

ALÜVİYAL ORTAMLARDA STANDART PENETRASYON VE KONİ PENETRASYON DENEYİ

Erdoğan Öner

Özet- Zeminler, jeolojik geçmişi, içindeki danelerin ve suyun varlığı nedeni ile farklı özelliklere sahiptir. Bundan dolayı zemini tanımak amacıyla farklı deneysel yöntemler geliştirilmiştir. Zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini tanımak amacıyla kullanılan gerçekçi yöntemler arazi deneyleridir. Günümüzde en sık kullanılan arazi deneylerinden olan Standart Penetrasyon ve Koni Penetrasyon deneyleri, deneylerin yapıları, özellikleri ve karşılaştırılması aşağıda anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler-Standart penetrasyon, Koni penetrasyon, kaşık, tokmak, piyezokoni,

Abstract-Soils have variable properties due to their geological past, grain size distribution, consistency and water content. Field testing methods are preferred to determine the physical and mechanical properties of alluvial soils because it is difficult to obtain undisturbed samples. This article describes the features of the most common field tests: the standart penetration test and the cone penetration test.

Key Words-Piezocone, sampler hammer, standart penetration, cone penetration

I. GİRİŞ

Zemin etütleri zeminin fiziksel ve mekanik özelliklerini anlamak amacıyla yapılır. Bu amaca ulaşmak için yapılan dönel sondajlarda, kumlu ve siltli ortamlarda örselenmemiş numune almanın çok zor olduğu, zemin özelliklerinin örselenme sonucu çok düşük çıktığı görülür. Bu sorunu gidermek için Standart Penetrasyon (SPT) veya Koni Penetrasyon (CPT) deneyleri yapılır. Türkiye’de standart uygulama olan SPT deneyi, killerde ve siltlerde hatalı sonuç verdiği gibi zemin profilinde ani ve kısa boylu değişiklikleri yansıtamamaktadır. Bu nedenle silt/kum ve kil içeren ortamlarda boşluk suyu basıncında ölçüldüğü CPT kullanılır.

E. Öner, SAÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümü, Adapazarı

II. STANDART PENETRASYON DENEYİ(SPT)

Standart Penetrasyon deneyi 1927 yılında geliştirilmiştir. Bu tarihten sonra yaygın kullanılan bir arazi deneyi haline gelmiştir. Yeraltı tabakalarına ait bilgilerin bulunmasında kullanılan ekonomik bir deneydir.

Bu deney geliştirildiği ilk yıllarda Kuzey ve Güney Amerika’da ve Japonya’da yaygın olarak kullanılmıştır.

II. 1 Deneyin amacı ve yapılışı

Standart penetrasyon deneyi yarık tip numune alıcının (kaşık) zemine çakılması ve zeminden gördüğü direncin ölçümü ile yapılır. Sondaj takımı, sondaj çubukları, yarık penetrasyon kaşığı, tokmak ve örs deneyin yapımında kullanılır. Sondaj takımı numune kaşığının dışarıya alınmasına kadar göçmeden temiz olarak kalabilecek bir sondaj kuyusu açmaya elverişli olmalıdır. Sondaj takımı vurmali veya dönel tertibata sahip olmalıdır. Çarığı, sertleştirilmiş çelikten, ezilme ve eğilme durumunda değiştirilebilen yarık penetrasyon kaşığı kullanılır. Tokmak ise 63,5kg ağırlığında olup, örsün üzerine düştüğünde tam temas sağlayacak konumda olmalıdır.

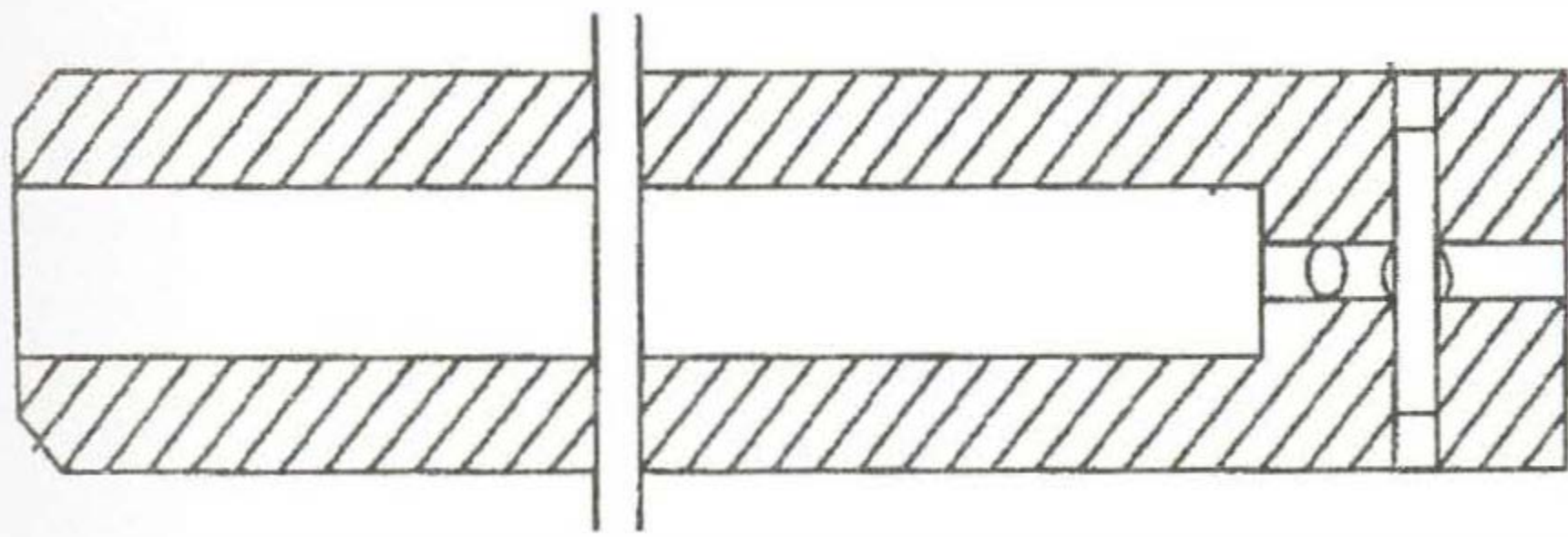
II. 1. a Deneyin yapılışı

Sondaj sonucu inilen derinlikte, sondaj kuyusunun dibi temizlenir ve temiz penetrasyon kaşığı sondaj çubuklarına bağlanarak kuyu dibine indirilir. Örsü, sondaj çubuğuna vidaladıktan sonra tokmak ve tokmak kılavuzu örse bağlanır. Bu işlemlerden sonra sistemin tek vuruşla sondaj kuyusu dibine oturması sağlanır.

Deney başlamadan önce sondaj çubuğu üzerine 15cm aralıklı dört referans çizgisi çizilir. Referans çizgileri kaşığın zemine girişini gözlemlememizi sağlar. Deney 63,5kg ağırlığındaki tokmanın 76 cm yükseklikten düşürülmesiyle başlar. Tokmanın düşürülmesi sonucunda kaşığın her 15 cm penetrasyonu için sayılan tokmak vuruşları kaydedilir. İlk 15cm’lik mesafe örselenmemiş zemin üzerine, numune alıcı çakılarak oturtulur. Bu vuruş kaşığın oturması içindir. Sonraki iki 15cm’lik penetrasyon toplamı “Standart Penetrasyon Direnci” olarak adlandırılır. Bu durumda ikinci ve

üçüncü 15cm'lik penetrasyonların toplamı bize vuruş sayısı "N"i verir. Başka bir ifade ile bu değer o zeminin SPT-N değeridir. Deney sırasında kaşığın her üç 15 cm penetrasyonunu sağlayacak vuruşlar aşağıdaki dört kriterden birine varıncaya dek sürdürülür;

- Her 15cm'lik üç penetrasyondan herhangi birinde toplam N=50 vuruş sayılmaması
- Toplam 100 vuruş uygulanması
- Tokmağın 10 vuruştan sonra fark edilir bir penetrasyon yapmaması
- Kaşığın penetrasyonunun yukarıdaki üç ifadede anlatılan şekilde engellenmeden zemine öngörülen 3*15cm=45cm girişi tamamlaması.



Şekil 1. Numune alıcının şekli

Standart penetrasyon deneyi ince orta kum, çok ince çakıllı kum, az siltli kum zeminde uygundur. Killerde N değerlerinin 1-30 gibi oldukça dar bir aralıkta sayılması nedeniyle bu tür zeminlerde duyarlı değildir. Killi zeminlerde yalnızca fikir vericidir.

II. 2 Penetrasyon direncine etki eden faktörler

Standart penetrasyon deneyinin yapılışı sırasında oluşan hatalardan dolayı penetrasyon direnci farklı çıkabilir. Bu hatalar şunlardır;

- Sondaj metodu
- Deneyden önce kuyunun dibinin temizlenmemesi
- Sondaj kuyusu çapı (D>10cm)
- Gerçek çekiç düşürme yüksekliği
- Çekiç tipi (otomatik ya da el ile)
- Çekicinin yeri (yüzeyde veya kuyu içinde)
- Numune alıcının durumu
- Çubuk boyu
- Numune alıcının doğal zemine oturtulamaması

II. 3 SPT bağıntıları

Drenajsız basınç dayanımı (q_c), içsel sürtünme açısı (Φ), Relatif sıklık (D_r), birim hacim ağırlık (γ) gibi zemin parametreleri için SPT deney sonuçlarına göre bağıntılar oluşturulmuştur. Taşıma gücü ve gerilme-birim deformasyon hakkında fikir verici olarak kullanılır. Bu bağıntıların kurulması ve işlevlik

kazanması SPT deneyi sonucunda bulunan N darbe sayısı kullanılarak oluşturulmuştur. N darbe sayısı, düzeltilmiş N_{60} değeri olarak kullanılır.

II. 3. 1 Deney verilerinin N_{60} ' a göre düzeltilmesi.

Düzeltilme faktörleri ile işlenmemiş SPT verilerinin değerini artırabiliriz. Aşağıdaki bağıntı, düzeltilmiş N_{60} değerini verir.

$$N_{60} = \frac{E_m \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S \cdot N}{0,60}$$

Burada;

N_{60} = arazi çalışmaları için düzeltilmiş N değeri

E_m = Çekiç randımanı

C_B = Sondaj kuyusu çapı düzeltilmesi

C_R = Sondaj çubuğu boyu düzeltilmesi

N = ölçülen SPT değeri

III. KONİ PENETRASYON DENEYİ (CPT)

Koni Penetrasyon Deneyi (CPT) Geoteknik mühendisliğinde zemin özelliklerini yerinde belirlemek için sıklıkla kullanılan bir arazi deneyidir. Bu yöntem 1920'li yıllarda Hollanda'da kumlarda kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye'de 1980'li yıllardan beri zemin etütlerinde kullanılmaktadır. Bu metot alüviyal zemin koşullarının hakim olduğu bölgelerde oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. CPT deneyi uygun zemin koşullarında gerek sürati gerekse de derinlikle veri sağlanması açısından zemin etütlerinde ve temel mühendisliğinin değerlendirmelerinde tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir.

III. 1 Deneyin amacı ve yapılışı

Bu deney ucu sivri bir sondanın zemine yavaş yavaş sokulması sırasında beliren uç direnci ile sonda gövdesindeki çevre sürtünmesinin mekanik elektronik veya sonik yoldan ölçümüyle yapılır. Zeminin mekanik özelliklerini yansıtan katsayıların bulunmasını sağlar. Ayrıca sondaya farklı yerlerde takılan piyezometre yardımıyla boşluk suyu basıncıda ölçülebilmektedir.

III. 1. a Deneyin yapılışı

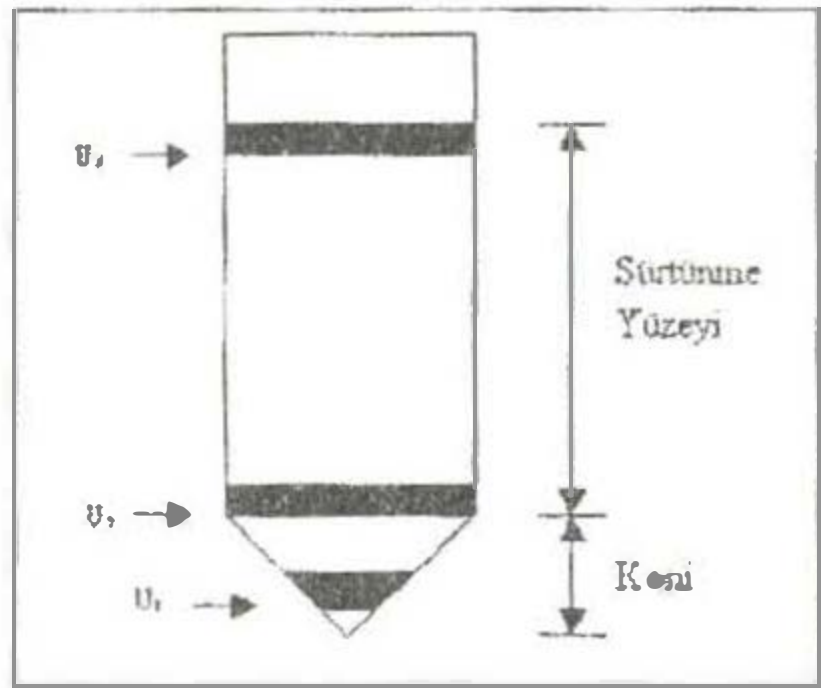
Koni penetrasyon aleti paletli bir araç ya da özel kamyonu bindirilmiş şekilde çalışmaktadır. Deneyin yapılacağı alana getirilen araç, ankrajlar vasıtasıyla zemine sabitlendikten sonra sonda zemine itilmeye başlanır. Kesit alanı 10cm^2 , konik uç açısı 60° olan silindirik şekilde sonda 20mm/sn hızla zemine itilmektedir. Sondaya bağlanan çelik sondaj

çubuklarının boyu (tij) 1m'dir. İnilecek derinlik, zeminin gösterdiği dirence göre değişir. Sonda ve sondaya bağlanan borular itme sistemi ile zemine sokulmaya başlanır. İtme sisteminin bir çubuk boyundan fazla bir mesafe ile değişmez bir hızda itme özelliğine sahiptir. Bu sırada penetrometre ucundaki gerekli itme kuvvetinin değişiminden itme sistemi etkilenmemelidir.

Derin sondalamalarda gerekli itme kuvveti 200 kN dolayında değişir. Genellikle alet kapasitesi 50kN'dan küçük olmamalıdır. Bu işlem sonucunda koni ucunda oluşan direnç (q_c), silindirik yüzeyde oluşan sürtünme kuvveti (f_s) ve penetrasyon sırasında meydana gelen boşluk suyu basınçları (u_w) bulunur(CPTU). Ayrıca istenen derinlikte penetrasyon durdurularak boşluk suyu basınçlarının ölçümü bunu izleyerek de sönümlenmesi gözlenerek zeminin geçirimsizlik ve sıkışabilirlik özellikleri hakkında bilgi edinilir.

III. 2 Koni Penetrometre ve piyezokoni

Koni penetrasyon deneyi; kesit alanı 10 cm^2 , konik uç açısı 60° ve koni üstünde 150 cm^2 yüzey sürtünme alanına sahip koni ile yapılır. Koni üzerine farklı yerlerde takılan piyezometre yardımıyla boşluk suyu basıncı ölçülür. Boşluk suyu basıncı ölçümü üç farklı konumda yapılır. Koni direnci ve çevre sürtünmesi genellikle elektronik deformasyon ölçerlerle bulunur.



ŞEKİL 2. Koni penetrometre

III. 3 CPT de tanımlamalar

III. 3. a Koni direnci

Koni direnci q_c koni ucundaki toplam eksenel gücün, alan faktörüne bölünmesi ile bulunur.

$$q_c = \frac{\text{Koni ucundaki eksenel güç}}{\text{Alan faktörü}}, \quad q_c = \frac{F_c}{A_T}$$

q_c kPa veya MPa olarak ölçülür.

III. 3. b Sürtünme direnci

Sürtünme kuvveti f_s ; toplam sürtünme kuvvetinin yüzey alanı sürtünmesine bölünmesiyle bulunur. Çevre sürtünmesi değerleri dengesiz su basıncından dolayı yüzeydeki sürtünmedir.

$$f_s = \frac{\text{Toplam çevre sürtünmesi}}{\text{Yüzey alanı sürtünmesi}}, \quad f_s = \frac{F_s}{A_s}$$

f_s kPa veya Mpa birimindedir.

III. 3. c Boşluk suyu basıncı

Penetrasyon sırasında kaydedilmiş boşluk suyu basıncıdır (U). Konik ucun üstünde normal filtre pozisyonundaki boşluk suyu basınçları için kullanılır.

III. 4 CPT bağıntıları

CPT deney sonuçlarına göre farklı zemin özellikleri ve bu zeminlere ait çeşitli bağıntılar bulunmuştur. Yumuşak killerin drenajsız kayma direnci, kumlarda efektif sürtünme açısı, granüler zeminlerde Relatif sıkılığın incelenmesi CPT sonuçlarından yararlanılarak yapılmıştır. Ayrıca CPT deney sonuçlarından zemin sınıflandırılmasında yararlanılmaktadır. Robertson 1990 yılında uç direnci ve sürtünme oranı verilerinden yararlanarak bir zemin sınıflandırma haritası oluşturmuştur. Bu zemin sınıflandırma haritası CPT deney sonuçlarının daha gerçekçi olmasını sağlamıştır. Bunun dışında aşırı konsolidasyon oranı ön konsolidasyon basıncı gibi zeminler için önemli katsayılar CPT deney sonuçlarına göre incelenebilir.

III. 4. a Taşıma gücü

Kum zemin üzerine inşaa edilerek yüzeysel temellerin son taşıma gücü CPT parametreleri esas alınarak formüle edilmiştir.

$$q_{ult} = q_c \cdot \frac{B}{c} \cdot \left[1 + \frac{D_f}{B} \right] \quad \text{Meyerhof (1956)}$$

Burada ; c: 12,2m

B: Temel genişliği (m)

D_f : Gömme derinliği

q_c : Temel genişliği kadar derinlikte uç direnci

(kPa)

IV. CPT ve SPT sonuçları arasında bağıntı

CPT ve SPT arasındaki bağıntılar bir çok araştırmaya konu olmuştur. CPT uç direncinin değerini SPT darbe sayısına çevirmek için yapılan önerilerden birisi Meyerhof (1956) tarafından kumlar için verilmiştir;

$$q_c = 4 * N$$

q_c : uç direnci

N: darbe sayısı

Bunun dışında iri daneli zeminlerde uç direnci ve ortalama dane çapı arasındaki ilişkiyle ilgili araştırmalar yapılmıştır.

V. SONUÇ

Standart penetrasyon deneyi (SPT) ve koni penetrasyon deneyi (CPT) yaygın olarak kullanılan arazi deneyleridir. SPT çok yaygın olarak kullanılmasına rağmen gerek deneyin kendi sınırlamaları gerekse uygulayıcı faktörü ve uygulama tekniğinden doğabilecek hatalar bu deneyi üzerinde çok tartışılır bir konuma getirmiştir. Deney hatalarından doğacak sonuçlar yukarıda bahsedilen bağıntıların hatalı sonuçlar vermesine neden olacaktır. Öte yandan CPT mekanik ve elektronik aletler yardımıyla uygulandığından hata oranı en azdır. SPT ye göre daha fazla sıklıkla veri alınması deneyi cazip hale getirir. 2 cm de bir alınan sonuçlar bu deneyin yumuşak killi zeminlerde ve gevşek kumlarda gittikçe artan bir sıklıkla kullanılmasını sağlamıştır. Ayrıca SPT deneyinde zemin numunesi alınarak zeminin endeks özellikleri laboratuvar ortamında ölçülebilirken CPT deneyinde numune alınamamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] TS 5744/1988 İnşaat mühendisliğinde temel zemini özelliklerinin yerinde ölçümü
- [2] SKEMPTON, A. W. , (1986) Geotechnique cilt:36 no:3 sayfa:425-447
- [3] LUNNE,T. , ROBERTSON,P. K. , POWELL,J. J. M., Cone penetration testing in geotechnical practice
- [4] CODUTO,D. P. , Foundation design/ Principles and practise