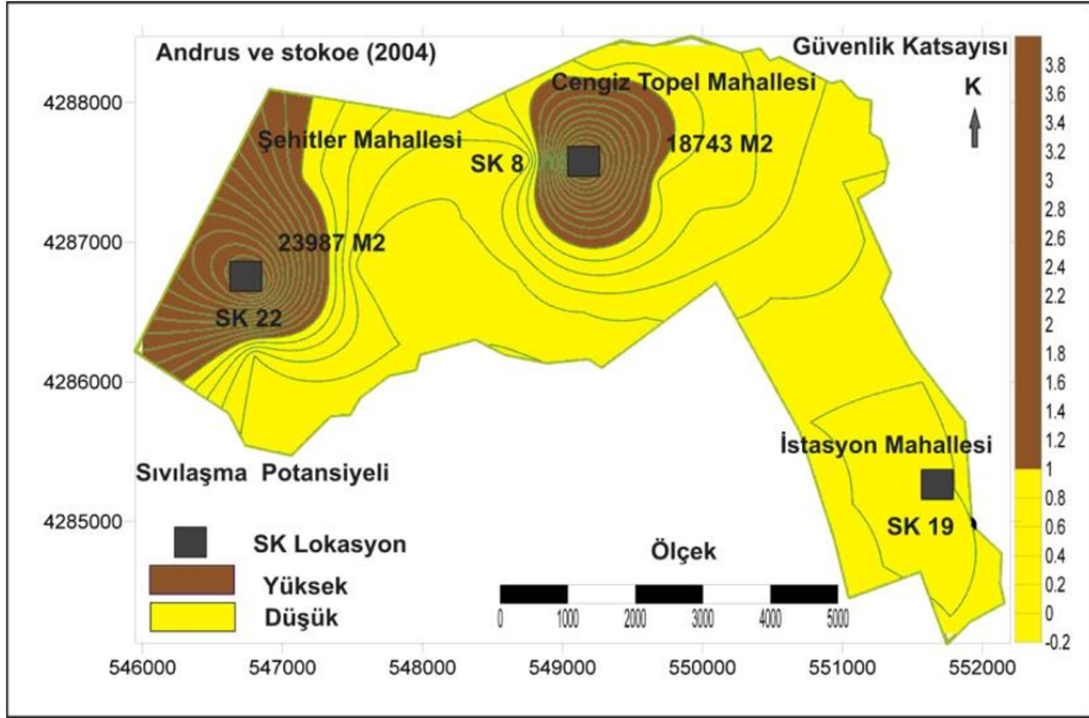
SERİM No	Yeraltı Su Seviyesi (m)	İmar Bölgesi Koordinatlar		30 mt.ort Vs hızı	Andrus vd.(2004) Sıvılaşma İndeksi (LI)	Sonuç
		X	Y			
JF-1	3,3	549240	4288270	188	1,7	Az
JF-2	2,2	548480	4287920	177	2,62	Az
JF-3	3,3	549820	4288260	217	2,19	Az
JF-4	3,3	550070	4288260	232	3,16	Az
JF-5	3,4	550230	4287400	231	4,56	Az
JF-6	2,8	549710	4287430	196	1,52	Az
JF-7	2,8	549540	4286900	231	3,18	Az
JF-8	1,7	549120	4287570	211	5,51	Yüksek
JF-9	3,3	548280	4287170	217	2,2	Az
JF-10	3,25	548740	4287590	209	2,1	Az
JF-11	1,8	548670	4286790	189	1,39	Az
JF-12	2,45	551000	4287430	189	4,98	Az
JF-13	2,45	551160	4287010	206	2,63	Az
JF-14	5,2	550770	4285710	290	2,92	Az
JF-15	5,2	551570	4286000	208	0,66	Az

JF-16	3,3	550490	4286600	250	0,02	Az
JF-17	4	551070	4285130	280	0,74	Az
JF-18	4	551290	4284680	181	0,58	Az
JF-19	4	551800	4285230	281	0,04	Çok Az
JF-20	4,4	551770	4284320	243	0,41	Az
JF-21	3,3	549590	4286460	253	0,83	Az
JF-22	2,8	549150	4286500	376	0,62	Az

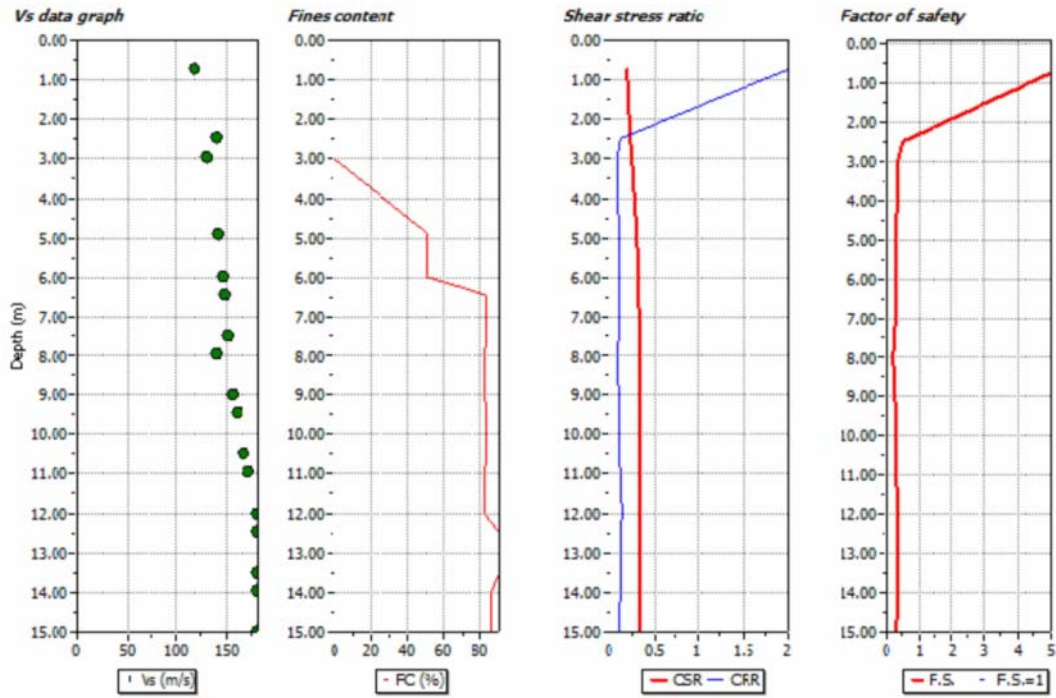
Tablo 4. Lokasyonların sıvılaştırma derecelerine göre gruplandırılması [2]

SK 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
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	Yok	Yok
26	Yok	Yok	Var	Yok
27	Yok	Yok	Var	Yok

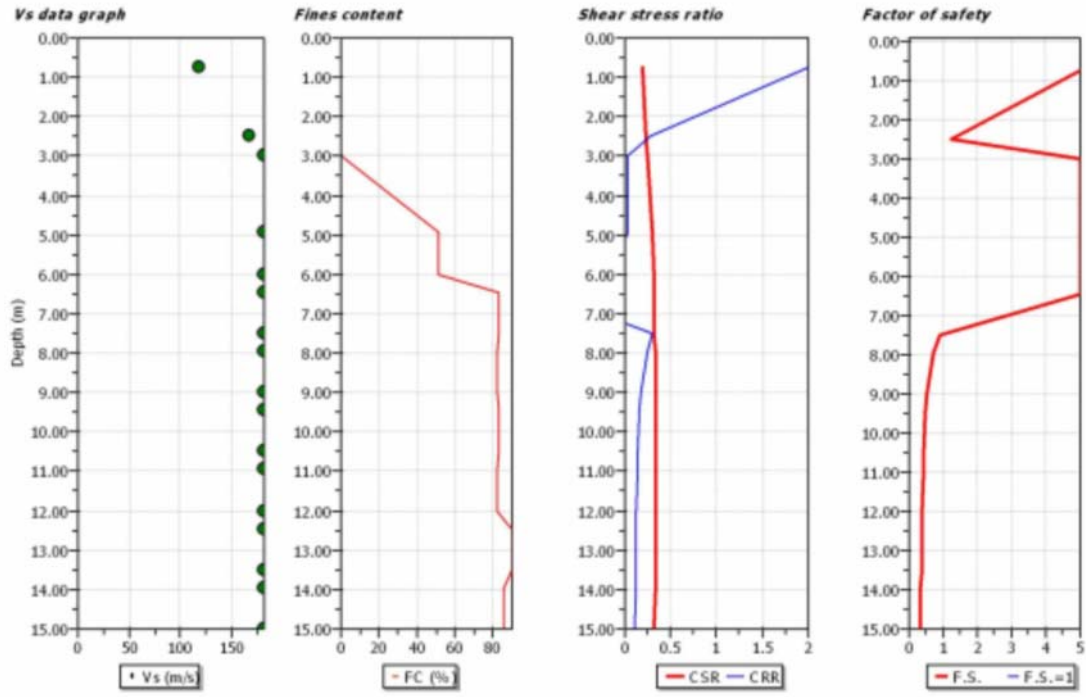
Bu çalışmada arazide ölçülen sismik (kayma dalgası) veriler Liq IT V.4.7.3 Geologismiki [10] yazılımı kullanılarak sıvılaştırma analizi yapılmış ve sıvılaştırılan Lokasyonlar (Şekil 7) ve analiz çıktıları aşağıda (Şekil 8-10) verilmiştir.



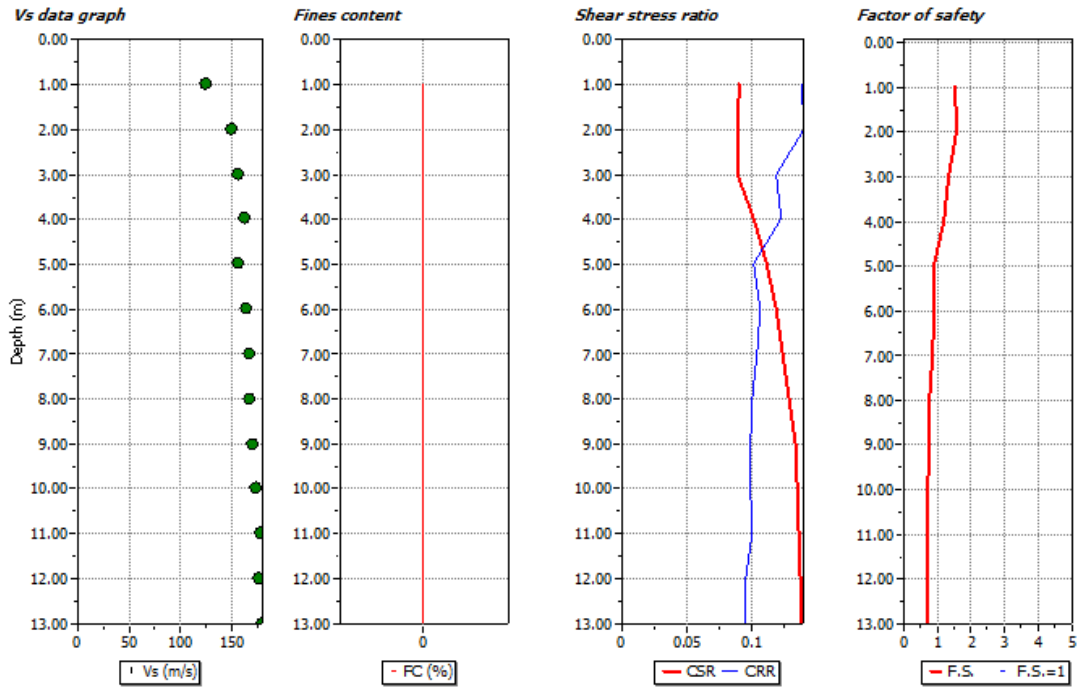
Şekil 7. Sismik yönteme göre bölgenin sıvılaşma haritası [11]



Şekil 8. Lokasyon No.8'e ait zemin profili



Şekil 9. Lokasyon No.22'e ait zemin profili



Şekil 10. Lokasyon No.19'a ait zemin profili

4. SONUÇLAR

Saruhanlı (Manisa) ilçesinde imara açılan ve sıvılaşma potansiyeli taşıyan alandaki sismik ölçüm (kayma dalgası hızı) verileri kullanılarak, deprem kaynağı, Gediz Grabeni Fay zone tepit edilmiş ve bu fay zonunun üretmesi 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.

Analiz sonunda SK-8 ve SK-22 kuyuları çevresinin yüksek dereceli sıvılaşma riski, SK-19 nolu kuyu çevresinde ise düşük dereceli sıvılaşma riski olduğu ortaya konulmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada **Gazi Üniversitesi** Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğünce desteklenen, Proje ile (PROJE NO: **07/2009-11**), İller Bankasının imkanları kullanılmıştır. Bu vesile ile katkısı olanlara teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Özaydın, K., Zeminlerde Sıvılaşma, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 231-255, 16-20 Ekim, 2007.
- [2] Iwasaki, T., K., Tokida, K., Tatsuoka, Watanabe, S., Yasuda, S., and Sato, H., Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods, Proceedings of the 13th International Conf. On Microzonation, Seattle, USA vol. 3, 1319-1330, 1982.
- [3] İnternet: Saruhanlı ilçesi sınırlarını gösteren bir uydu görüntüsü, <http://maps.google.com>.
- [4] Çiftçi, N.B., and Bozkurt, E., Pattern of normal faulting in the Gediz Graben, SW Turkey. Tectonophysics, Sedimentary Geology, 473(1-2): 234-260, 2008.
- [5] Çiftçi, N.B., and Bozkurt, E., Evolution of the miocene sedimentary fill of the Gediz Graben, SW Turkey, Sedimentary Geology, 216(3-4): 49-79, 2009.
- [6] Bozkurt, E., 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 (2000).
- [7] Metli, F., Tan, T., Baykul, A., Akalın, H.L., Avşar, M., Türkbileği, H., Sun, A., Saygılı, N. ve Işın, R., Manisa İli Çevre Jeolojisi ve Arazi Kullanım Potansiyeli, MTA yayını, no. 10480, Jeoloji Etütler Dairesi, Ankara, 2001.
- [8] Sarı, C., Gravite Verilerinin Tekil Değer Ayırıştırma Yöntemiyle Ters Çözümü, Gediz Ve Büyük Menderes Grabenlerinin Tortul Kalınlıklarının Saptanması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi, 14 (2), 11-23, 2003.
- [9] Bulut, İ., Sağlam, M., Bektaş, İ.A., Şahin, M.S., Demir, M., Uran, Ş., Üçkardeşler, C., Güner, F., Araz, A.H., 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, 2006.
- [10] İnternet: LiqIT 4.7.3 Geologismiki (2006), Sıvılaşma Analizi Yazılımı” www.geologismiki.gr (2006).
- [11] Andrus, R.D., and Stokoe, K.H.,II, (2000). Liquefaction resistance of soils from sheare wave velocity. Journal of Geotechnical and Goenvironmental EGINEERING ASCE, 126(11),1015-1025.
- [12] Seed, H.B., Idriss, I.M., Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 97(9), 1249-1273, 1971.
- [13] Liao, S.S.C. And Whitman, R.V., Overburden Correction Factors For SPT İn Sand, Journal Of Geotechnical Engineering, ASCE, 112 (3): 373-377, 1986.
- [14] Sykora, D.W., (1987). Creating of a Data Base of Seismic Shear Wave Velocities For Correction Analysis. Geotechnical Laboratory Miscelllaneous Paper GL 87-26. U.S Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicsburg, MS.

- [15] Mark, R. K., Application Of Linear Statistical Model Of Earthquake Magnitude Versus Fault Length In Estimating Maximum Expectable Earthquakes, *Geology*, 5: 464- 466, 1977.
- [16] Wells, D.L. and K.J. Coppersmith, New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement, *Bull, Seismol, Soc, America.*, 84, 974-1002, 1994.
- [17] Ulusay, R., and Tuncay., E., and Sonmez, H., and Gokceoglu C., An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey, *Engineering Geology*. 74: 265–291, 2004.
- [18] Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., Türkiye Diri Fay Haritası, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 1992.