



ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ BİLİM VE TEKNOLOJİ DERGİSİ B- TEORİK BİLİMLER

Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology B- Theoretical Sciences

2018, Cilt:6 - syf. 36 - 46, DOI: 10.20290/aubdb.494487

4.Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı Özel Sayısı

ESKİŞEHİR ALÜVYON FORMASYONUNUN KONUMSAL DEĞİŞKENLİĞİNİN CPT ÖLÇÜMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Emrah PEKKAN^{1,*}, Muammer TÜN¹, Sunay MUTLU¹

¹ Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

ÖZET

Sürekli ölçüm yapan ölçüm aletleri aynı tip birimden ölçüm alırken zeminin oluşumundaki karmaşıklık, ikincil etkilerden oluşan doğal rassalılık ve aletin hassasiyetindeki zamana bağlı değişim gibi parametrelerden dolayı ölçümlerde bir dalgalanma gerçekleşir. Dalgalanmanın derecesi, aynı veya benzer özelliklere sahip birim içerisinde gerçekleştiği sürece sabittir. Dalgalanmanın derecesinin değişim seviyeleri, zemin katmanının değişiminin bir göstergesidir.

Bu güne kadar Eskişehir alüvyon biriminde yapılan çalışmalarda, gerek CPT, gerekse SPT ölçümleri, birimi noktasal ölçümlerle tanımlanmaya çalışılmıştır. Aynı özelliğe sahip birimlerdeki mekânsal değişkenlik nedeniyle, kullanılan noktasal yöntemler ile temsil edici zemin katmanının özelliklerinin mühendislik, jeolojik, geoteknik ve sedimantolojik olarak tanımlanması mümkün olmamaktadır. Bu çalışma, Eskişehir zeminin, CPT ölçümlerindeki dalgalanmanın derecesine göre sınıflandırılmasını ve analizi içermektedir.

Bu çalışma sonucu Eskişehir'in zeminin değişkenliği CPT ölçümleri ile belirlenmiş, temsil edici zemin katmanları arası sınırlar çizilmiştir. Bu çalışma ileride yapılacak sedimantolojik çalışmalar, zeminlerde meydana gelen oturma, depreme bağlı zemin büyütmesi, zemin sıvılaşması ve yeraltı suyu akımı gibi çalışmaların kavramsallaştırmasını sağlamak için kullanılabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Rassal Alan Teorisi, CPT ölçümleri, Zemin katmanları

DETERMINATION OF THE SPATIAL VARIABILITY OF THE ESKİŞEHİR ALLUVIUM FORMATION BY CPT MEASUREMENTS

ABSTRACT

While taking measurements continuously from the same type of unit, there is fluctuation on the measurements due to the complexity in the formation of the soil, natural randomness from secondary effects, and changes in the precision of the instrument according to time. The scale of this fluctuation is constant as it occurs within a unit having similar or the same properties. The change levels of the scale of fluctuation are an indicator of the change of the soil layer.

In studies carried out in the Eskişehir Alluvium Formation up to now, the CPT and SPT measurements have tried to define the unit by point measurements. Due to the spatial variability in units with the same properties, it has not been possible to define the characteristics of the representative soil layers with respect to engineering, geology, geotechnics and sedimentology. This study involves the classification and analysis of the Eskişehir soil according to the scale of fluctuation in CPT measurements.

As a result of this study, the variability of the Eskişehir soil was determined by CPT measurements and the boundaries between the representative soil layers were drawn. This study may be used to ensure the conceptualization of further studies such as future sedimentological studies, the settling of soil, soil amplification due to earthquakes, soil liquefaction, and groundwater flow.

Keywords: Random Field Theory, CPT Measurements, Soil Layers

*Sorumlu Yazar: epakkan@eskisehir.edu.tr

Geliş Tarihi: 04.04.2018 Kabul: 02.06.2018

1. GİRİŞ

Sürekli ölçüm yapan ölçüm aletleri aynı tip birimden ölçüm alırken zeminin oluşumundaki karmaşıklık, ikincil etkilerden oluşan doğal rassalılık ve aletin hassasiyetindeki zamana bağlı değişim gibi parametrelerden dolayı ölçümlerde bir dalgalanma gerçekleşir. Bu dalgalanmanın derecesi, aynı veya benzer özelliklere sahip birim içerisinde gerçekleştiği sürece sabittir. Dalgalanmanın derecesinin değişim seviyeleri, zemin katmanının değişiminin bir göstergesidir.

Bu güne kadar Eskişehir alüvyon biriminde yapılan çalışmalarda, gerek CPT, gerekse SPT ölçümleri, birimi noktasal ölçümlerle tanımlanmaya çalışılmıştır. Aynı özelliğe sahip birimlerdeki mekânsal değişkenlik nedeniyle, kullanılan noktasal yöntemler ile temsil edici zemin katmanının özelliklerinin mühendislik, jeolojik, geoteknik ve sedimentolojik olarak tanımlanması mümkün olmamaktadır. Bu çalışma, Eskişehir zeminin, CPT ölçümlerindeki dalgalanmanın derecesine göre sınıflandırılmasını ve analizini içermektedir.

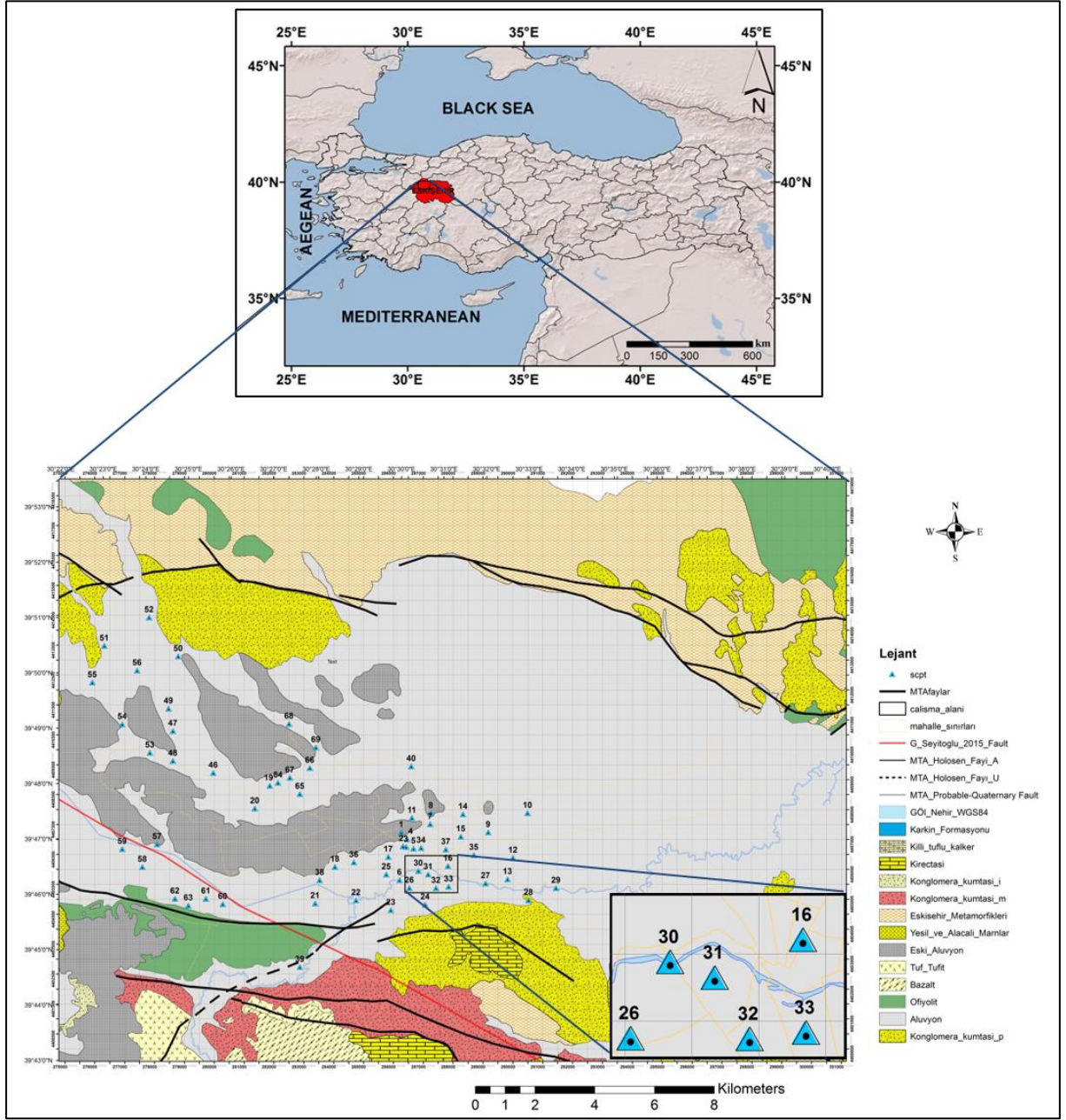
Bu çalışma sonucu Eskişehir'in zeminin değişkenliği CPT ölçümleri ile belirlenmiş, temsil edici zemin katmanları arası sınırlar çizilmiştir. Bu çalışma ileride yapılacak sedimentolojik çalışmalar, zeminlerde meydana gelen oturma, depreme bağlı zemin büyütmesi, zemin sıvılaşması ve yeraltısuyu akımı gibi çalışmaların kavramsallaştırmasını sağlamak için kullanılabileceği düşünülmektedir.

1.1. Çalışma Alanı

Eskişehir yerleşim yeri, Eski ve Yeni Alüvyal Birim ile örtülüdür. Eskişehir bölgesinin gevşek sedimanter birimlerini oluşturan birimler, Porsuk ve Sarusu nehirlerinin depoladığı genellikle taşkın malzemeleri olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak bakıldığında Yeraltısuyu seviyesi 5 ve 10 m derinliklerinde seyretmektedir.

Eskişehir ve çevresinde yaşlıdan gence Karkın, Mamuca, Porsuk, Ilıca ve Akçay formasyonları bulunmaktadır[1]. Şehir, genellikle eski alüvyon olarak adlandırılan Pleyistosen yaşlı Akçay formasyonunun ve onun üzerindeki güncel yeni Alüvyon biriminin üzerinde kurulmuştur. Daha alt seviyelerde, Orta Miyosen çökellerinin bulunduğu birimler bulunmaktadır. Akçay Formasyonu, zayıf konsolide olmuş kil, silt ve çakıl seviyelerinden oluşurken, yeni alüvyon birimi Sarısu ve Porsuk nehirleri tarafından taşınıp depolanmış sedimanlardan oluşmaktadır. Zamana bağlı olarak çökelmiş bu alüvyon birimleri, göl, taşkın ve akarsu ortamlarında oluşmuştur, bu nedenle birimlerin yatayda korelasyonu noktasal verilerle mümkün olamamıştır.

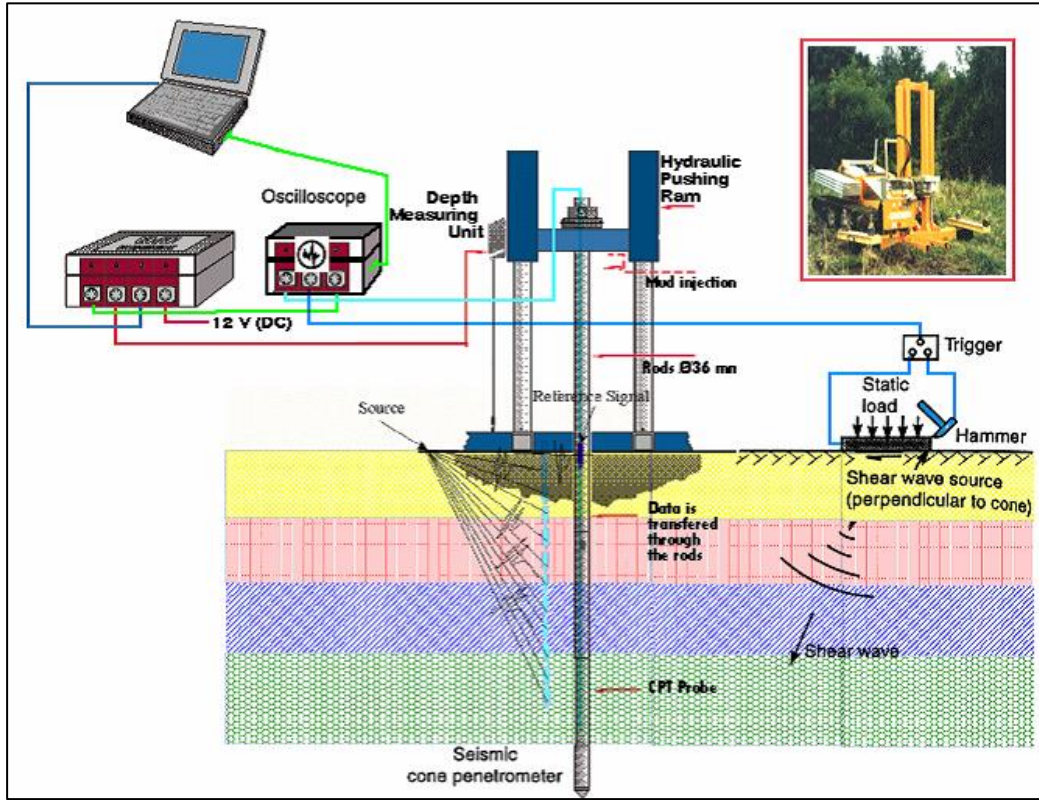
Çalışma alanı sınırlı sayıda CPT verisinin bulunması nedeniyle CPT verilerinin en yoğun bulunduğu bölge seçilmiştir (Şekil 1) [2,3,4,5]. CPT verileri, Ayday ve diğ., 2001. Eskişehir Yerleşim Yeri Mühendislik Jeolojisi Haritasının Hazırlanması, Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: 000401 kapsamında toplanmıştır. Bu çalışma kapsamında 16, 26, 30, 31, 32, 33 nolu CPT sondajların verileri kullanılmıştır.



Şekil 1. Jeoloji Haritası Üzerinde Çalışma Alanı ve SCPT konumları ([6]ve [7]'den düzenlenmiştir)

2. CPT(KONİK PENETRASYON TESTİ)

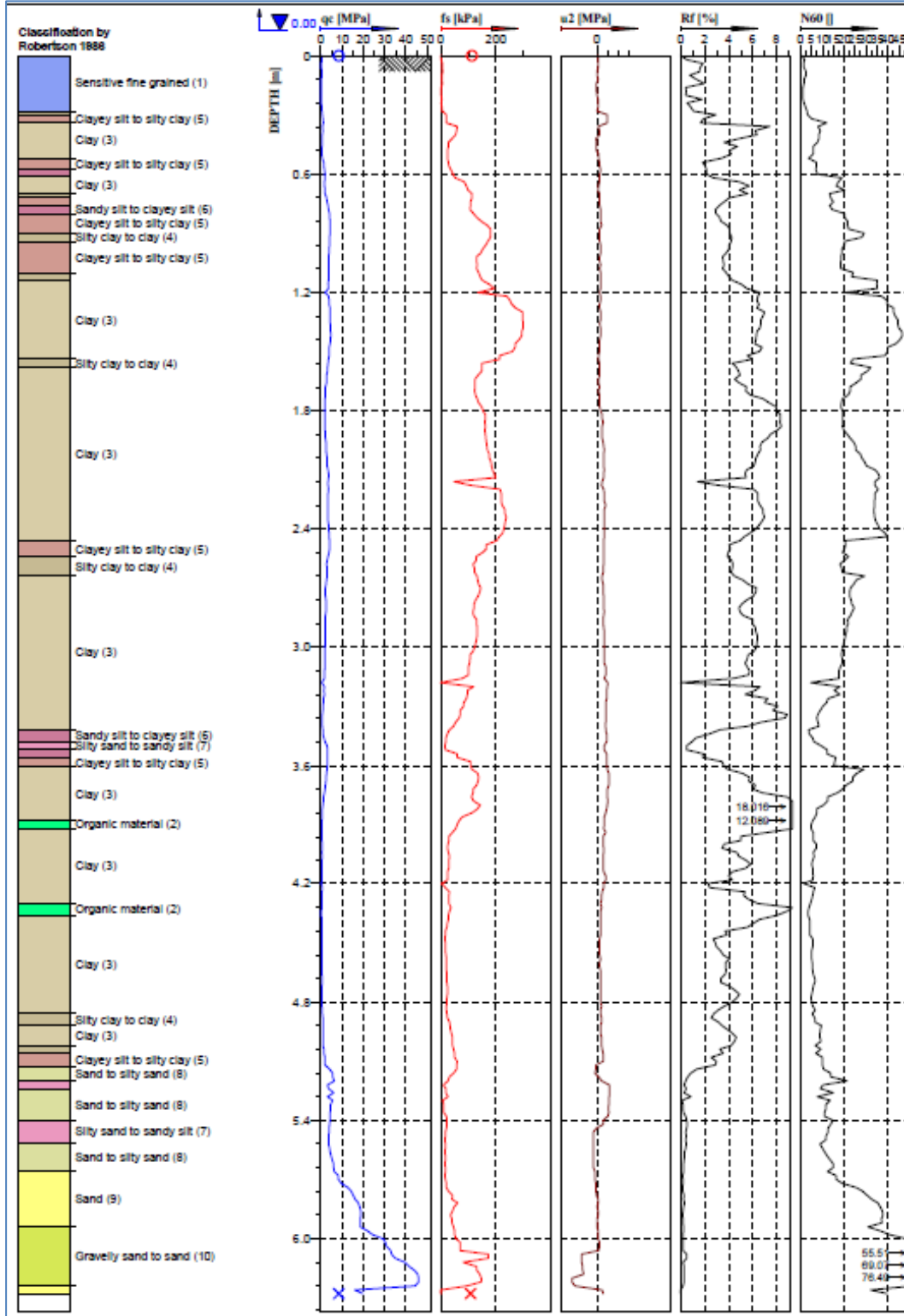
Zemin sınıflandırma sistemi, zeminleri mühendislik özelliklerine göre sınıflandırmasını sağlamaktadır. Normal olarak zeminin özellikleri laboratuvar koşullarında belirlenir. Sondajlar sırasında sondajın çeşitli derinliklerinden alınan örnekler laboratuvar koşullarında analiz edilir. Ve zemin tipi bir dizi deney sonucu belirlenir. Konik Penetrasyon Test Yöntemi (CPT) yeraltının sürekli profilini çıkartmaktadır (Şekil 2 ve Şekil 3).



Şekil 2. CPT deney düzeneği

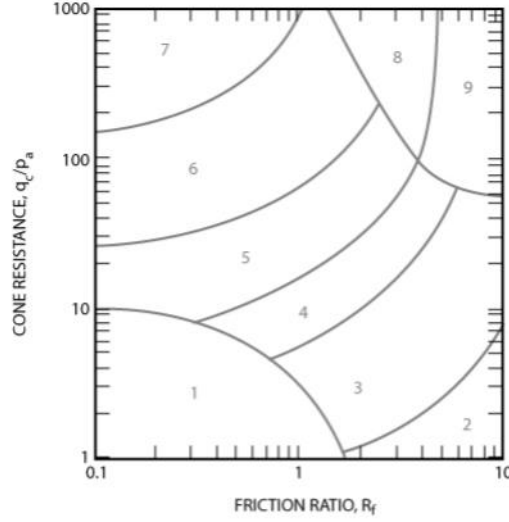


Şekil 3. CPT Deneyinin uygulanışı



Şekil 5. CPT Logu

Bu yöntemi temel alan birçok ampirik korelasyon geliştirilerek [9-10-11-12], zeminlerin geoteknik parametrelerini bulunması sağlanmaktadır. En popüler CPT zemin davranış grafiği, Robertson (1990) tarafından oluşturulmuştur[9](Şekil 6).



Zone	Soil Behavior Type
1	Sensitive, fine grained
2	Organic soils - clay
3	Clay - silty clay to clay
4	Silt mixtures - clayey silt to silty clay
5	Sand mixtures - silty sand to sandy silt
6	Sands - clean sand to silty sand
7	Gravelly sand to dense sand
8	Very stiff sand to clayey sand*
9	Very stiff fine grained*

* Heavily overconsolidated or cemented

P_a = atmospheric pressure = 100 kPa = 1 tsf

Şekil 6. Robertson (1990) sınıflandırması[9]

3. VERİLERİN KONUMSAL DEĞİŞKENLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Vanmarcke, 1983 te yayınladığı “Random Fields: Analysis and Synthesis” başlıklı makalesinde rassal değişkenlerin, tüm gözlenen değerlerinin belirsizliklerle birlikte ölçüldüğünü ifade etmektedir. Kayaçlar ve zeminlerdeki ölçümler fiziksel ve mekanik yasalarla değişen, litolojik seviyelerle ayrılmaktadır. Bu değişkenlik fiziksel ve mekanik yasaların yanında mekâna bağlı belirsizliklerin etkisi altındadır. Belirsizlikler, az sayıda ölçüm, zeminin temsil edici elemanından küçük miktarının araştırılması gibi bilgi eksikliğinden kaynaklı belirsizlik (Epistemik) ve uzayda veya zamanda ortamın malzeme özelliğinde, oluşumundaki karmaşıklık ve sonraki etkiler sonucu oluşan doğal rassallıkla ilişkili (İçsel (Inherent)) değişkenliğin birleşimidir. Ölçüm sayısı veya sıklığı arttırıldıkça Epistemik belirsizlik düşmektedir. Diğer bir deyişle sürekli ölçüm yapan aletlerde bilgi eksikliğinden kaynaklı belirsizlik “0” a yaklaşmaktadır. Diğer taraftan Inherent belirsizlik zemin katmanın içsel özelliğine göre farklı konumsal değişkenlik yapısı ile değişkenlik göstermektedir.

Uzelli ve diğ. 2005, Phoon ve diğ. 2003, Cherubini ve diğ. 2007, Uzielli ve Mayne 2008, Vessia ve diğ. 2011 gibi araştırmacılar CPT de ki değişkenliği rassal alanlar teorisi [18] ile değerlendirmişlerdir[13-14-15-16-17-18].

Testlerin uygulanması sırasındaki insan kaynaklı hataları yok varsayıldığı zaman, konik uç direncindeki q_t , net, ve gözenek suyu basıncındaki değişkenlik, zeminin heterojenliğini ifade eden katmanların varlığı, ve homojen zemin katmanlarının içerisindeki zemin özelliklerinin inherent (içsel) değişkenliğinden

kaynaklanmaktadır[17]. Bu iki değişkenliğin birbirinden ayrılması ile homojen zemin katmalarının sınırları bulunabilmektedir[17].

Normalize edilmiş konik uç direnci, Q_t , ana parametre olarak değerlendirilmiştir çünkü Q_t zeminin litolojik ve mekanik olarak tanımlanmasındaki tüm aşamalarda kullanılmaktadır[17].

$Q_t = q_{t,net}/\text{efektif gerilme}$

Zemin parametresinin konumsal ve rassal yapısını belirlemek için kullanılacak aşamalar Vessia vd. 2011 tarafından tanımlanmıştır[17].

1. Homojen zemin katmanların belirlenmesi
2. Kalanların belirlenmesi amacıyla trendin arındırılması
3. Zayıf kararlılık gösteren kalanların belirlenmesi ve standart sapmalarının hesaplanması
4. Oto korelasyon fonksiyonunun hesaplanması ve otokorelasyon modellerine uydurulması
5. Dalgalanmanın derecesinin en uygun otokorelasyon modeline uydurulması.

Bu çalışma Eskişehir zeminin konumsal yapısının belirleme çalışmalarının aşamalarından, homojen zemin katmanlarının belirlenmesi aşamasını oluşturmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Katman İçi Korelasyon Katsayısı (RI (Interclass Correlation Coefficient Index)) yöntemi kullanılarak Eskişehir zeminindeki homojen zemin katmanlarının belirlenmesi sağlanmıştır.

3.1. RI İç Sınıf Korelasyon Katsayısı ile Katman Sınırlarının Belirlenmesi

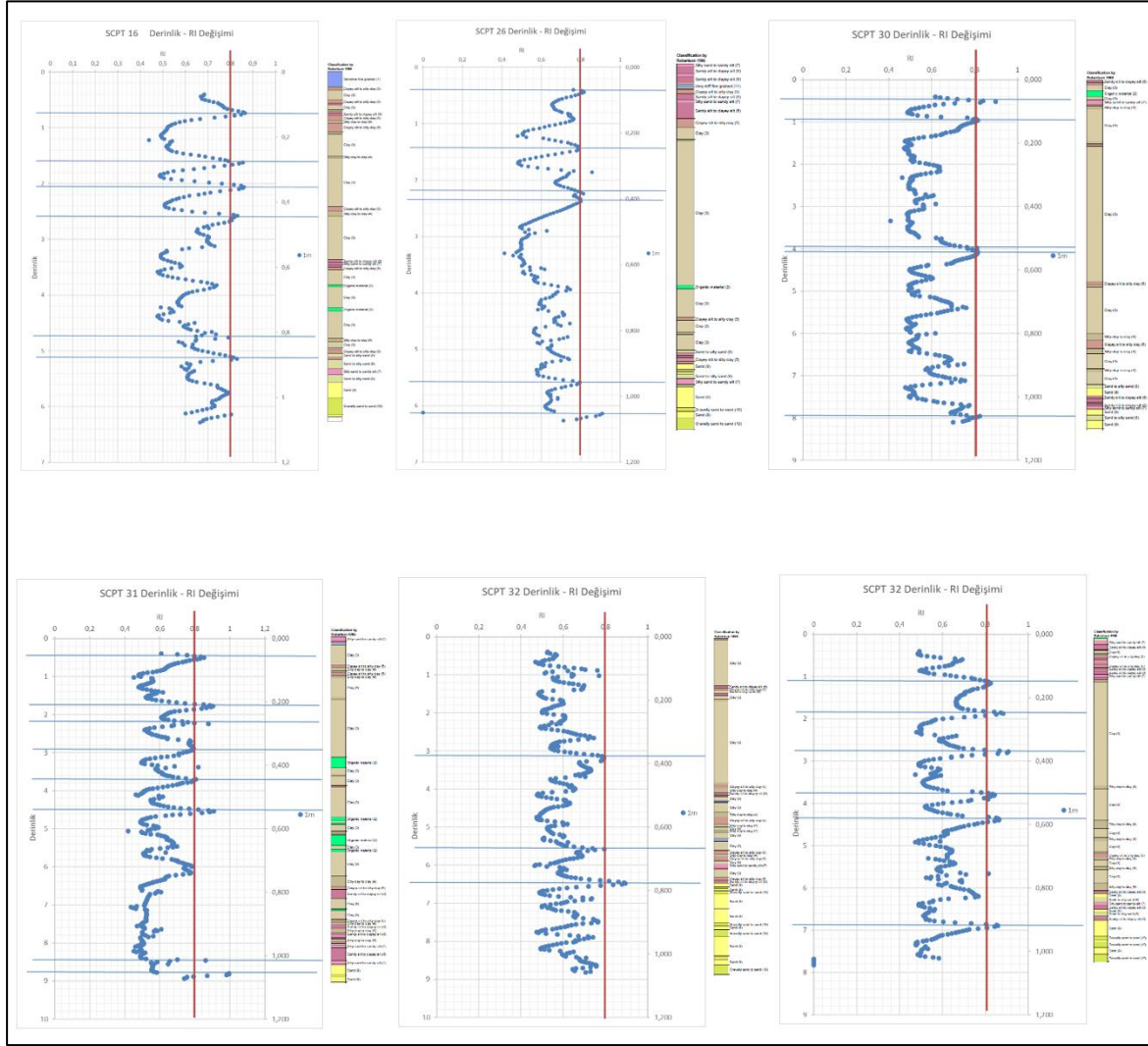
Bu yöntem ile derinliğe bağlı Q_t değerleri kullanılmıştır. Bu metod m sayıda ölçüm içeren iki ardışık penceredeki ölçümlerin varyanslarının iki pencerenin birleştirilmiş varyanslarının iç sınıf korelasyon katsayısı kullanılarak RI karşılaştırılmasını içermektedir.

$$RI = \frac{s_b^2}{s_b^2 + s_p^2}$$

Bu eşitlikte S_b ' 2 m lik pencerenin birleştirilmiş varyansını ifade ederken S_p birleşik varyansı ifade etmektedir.

$$s_p^2 = \frac{n \cdot (s_1^2 + s_2^2)}{2n - 1}$$

Sonuç olarak her bir ölçüm seti için bir RI kesiti oluşturulmuştur (Şekil 7). RI değerleri iki ardışık pencerenin ortasına gelmektedir. İstatistiksel bakış açısıyla, RI profili bir zemin katmanı geçildiği zaman pik vermektedir. Uygulamalardan edinilen tecrübeye dayanarak RI, sınıf değişim sınır değeri 0.8 olarak uygulanmaktadır[17]. İşlemin detayları Wickermesine ve Champenalla 1991 ve çalışmasında tanımlanmıştır[17-19].



Şekil 7. Derinlik – RI Değişimleri

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu kapsamda yapılan çalışma Eskişehir zeminin konumsal yapısının belirlenmesi çalışmasının homojen zemin katmanlarının oluşturulması aşamasıdır. Dolayısıyla, Eskişehir zeminin konumsal değişkenliğinin belirlenmesi çalışmasının ilksel sonuçları olarak değerlendirilmektedir.

Çalışma alanında seçilen CPT verilerinin her biri için RI-Derinlik değişimlerini gösteren kesitler oluşturulmuştur. Kesitlerde tabaka sayısının 4 ile 9 arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Bazı loglarda çok ince tabakalara görülürken bazılarında ise ince tabakalar bulunmamakta veya fark edilememektedir. Fark edilememesinin sebebi yöntemde kullanılan hareketli pencerenin büyüklüğünün olabileceği düşünülmektedir.

En belirgin korelasyon CPT 30 ile CPT31 arasında gözlenmektedir ancak genel olarak bakıldığında çok yakın CPT profillerinden elde edilen tabakaların arasında bile kesin bir korelasyon sağlanamamıştır. Korelasyon sağlanamamasının nedeni bölgenin karmaşıklığı olabileceği gibi yine hareketli pencerenin büyüklüğü ile ilişkilidir. Bu nedenle ileriki çalışmalarda hem çalışma alanının genişletilerek daha fazla CPT verisinin değerlendirilmesi hem de farklı hareketli pencere büyüklüklerinin denenmesi gerektiği belirlenmiştir.

REFERENCES

- [1] Tokay F, Altunel E, Eskişehir fay zonunun İnönü-Dodurga çevresinde neotektonik özellikleri. ATAG-5 Toplantısı. 15-16 Kasım 2001, Ankara.
- [2] Ayday vd., 2001, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Eskişehir Yerleşim Yerinin Yerleşim Amaçlı Jeoloji ve Jeoteknik Etüt Raporu, Eskişehir.
- [3] Ayday vd., 2002, Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Karabayır Mevkii Yerleşim Amaçlı Jeoloji ve Jeoteknik Etüt Raporu, Eskişehir.
- [4] Ayday vd., 2001, Eskişehir Yerleşim Yeri Mühendislik Jeolojisi Haritasının Hazırlanması, Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: 000401, Eskişehir.
- [5] Tun M, Ayday C, Bull Eng Geol Environ 2018 77: 225. <https://doi.org/10.1007/s10064-016-0987-y>.
- [6] Orhan A The geo-engineering properties of foundation soils in southern part of Eskişehir city center and applying of geographic information system (in Turkish). PhD thesis, Eskişehir Osmangazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 2005.
- [7] Seyitoğlu G, Ecevitoglu GB, Kaypak B et al (2015) Determining the main strand of the Eskişehir strike-slip fault zone using subsidiary structures and seismicity: a hypothesis tested by seismic reflection studies. Turk J Earth Sci 24(1):1–20.
- [8] Özçelik, 2003. Zemin İncelemelerinde Standart Penetrasyon ve Koni Penetrasyon Deneyleri. Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [9] Robertson PK, Soil classification using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, 1990; 27(1): 151-158.
- [10] Douglas JB, Olsen RS “Soil Classification using Electric Cone Penetrometer,” Symposium on Cone Penetration Testing and Experience, Geotechnical Engineering Division, ASCE, St. Louis, 1981, pp. 209-227.
- [11] Senneset K, Janbu N, Shear strength parameters obtained from static cone penetration tests. In: Chaney & Demars (eds), Strength testing of marine sediments: laboratory and in-situ measurements ASTM STP 883: 41-54. Philadelphia, 1985.
- [12] Robertson PK, Campanella RG, Gillespie D, Grieg J, 1986. Use of piezometer cone data. Proceedings, In-situ’86, ASCE Specialty Conference, Blacksburg, VA.
- [13] Uzielli M, Vannucchi G, Phoon KK, Random field characterisation of stress-normalized CPTparameters. Géotechnique, 2005; 55(1): 3–20.
- [14] Phoon KK, Quek ST, An P, Identification of statistically homogeneous soil layers using modified Bartlett statistics. Journal of Geot. and Geoenv Eng. 2003;129(7): 649-659.
- [15] Cherubini C, Vessia G, Pula W, Statistical soilcharacterization of Italian sites for reliability analyses.Proc. of 2nd Intern. workshop on charact. & eng. prop. of natural soils (Invited Paper), Singapore, 2007.

- [16] Uzielli M, a Mayne, PW, Comparative CPT-based classification of Cooper Marl, Proc. 3rd Int. Conf. on Site Charact., (ISC-3), Taipei (Taiwan) 2008. Taylor & Francis Group: London.
- [17] Vessia G, Casini F, Springman S, Mechanical characterisation of lacustrine clay by interpreting spatial variability in CPTU measurements, Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering. Jul 2011, 2965 -2973.
- [18] VanMarcke E, Random Fields: Analysis and Synthesis, MIT Press: Cambridge MA, 1983.
- [19] Wickremesinghe DS, Campanella RG Statistical Methods of Soil Layer Boundary Location Using the Cone Penetration Test. Proc. 6th Int. Conf. on Applic. of Stat. and Prob. in Civil Eng., CERRA-ICASP6, 1991, 636-644.