

STANDARD PENETRASYON DENEYİ (SPT) İLE KÜÇÜKKUYU (ÇANAKKALE) TRAFİK GÖZETLEME İSTASYONU ZEMİNİNİN SIVILAŞMA POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Ali ATEŞ^{1,*} Adil ÖZDEMİR²

Şehit Osman AVCI Mah. 43. Sok. No:3/8 Eryaman/Ankara,

² İzmir 2 Caddesi No:51/4 Kızılay/Ankara

Özet

Bu çalışma, Küçükuyu (Çanakkale) ilçesinde 1370+1372 nolu parseller'de inşası planlanan Trafik Gözetleme İstasyonu (TGİ) yerleşim alanı içerisindeki alüvyal zeminlerin olası bir deprem etkisinde sivilaşma potansiyelinin, arazi (SPT) verileri kullanılarak belirlenmesini içermektedir. Bu amaçla, yapı oturma alanında yapılan 2 adet sondaj çalışmasına ait olan SPT verileri kullanılmıştır. İlçenin yaklaşık 72 km kuzeydoğusunda “Yenice Gönen Fay Zonu” yer almaktadır. Bu fay zonunun yapı alanını etkileyebileceği ve en büyük ivmeyi yaratabileceği varsayılarak, araştırmaya esas alınmıştır. Toplam 160 km uzunluğundaki bu fay zonunun, olası bir depremde 1/2'sinin kırılması tahmin edilerek, moment magnitüdü 7,5 ve Türkiye'deki faylar için geliştirilen deprem atenuasyon eşitliği kullanılarak 0,25g büyüklüğünde yatay deprem ivmesi oluşabileceği hesaplanmış ve SPT verileri kullanılarak sivilaşma analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, Trafik Gözetleme İstasyonu inşaatı yapılacak alının yüksek dereceli sivilaşma riski taşıdığı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: SPT, Sivilaşma riski, Çanakkale-Küçükuyu

* İletişim Tel.:0312 2805467

E-posta: atesimatesim@yahoo.com.tr adil@adilozdemir.com

INVESTIGATION OF LIQUEFACTION POTENTIAL OF SOILS OF THE TRAFFIC CONTROL TOWER IN KUCUKKUYU REGION (WESTERN TURKEY) USING STANDARD PENETRATION TEST

Abstract

This study includes the determination of the liquefaction potential developed for the residential area covered by alluvial deposits using SPT (Standard Penetration Test) data under the effect of the probable earthquake in Kucukkuyu (Canakkale) District. For this reason, two data were evaluated. Yenice Gonen Fault Zone was a length of 160 km in length and approximately passes through in a distance of 72 km in the North-East of Kucukkuyu District. It was predicated to affect the region and create the biggest peak horizontal acceleration due to earthquake. In a probable earthquake effect, it was calculated an earthquake of moment magnitude as $M_w=7.5$, considering that Yenice Gonen Fault Zone may be cracked 1/2 of the total length. Using attenuation relationships, developed for Turkey, a peak ground acceleration of 0.25g 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.

Keywords: Standard penetration test, Çanakklae-Kucukkuyu, liquefaction risk

1. Giriş

Depremler esnasında suya doymun zemin tabakalarında çevrimli yüklemeler altında oluşan boşluk suyu basıncı artışları zeminde katı fazdan sıvı faza dönüşme 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, Küçükuyu (Çanakkale) ilçesinde 1370+1372 nolu parseller'de

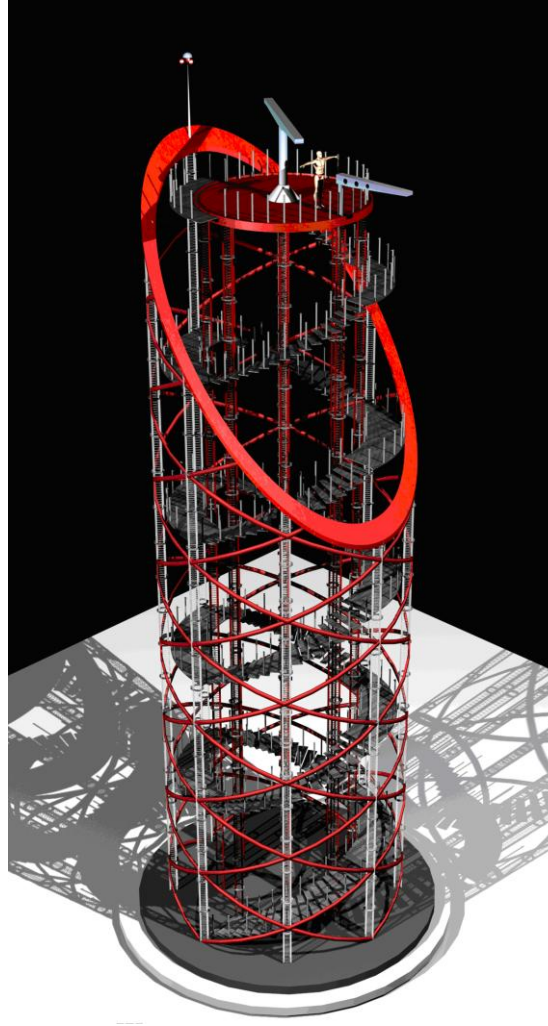
inşası planlanan Trafik Gözetleme İstasyonu (TGİ) zemininin jeolojik ve jeoteknik özelliklerini ortaya koymak ve olası bir depreme karşı dayanıklılığının tespitine yönelik yapılan çalışma kapsamında elde edilen SPT verileri kullanılmıştır. İnşası planlanan yapı alanında alüvyal zeminlerin sıvılaşma riski değerlendirilmiştir. Bu amaçla, bölgenin jeolojisinden, deprenselliğinden, olası deprem odaklarının uzaklığı ile oluşturacakları yer ivmesi ilişkilerinden, zemine ait granülometri değerlerinden ve SPT verilerinden yararlanılarak sıvılaşma analizleri yapılmış ve Iwasaki vd. [2] kriterleri baz alınarak sıvılaşma potansiyeli araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma alanının tanımlanması

Marmara bölgesinde yer alan ilçe, Çanakkale iline bağlı bir yerleşim birimidir. Ayvacık, Çanakkale'nin güneybatısı ve Anadolu'nun en batısında olup, Pınar Dağı eteğinde yer alır. Ayvacık'ın kuzeyinde Çanakkale ilçelerinden Ezine ve Bayramiç, doğusunda ise il sınırını belirleyen Mıhlı Çayı ile Balıkesir ilçesi Edremit bulunur. İlçenin Güney ve Batı yönünü ise Ege Denizi çevrelemektedir. Yapılacak olan Trafik Gözetleme İstasyonu Şekil 1'de verilmiştir. Çalışma alanına ait görüntüler Şekil 2'de yer bulduru haritası ise Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 1. Trafik Gözetleme İstasyonu görüntüsü



Şekil 2. (a). Çalışma alanına ait arazi görünüşü



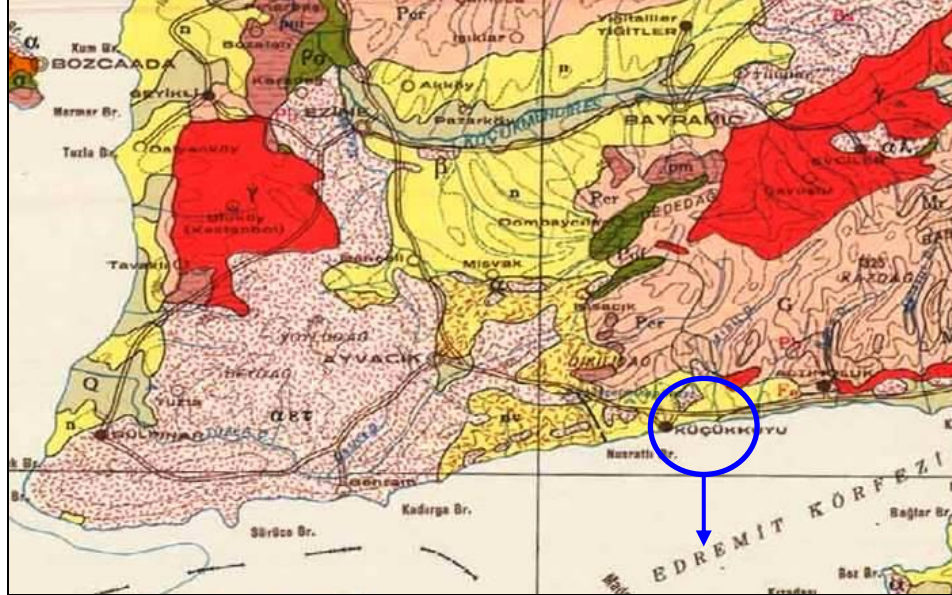
Şekil 2. (b). Çalışma alanına ait arazi görünüşü



Şekil 3. Lokasyon haritası

2.1.2. İnceleme alanının jeolojisi

İlçenin zemini Neojen'e ait volkanik kayalardan lav ve aglomeralardan oluşmuştur. Üzerlerinde ince bir nebati toprak örtüsü bulunur. Çalışma alanı tamamen nebati toprakla örtülü bir birikinti konisinden ibarettir. Bölgenin jeoloji haritası Şekil 4'de verilmiştir [3].



AÇIKLAMA

İNCELEME ALANI

| | |
|-----|--|
| n | NEOJEN, KARASAL, AYRILMAMIŞ NEOGENE, CONTINENTAL, UNDIFFERENTIATED |
| ny | NEOJEN, VOLKANİK FASİES NEOGENE, VOLCANIC FACIES |
| Per | PALEOZOİK, METAMORFİK PALEOZOIC, METAMORPHIC |
| pm | PERMIEN PERMIAN |
| γ | GRANİT, GRANODİORİT, KUARSLI DİORİT GRANITE, GRANODIORITE, QUARTZ - DIORITE |
| G | GNAYS, MIKAŞİST, AMFİBOLİT GNEISS, MICASCHIST, AMPHIBOLITE |
| β | BAZALT, DOLERİT BASALT, DOLERITE |
| BT | VOLKANİK TÜF, AGLOMERA, BREŞ VOLCANIC TUFF, AGGLOMERATE, BRECCIA |
| α | ANDEZİT, SPİLİT, PORFİRİT ANDESITE, SPILITE, PORPHYRITE |

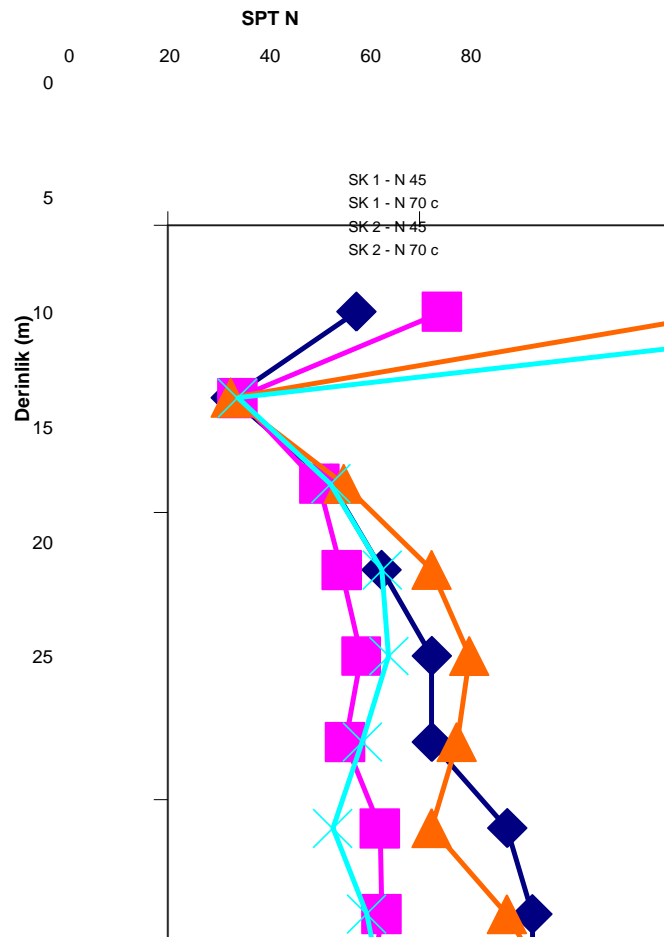
Şekil 4. Jeoloji haritası (1/500 000 Ölçekli) [3]

2.1.3. Arazi verileri

Çalışmada, geleneksel sınıflama potansiyeli hesaplamalarının yapılması için, derinlikleri 20 m olan 2 adet zemin sondajının SPT (Standard Penetrasyon Test) verileri kullanılmıştır [4].

Zemin sondaj çalışmaları esnasında; ilerlemeye paralel olarak, her 1.50 m de SPT deneyi yapılmış ve örselenmiş örnekler alınmıştır. Elde edilen SPT verileri Şekil 5’de verilmiştir.

Alınan örnekler gerekli deneyler yapılmak üzere laboratuvara gönderilmiş, tipik zemin özellikleri gösteren ve farklı zemin seviyelerini temsil eden örnekler üzerinde zeminlerin fiziksel ve mühendislik özelliklerini belirlemeye yönelik yeterli sayıda deney yapılmıştır. Çalışma alanından elde edilen parametreler kullanılarak mühendislik değerlendirmesi ve analizleri yapılmıştır.

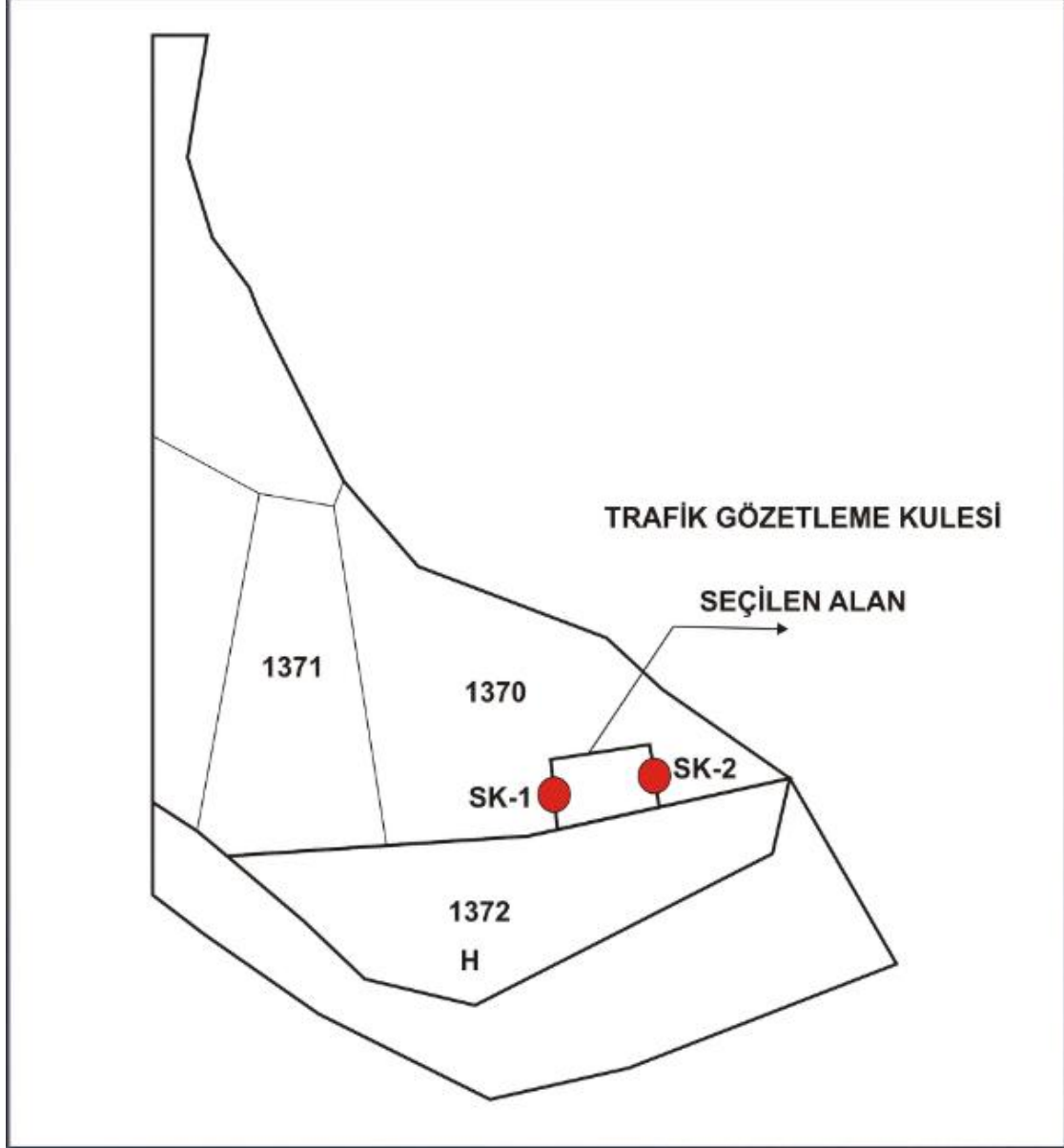


Şekil 5. Çalışma alanından elde edilen SPT verileri [4]

2.1.4. Sondaj çalışmaları

Çalışma alanında yapılan sondajlar temel zeminlerinin litolojik özelliklerini,

düşey ve yanal doğrultudaki değişimlerini ve yer altı suyu durumu ile mühendislik parametreleri gibi bilgileri belirleme amacına yönelik yapılmıştır. Sondaj ilerlemesi burgulu yöntemle yapılmıştır [4]. Sondaj çalışmalarına ait görüntüler ve yerleri Şekil 6'da ve Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6. Sondaj kuyuları vaziyet planı



Şekil 7. Arazide SPT deneyine ait sondaj çalışması

2.1.5. Arazi deneyleri

Sondaj çalışmaları esnasında; ilerlemeye paralel olarak, her 1.50 m de bir 26 adet SPT (Standart Penetrasyon Testi) yapılmış ve örselenmiş örnekler alınmıştır. SPT, esas olarak yerinde yapılan bir dinamik kesme deneyidir. Kesme direnci daneli zeminlerde zeminin izafî sıklığına, kohezyonlu zeminlerde ise zeminin mukavemet parametrelerine bağlıdır. Bu sebeple penetrasyon deneyi sonuçları ile taşıma gücü arasında gerçeğe uygun bir bağıntı kurulabildiği gibi diğer mühendislik hesaplamalarında da kullanılmaktadır. SPT deneyleri sırasında alınan örselenmiş örnekler 2" dış çaplı ve 1^{3/8}" iç çaplı yarık numune alıcı ile alınmıştır. Alınan numuneler doğal özelliklerini kaybetmemesi için iç içe geçmiş iki ayrı naylon torba içine konmuş, etiketlenmiş ve ağızları hava almayacak şekilde sıkıca bağlanmıştır.

2.1.6. 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. Küçükkuyu, Edremit Körfezi kenarında kurulmuş bir yerleşim birimidir. Etüt alanının rakımı 0'dir. Sondaj çalışmaları sırasında ve bitiminden iki gün sonra yapılan ölçümler sonucunda SK-1 kuyusunda 1.00 m, SK-2 kuyusunda 0.50 m derinliklerde yeraltı suyuna rastlanmıştır.

2.1.7. Deneyde kullanılan yazılımlar

Bu çalışmada, Arazi verilerinin sıvılaşma potansiyel hesaplamalarında, Liq IT V.4.7.3 Geologismiki [5] yazılımı kullanılmıştır.

2.2. Metot

Bu çalışma kapsamında çalışma alanından elde edilen SPT verileri esas alınarak, orijinal olarak Seed ve Idriss [6] tarafından geliştirilen ve daha sonra Youd vd. [7] tarafından revize edilen sıvılaşma analiz yöntemine göre Liq IT V.4.7.3 [5] Geologismiki yazılımı kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre, Çanakkale (Küçükkuyu) bölgesinde, TGI yapılacak alanda sıvılaşma potansiyelinin varlığı araştırılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre Trafik Gözetleme İstasyonu inşa edilmesi amacıyla bölgenin depremden kaynaklanan sıvılaşmaya bağlı oluşan riski ortaya konulmuştur.

2.2.1. Sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesindeki kriterler

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).

Deprem gücünü karakterize eden DGO'nın, zeminin direncini karakterize eden DDO 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" yönteme göre devirsel gerilme oranının (DGO) bulunması

Bu yönteme göre deprem esnasında zemin tabakasında oluşacak devirsel gerilme oranı aşağıda verilen Eş.2'den hesaplanabilmektedir [6].

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

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 [8]'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. [7] 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 ($(N_1)_{60}$) Youd vd. [7], Seed vd. [9] tarafından bazı kısımları modifiye edilerek ince tane oranının sıvılaşma direncine etkisini de göz önünde bulundurarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Arazi ve laboratuvar çalışmalarının değerlendirilmesi

3.1. Deprem tasarım parametrelerinin hesaplanması

İnceleme sahasının yaklaşık 32 km kuzey-doğusundan Etili fay zonu, 72 km, yine kuzey-doğusundan Yenice Gönen Fay Zonu ve 63 km güney-doğusundan Balıkesir Fay Zonu geçmektedir (Şekil 8). Burada en yüksek ivme yaratabilecek fay zonunun, ilçenin 72 km kuzey-doğusundan geçen Yenice Gönen 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 8) [10].

Çalışma sahasında en yüksek ivme yaratabilecek olan Yenice Gönen Fay Zonu, Mark [11] yaklaşımına göre olası bir depremde 1/2'sinin kırılacağı yaklaşımıyla, olası tasarım depreminin moment büyüklüğü, Wells ve Coopersmith [12]'in eşitliği kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$M=4,86+1,32 \text{ Log } L \quad (12)$$

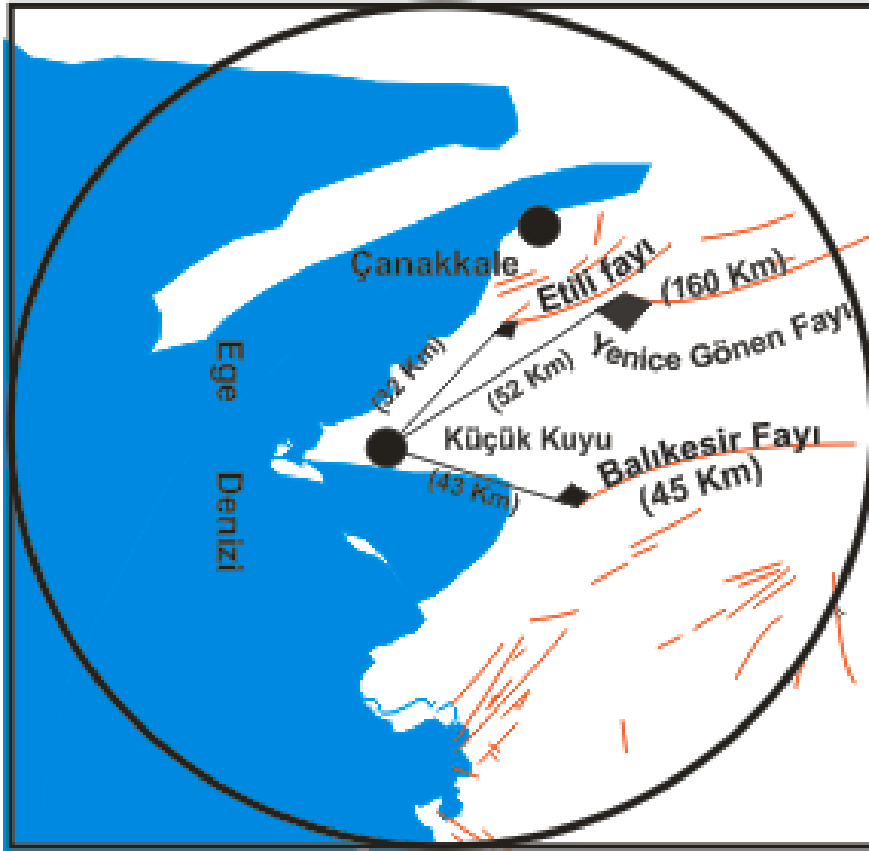
Burada; M: Moment büyüklüğü, L: Fay uzunluğu (km).

Bu yaklaşıma göre Fay uzunluğunun, 1/2'sinin kırılması durumunda, "Moment Büyüklüğü" 7,5 olarak hesaplanmıştır.

Yatay deprem ivmesi ise Türkiye'deki depremleri esas alan ve Türkiye'deki faylar için geliştirilen deprem atenasyon ilişkisi kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır [13].

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

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" 0,25g olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8. Çalışma sahasına 100 km çap içinde bulunan sismik kaynakların belirlenmesi

3.2. Sıvılaşma analizi ve sıvılaşma potansiyeli indeksinin belirlenmesi

Çalışma alanında, bu bölgede bulunan ve etkin olan Yenice Gönen fayının olası bir depremde bu fayın 1/2'sinin kırılacağı tahmin edilen senaryo depremine göre, moment magnitüdü $M=7.5$ büyüklüğünde beklenen bir depreme göre sıvılaşma potansiyeli Liq IT V. 4.7.3 [5] Geologismiki yazılımı kullanılarak araştırılmıştır.

Ancak güvenlik faktörü, 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. 14 ve Eş. 14a-Eş. 14d) önermiştir.

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

$$FL < 1,0 \quad \text{için;} \quad F(z) = 1 - FL \quad (14a)$$

$$FL \geq 1,0 \quad \text{için;} \quad F(z) = 0 \quad (14b)$$

$$z < 20 \quad \text{için;} \quad W(z) = 10 - 0,5z \quad (14c)$$

$$z > 20 \quad \text{için;} \quad W(z) = 0 \quad (14d)$$

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

Zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin derecelendirilmesinde Iwasaki vd. [2]’e göre hesaplanan sıvılaşma indeksleri Tablo 1’deki gibi sınıflandırılabilir.

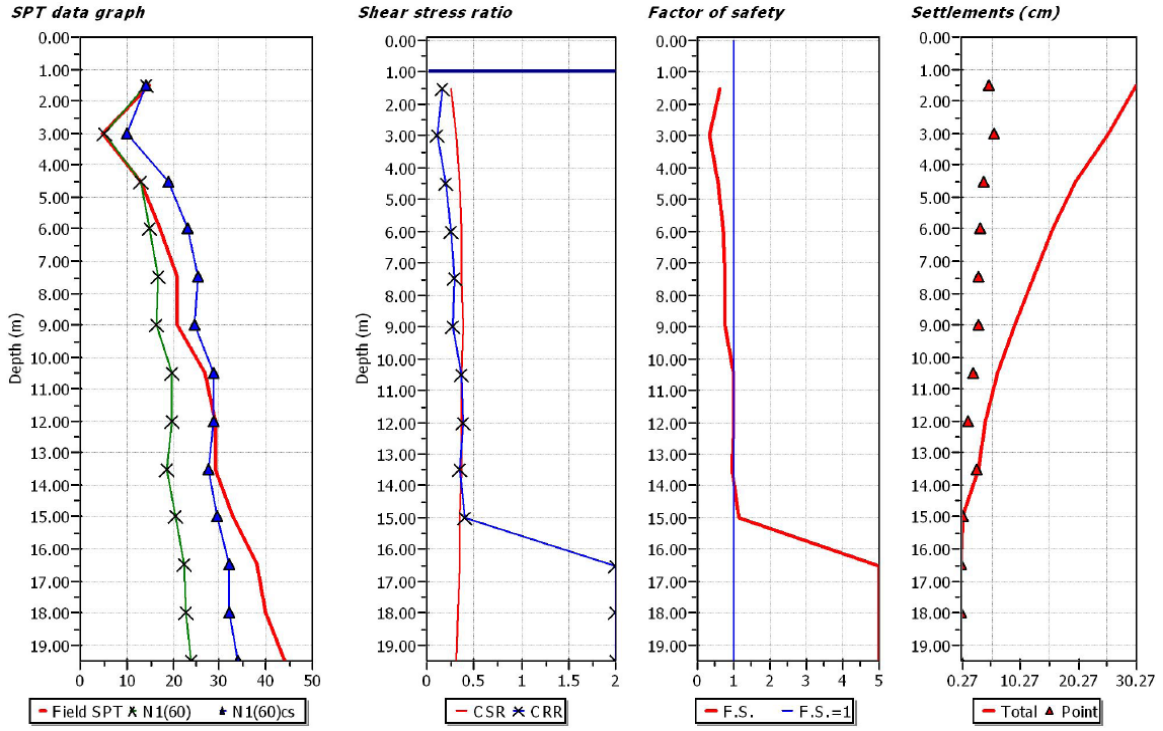
Tablo 1. Sıvılaşma potansiyeli indeksine (LI) göre sıvılaşma risk dereceleri [2]

| Sıvılaşma İndeksi (LI) | Sıvılaşma Potansiyeli |
|------------------------|-----------------------|
| 0 | Çok az |
| 0 < LI < 5 | Az |
| 5 < LI < 15 | Yüksek |
| 15 > LI | Çok yüksek |

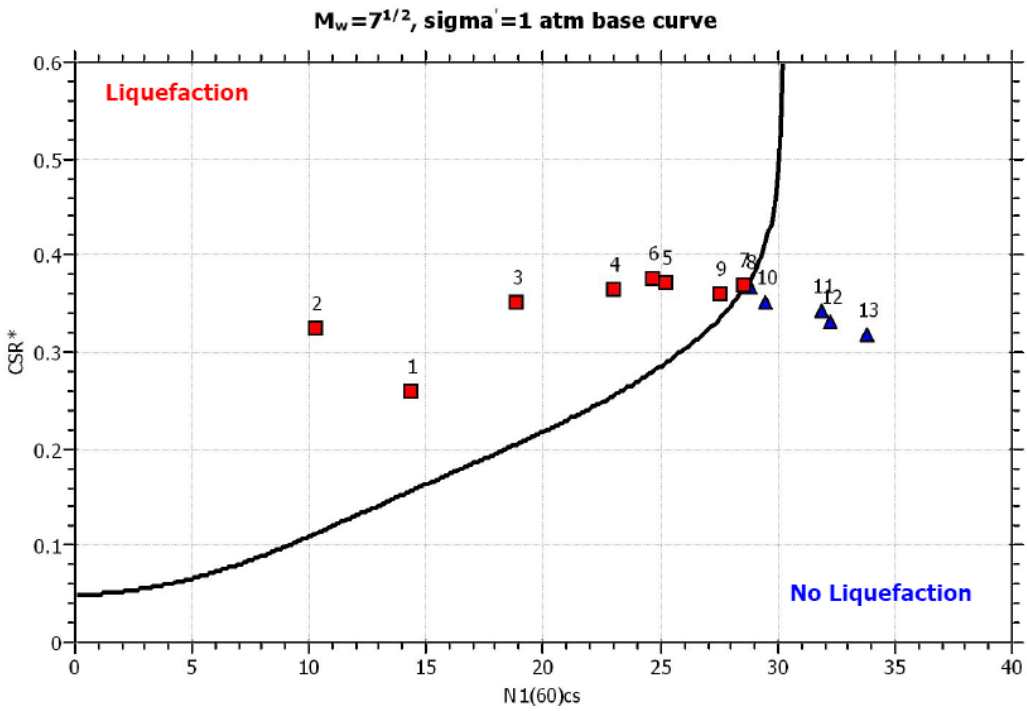
Sıvılaşma analiz sonuçlarına göre elde edilen güvenlik katsayıları, Iwasaki vd. [2] yöntemine göre Eşitlik 14 kullanılarak sıvılaşma indeksleri bulunmuş ve analize dahil edilmiştir. Buradan bulunan indeksler yukarıda verilen (Tablo 1) sınır değerleri ile karşılaştırılarak ilgili lokasyonlar sıvılaşma derecelerine göre gruplandırılmış ve sonuca varılmıştır.

Bu çalışmada SK-1 ve SK-2 kuyuları için Liq IT V.4.7.3 [2006] programı kullanılarak sıvılaşma analizleri ayrı ayrı yapılmıştır. SK-1 kuyusunda güvenlik sayısı (FS) 1,5 m–15 metreler arasında FS < 1 olması nedeniyle sıvılaşma potansiyeli taşımaktadır (Şekil 9).

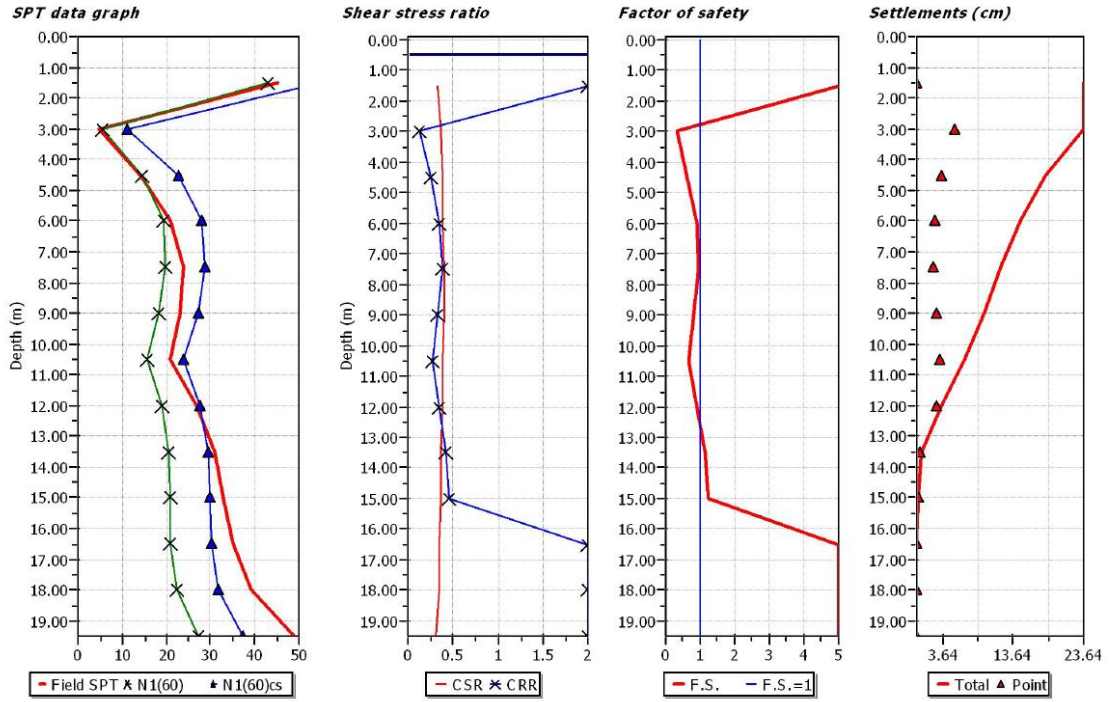
SK-2 kuyusunda güvenlik sayısı (FS) 2.5 m–15 metreler arasında FS < 1 olması nedeniyle sıvılaşma potansiyeli taşımaktadır (Şekil 10).



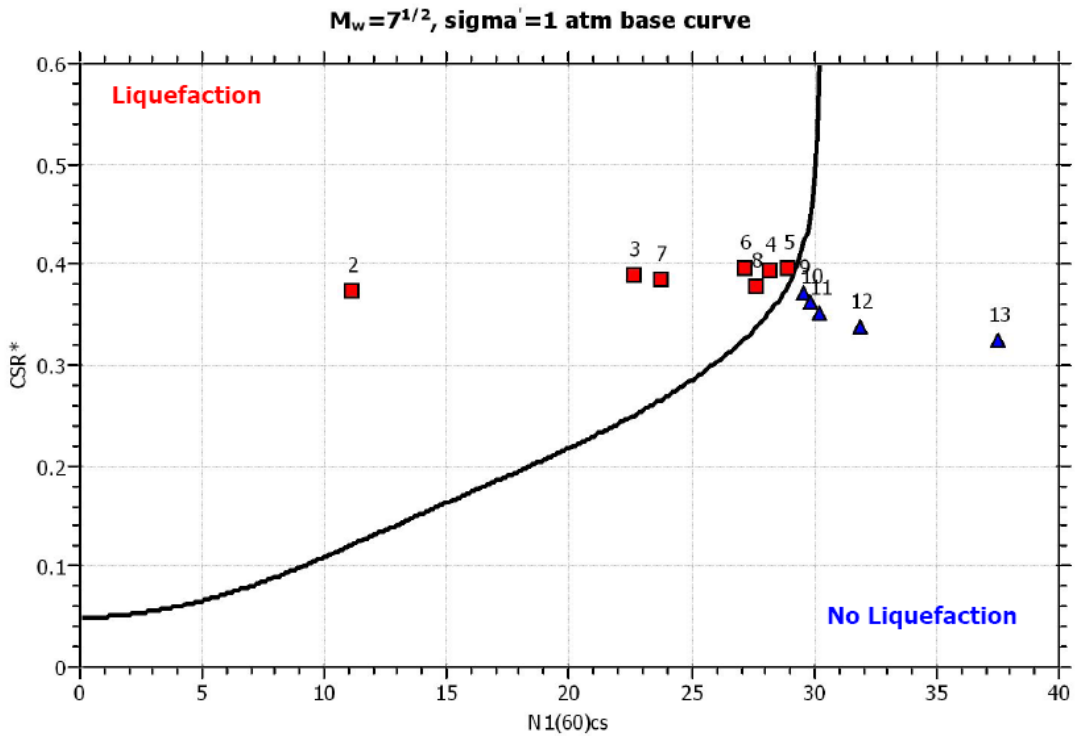
Şekil 9. (a) Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-1 kuyusu analiz sonuçları



Şekil 9. (b) Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-1 kuyusu analiz sonuçları



Şekil 10. (a) Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-2 kuyusu analiz sonuçları



Şekil 10. (b) Seed ve Idriss (1971) yöntemine göre SK-2 kuyusu analiz sonuçları

Sonuç olarak; deprem magnitüd büyüklüğü 7,5 ve yatay deprem ivmesinin 0,25g

şartlarında bir depremin olması durumunda, Yukarıdaki şekillere bakıldığında(Şekil 9-Şekil 10) 1 ve 2 nolu lokasyonların yüksek düzeyde sıvılaşma riski taşıdığı görülmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Çanakkale ilinin Küçükkuyu ilçesinde 1370+1372 nolu parseller'de inşası planlanan Trafik Gözetleme İstasyonu (TGİ) zeminlerinin standart penetrasyon deneyi (SPT) ile sıvılaşma potansiyeli araştırılmıştır. Deprem kaynağı olarak Yenice Gönen Fay Zonu tespit edilmiş ve bu fay zonunun üretmesi beklenen tasarım parametreleri; “maksimum yatay deprem ivmesi 0,25g ve moment magnitudü 7,5”, olarak hesaplanmış olup bu parametrelere göre sıvılaşma analizi yapılmıştır. Analiz sonunda SK-1 ve SK-2 çevresinin yüksek dereceli sıvılaşma riski taşıdığı ortaya konulmuştur (Şekil 9 ve Şekil 10).

Mevcut yapının 60 m yüksekliğinde bir trafik gözetleme kulesi olduğu düşünülürse sıvılaşmadan doğacak oturmalar oluşabilir. Bu oturmaların kuleye zarar verebilecek olması nedeniyle, tasarlanan kule öncesi temel zemininin iyileştirilmesi gereklidir. Deprem sırasında yanal zemin direncinin çok azalacağı dikkate alınarak, yanal yatak katsayısında çok ciddi bir azalma olması gerekeceği hatırlanmalı ve küçük çaplı kazıklardan kaçınılmalıdır. Başka alternatifler, derin sıkıştırma ile jet enjeksiyon yöntemleridir.

Kaynaklar

- [1] Özyayın K, Zeminlerde sıvılaşma. Altıncı Ulusal Depem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2007, 231-255.
- [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] Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 2007.
- [4] Ateş A, Özdemir A. Denizcilik Müsteşarlığı İZMİR, İZMİT, MERSİN-İSKENDERUN bölgeleri Gemi Trafik Hizmetleri Merkezi (GTHM) ve Trafik Gözetleme İstasyonu (TGİ) Projelerinin Zemin Etütleri. Ankara, 2007.

- [5] İnternet: LiqIT 4.7.3 Geologismiki (2006), Sıvılaştırma Analizi Yazılımı”
www.geologismiki.gr (2006).
- [6] Seed H.B, Idriss I.M. Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 1971, 97(9), 1249-1273.
- [7] Youd T.L et al. 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, 2001, Vol.127, No.10, pp.817-832.
- [8] Liao S.S.C. ad Whitman R.V. Overburden Correction Factors For SPT In Sand. *Journal Of Geotechnical Engineering*, ASCE, 1986, 112 (3): 373-377.
- [9] Seed H.B, Tokimatsu K, Harder L.F, and Chung R.M. The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 1985, Vol.111, No:12, pp.1425-1445.
- [10] Şaroğlu F, Emre, Ö, Kuşçu İ. Türkiye Diri Fay Haritası, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 1992.
- [11] Mark R. K. Application Of Linear Statistical Model Of Earthquake Magnitude Versus Fault Length In Estimating Maximum Expectable Earthquakes. *Geology*, 1977, 5: 464- 466.
- [12] 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*, 1994, 4, 974-1002.
- [13] 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*. 2004, 74: 265–291.