

TÜRKİYE CPT VERİ TABANI ve MEVCUT AMPİRİK BAGINTILAR ILE KARSILASTIRMA

Canan Emrem¹ ve H. Turan Durgunoglu²

ÖZET

Türkiye’de 1970’li yıllardan itibaren yapılan zemin etüdlerinde konik penetrasyon deneyi (CPT) kullanılmaya başlanmış olup günümüzde sözkonusu method, alüvyonel zemin kosullarının hakim olduğu bölgelerde oldukça yaygın bir kullanım alanına erismistir. Ayrıca sismik aktivitenin yüksek olduğu ülkemizde deprem mühendisliginde CPT metodundan çok yönlü yararlanılmaktadır. CPT’nin çevre geotekniki alanındaki uygulamalarında ek olarak, bir diğer uygulama alanı da zemin islahi yapılan sahalarda islah öncesi ve islah sonrası yapılan ölçümler ile gerekli kriterlerin sağlanıp sağlanmadığının kontrolüdür.

Bu makale kapsamında konik penetrasyon deneyinin sondajlar ile birlikte uygulandığı çok sayıda zemin araştırmasının Türkiye’ye ait bir veri tabanı olarak sunulması ve sondajlar esnasında yapılan standart penetrasyon deneyi ve alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen zemin mekanigi deneyleri ile elde edilen veriler ışığında, literatürde mevcut olan CPT parametrelerine ilişkin ampirik bagintilerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1. GIRIS

CPT metodu günümüzde temel mühendisligi problemlerinde karşılaşılan sorunların çözümüne ve tasarıma yönelik olarak ülkemizde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Durgunoglu ve diğerleri, 1996). Konik penetrasyon deneyi uygun zemin kosullarında, gerek sürati gerekse de derinlikle sürekli veri sağlaması açısından zemin etüdlerinde ve temel mühendisligi degerlendirmelerinde (Durgunoglu ve diğerleri, 1995a) tercih edilen bir metod haline gelmiştir. CPT etüdü esnasında koni sistemine eklenebilen çeşitli adaptörler ve sensörler yardımı ile uç mukavemeti, çeper sürtünmesi ve boşluk suyu basıncı degerleri haricinde deprem ve çevre-geotekniki mühendisligi açısından da önemli ilave veriler elde edilebilmektedir. Deprem mühendisligi uygulamalarında sismik aktivitenin yüksek olduğu ülkemizde zemin sınıfının, zemin büyütmesinin ve sivilasma potansiyelinin degerlendirmesinde CPT ölçümlerinden yararlanılmaktadır. Bu doğrultuda kayma ve basınç dalgası hızlarının derinlikle degisimi sismik ölçümler-SCPT ile belirlenebilmekte zemin büyütme analizlerindeki zemin modellemesinde kullanılabilir (Durgunoglu ve diğerleri, 2000a). Çevre-geotekniki uygulamalarında

¹ Dr., Ins. Müh., ZETAS Zemin Teknolojisi AS, Istanbul, Türkiye

² Prof.Dr., Insaat Mühendisligi Bölümü, Bogaziçi Üniversitesi, Istanbul, Türkiye

ise kirlilik tesbiti CPT ile dogrudan numune alarak ve iletkenlik ölçümleri ile mümkündür (Durgunoglu ve digerleri, 1996b). CPT'nin bir diger uygulama alanı da zemin islahi yapılan sahalarda islah öncesi ve islah sonrası yapılan ölçümler ile gerekli kriterlerin saglanıp saglanmadiginin kontrolüdür (Durgunoglu ve digerleri, 1995b; Emrem, 2000).

Ülkemizde CPT'nin kullanımında son yirmi yıl içindeki gelişmeler Türkiye ülke raporlarında sunulmuş idi (Durgunoglu ve Togrol, 1974, 1995). Bu rapor kapsamında Türkiye'de kullanılmakta olan CPT ekipmanı bilgisi verilmiş olup sözkonusu liste güncelleştirilerek Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. Türkiye'de kullanılan CPT ekipmanı

Kurum veya Firma	Marka	Tip	Kalibrasyon	Ölçümler
DEVLET KURUMLARI				
Devlet Demiryolları-Limanlar-Hava Meydanları Genel Müdürlüğü (DLH)	Dutch, 100kN	Mekanik	Mevcut değil	Uç
Devlet Su İşleri (DSİ)	Gouda, 200kN	Elektrikli – Mekanik	Gouda Unit	Uç+Çeper
Karayolları Genel Müdürlüğü	Gouda, 200kN	Elektrikli	Gouda Unit STU-100	Uç+Çeper
	Maihak, 25kN	Elektrikli-Titresen tel	-	Uç+Çeper +bosluk suyu basıncı
Türkiye İller Bankası	Geotech, 100kN	Elektrikli	Sifir okuması	Uç+Çeper +bosluk suyu basıncı +düşeyden sapma
ÜNİVERSİTELER				
Eskişehir Anadolu Üniversitesi	Geotech, 200kN	Elektrikli	Sifir okuması	Uç+Çeper +bosluk suyu basıncı + sismik+ düşeyden sapma
İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)	OYO, 40kN	Elektrikli	Sifir okuması	Uç+Çeper
Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ)	Gouda, 75kN	Mekanik	Manometer	Uç+Çeper
Sakarya Üniversitesi	Geotech, 200kN	Elektrikli	Sifir okuması	Uç+Çeper +bosluk suyu basıncı + sismik+ düşeyden sapma
MÜSAVİRLİK-ZEMİN ETÜDÜ ve MÜTEAHHİTLİK FİRMALARI				
GEOTEKNİK Etüd, Müsavirlik ve Müh.	Geomil, 200kN	Elektrikli	Sifir okuması	Uç+Çeper +bosluk suyu basıncı
GEOTEST	Gouda, 200kN Gouda, 100kN	Elektrikli Mekanik	Gouda Unit Manometer	Uç+Çeper +bosluk suyu basıncı
KASKTAS	Geomil, 200kN (2 adet)	Elektrikli Mekanik	Sifir okuması	Uç+Çeper +bosluk suyu basıncı + sismik +zemin numunesi alıcısı
STFA	Özel yapım, 25kN	Mekanik	Manometer	Uç+Çeper
TEKAR	Geotech, 200kN (koni+aksesuar)	Elektrikli	Sifir okuması	Uç+Çeper +bosluk suyu basıncı + düşeyden sapma
ZETAS	A.P. vd BERG, 100kN	Elektrikli	Sifir okuması	Uç+Çeper +bosluk suyu basıncı + sismik (2jeofon) + iletkenlik+su ve gaz numunesi alımı
ZMG	Geotech, 200kN	Elektrikli	Sifir okuması	Uç+Çeper +bosluk suyu basıncı + düşeyden sapma

Bu tablodan kolayca izlenebileceği gibi 1974 yılında ülkemizde sadece bir adet CPT ekipmanı mevcut iken yirmi yıl içerisinde sözkonusu rakam onsekize ulaşmıştır.

2. TÜRKİYE CPT VERİ TABANI

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin çeşitli yörelerinde son bes yıl içerisinde gerçekleştirilmiş olan zemin etüdüleri kapsamında yapılan CPT, sondajlar, laboratuvar deneyi sonuçlarını içeren bir veri tabanının değerlendirilmesinin sunulması amaçlanmıştır. Bu veri tabanı yaklaşık 50 farklı projenin zemin etüdü için yapılmış 600 adet CPT'yi içermektedir. Veri tabanının çoğunluğunu teşkil eden etüdülerde kullanılan CPT ekipmanı Hollanda (A.P. vd Berg) yapımı olup elektronik veri toplama sistemine sahiptir. Sondalama 10 cm² konik uç ve 150 cm² çevre alanına sahip 60° açılı elektronik bir konik ucun 10 ton kapasiteli bir hidrolik baskı yoluyla 2 cm/sn sabit hızla zemine penetre edilmesi ile yapılmaktadır. Penetrasyon sırasında 2 cm ara ile ölçülen uç ve çevre mukavemeti verileri bilgisayarda kaydedilmektedir. Yine veri tabanında sunulan sondajlar ise konvansiyonel sulu rotari metodu ile yapılmıştır. Sondajlar esnasında gerçekleştirilen standart penetrasyon deneyleri (SPT) ise sahmerdan, kedibasına iki defa sarılı halat ve kilifsiz tipte standart numune alıcısı kullanılarak yapılmıştır. Dolayısıyla SPT deneylerindeki enerji seviyesi ortalama %45 mertebesinde olarak kabul edilebilir (Durgunoglu ve diğerleri, 2000b). Veri tabanındaki bilgiler kullanılarak, CPT parametreleri ile SPT/N değeri, ince dane oranı ve drenajsız kayma mukavemeti arasındaki ilişki önceden geliştirilmiş ve geoteknik literatüründe yer alan ampirik bağıntılar ile karşılaştırılmıştır (Emrem, 2000).

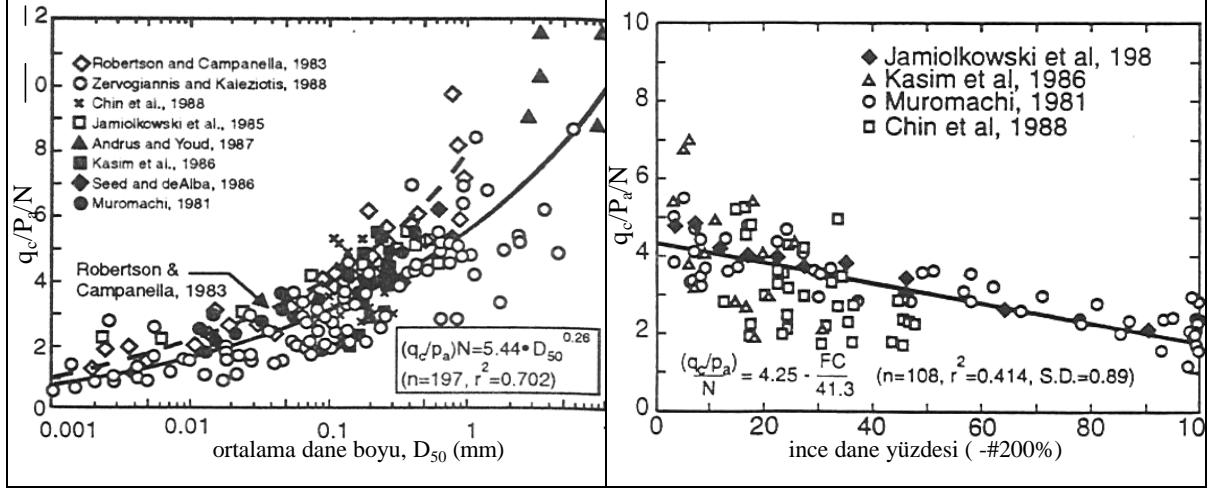
Veri tabanında yer alan her bir proje için, CPT, sondaj ve laboratuvar deney sonuçları, sahanın stratigrafik koşulları, sondaj ve CPT noktaları arasındaki mesafe gibi kriterler dikkate alınarak belirli bir kalite indeks sayısı belirlenmiştir. Örneğin orta kalitedeki etüdü için %70 indeks sayısı verilirken CPT-sondaj aralığının 5.0m mertebesinde olduğu, kontrollü yerinde ve laboratuvar deneylerinin mevcut olduğu projelere %95 indeks sayısı verilmiştir.

3. İNCE DANE ORANI İLE CPT-SPT KORELASYONU

Standart penetrasyon deneyi (SPT) dünyanın çoğu yerinde olduğu gibi Türkiye'de de zemin etüdülerinde en yaygın şekilde kullanılan yerinde deneydir. SPT yönteminin standardizasyonuna yönelik tüm çabalara karşın deneyin tekrar edilebilirliği ve güvenilirliği açısından halen önemli sorunlar mevcuttur. Özellikle ülkemizdeki N sayıları %40-45 enerji seviyesine tekabül ettiğinden güvensiz yönde gereğinden yüksek değerler olarak ölçülmektedir. Bugüne kadar temel mühendisliği projelendirmesine yönelik SPT/N darbe sayısını esas alan bir çok korelasyon ve metod geliştirildiğinden özellikle CPT'nin ilk geliştirildiği yıllarda CPT ile elde edilen parametreleri eşdeğer SPT/N değerlerine çevirmek ihtiyacı doğmuştur.

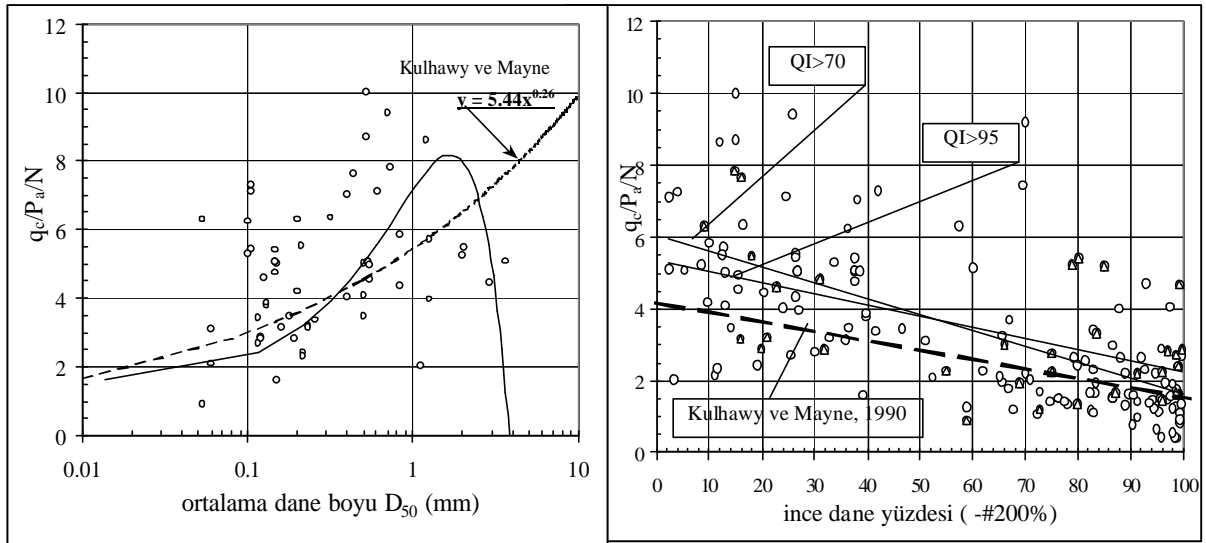
Robertson ve diğerleri (1983) SPT/N değeri ile CPT uç mukavemeti, q_c arasında mevcut bağıntıları uç mukavemetinin SPT/N darbe sayısına oranının ortalama dane boyu, D_{50} ile değişimi grafiği şeklinde sunmuş, daha sonra Kulhawy ve Mayne (1990) tarafından Sekil 1'de gösterildiği şekilde bu grafiğe ilave veriler eklenmiştir. İlgili grafikte verilen bağıntıda görülebileceği üzere $(q_c/p_a)/N$ oranı artan dane boyu ile artmaktadır. Benzer ilişkiler yine Sekil 1'de gösterildiği üzere ince dane yüzdesi kullanılarak da geliştirilmiş olup $(q_c/p_a)/N$ oranının bu kez artan ince dane yüzdesi ile azaldığı belirlenmiştir.

Daha önceki yıllarda Türkiye’de benzer çalışmalar yapılmış ve bölgesel CPT ve SPT verileri değerlendirilmiştir (Özkan ve diğerleri, 1990, Iyisan ve Ansal, 1996). Bu çalışma kapsamında ise daha büyük bir veri tabanı kullanılarak elde edilen sonuçların literatürdeki mevcut bağıntılar ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Değerlendirmede ortalama dane boyutuna oranla pratikte daha çok geçerli olan ince dane yüzdesi değeri kullanılmıştır.



Sekil 1. Dane boyutu ile CPT-SPT korelasyonu (Kulhawı ve Mayne, 1990)

Veri tabanında mevcut SPT deney sonuçları her bir proje için Standart Penetrasyon deneyinde kullanılan yarıklı tüplü numune alicisine iletilen toplam teorik enerji, 60% enerji düzeyini yansıtacak şekilde, deneyde kullanılan sahmerdan tipi, sondaj çapı, tij boyu, numune alıcı tipi ve sürsarj etkisi dikkate alınarak gerekli düzeltme faktörleri ile düzeltilerek N_{60} sayısı bulunmuştur. Ayrıca her bir proje için zemin profili incelenerek sondaj kuyusunda SPT/N darbe sayısının elde edildiği derinlik için komşu CPT deneyinde elde edilen uç mukavemeti değerlerinin ortalaması dikkate alınmıştır. CPT uç mukavemeti değeri önce referans basınç değerine bölünmek suretiyle normalize edilmiş ve N_{60} sayısına oranı belirlenmiştir. Yatay ekseninde de elek analizleri sonucunda belirlenen ince dane yüzdesi gösterilmiştir. Sekil 2’de Türkiye için oluşturulan veri tabanı kullanılarak elde edilen sonuçlar verilmektedir. Sonuç olarak veri dağılım aralığı çok geniş olmakla birlikte literatürde verilen mevcut ilişkilerde önerilen trende uygun bulunmaktadır.



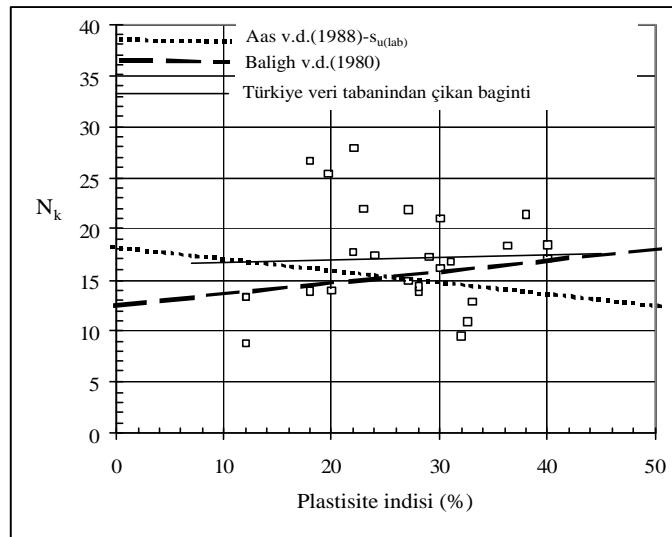
Sekil 2. Türkiye Veri Tabanı-Dane boyutu ile CPT-SPT ilişkisi

4. INCE DANELI ZEMINLERDE CPT'DEN DRAJISIZ KAYMA MUKAVEMETI

Bu çalışma kapsamında ince daneli zeminlerin drenajsiz kayma mukavemeti özellikleri toplam gerilme parametreleri esas alınarak incelenmiştir. CPT kullanımının ilk yıllarında CPT verilerinden killerin drenajsiz kayma mukavemetinin belirlenmesine yönelik yararlanılması amaçlanmıştır. Konuya ilişkin kapsamlı araştırmalar Jamiolkowski ve diğerleri (1982) ve Lunne ile Kleven (1981) tarafından yapılmıştır. Değerlendirmeler teorik ve ampirik olmak üzere iki farklı yaklaşımla yapılmakta olup teorik çözümler pratik kullanıma uygun olmadığından bu çalışma dışında tutulmuştur. CPT esnasındaki penetrasyonun kompleks mekanizması ve zemin davranışının modellenmesindeki güçlük ampirik yaklaşımların geoteknik pratiğinde benimsenmesine neden olmuştur. Türkiye için bu aşamada mevcut veri tabanında boşluk suyu basıncı verisinin çok kısıtlı sayıda olması nedeniyle drenajsiz kayma mukavemeti, s_u değeri toplam uç mukavemeti verileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Ancak özellikle son bir sene içerisinde ülkemiz genelinde artan ekipman sayısı ve özellikleri dikkate alındığında efektif uç mukavemeti değerleri kullanılarak da benzer bir çalışma yakın gelecekte yapılabilecektir. Drenajsiz kayma mukavemeti, s_u değeri aşağıdaki bağıntı kullanılarak belirlenmektedir:

$$s_u = (q_c - \sigma_{v0}) / N_k$$

Bu bağıntıda N_k , boyutsuz ampirik koni faktörü değeri olup, σ_{v0} ise toplam jeolojik yük değeridir. Literatürde bildirilen vaka analizleri ışığında koni faktörü değeri 8 ila 25 arasında değişmekte olup asiri konsolidasyon oranı, duyarlılık, silt yüzdesi, test tipi, jeolojik yük gibi faktörlerden etkilenmektedir. Türkiye için daha önce Özkan ve diğerleri (1990) tarafından yapılan bir araştırmada Ankara asiri konsolide fisürlü killeri için konsolidasyonsuz-drenajsiz üç eksenli kesme deneyleri sonucunda koni faktörü değeri 8 ila 25 arasında belirlenmiş olup ortalama 20 değeri elde edilmiştir. Bu makale kapsamında yapılan çalışmalarda, sondajlar esnasında elde edilen örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri veya sondaj kuyusu içerisinde yapılan veyn deneyleri ile elde edilen drenajsiz kayma mukavemeti s_u değerleri ve komşu CPT deneyinde sözkonusu derinlik için elde edilen ortalama q_c değeri dikkate alınmıştır. Hesaplanan ampirik koni faktörünün, yine aynı derinlik için laboratuvarında ölçülen plastisite indisi değeri ile değişimi Şekil 3'de sunulmaktadır.

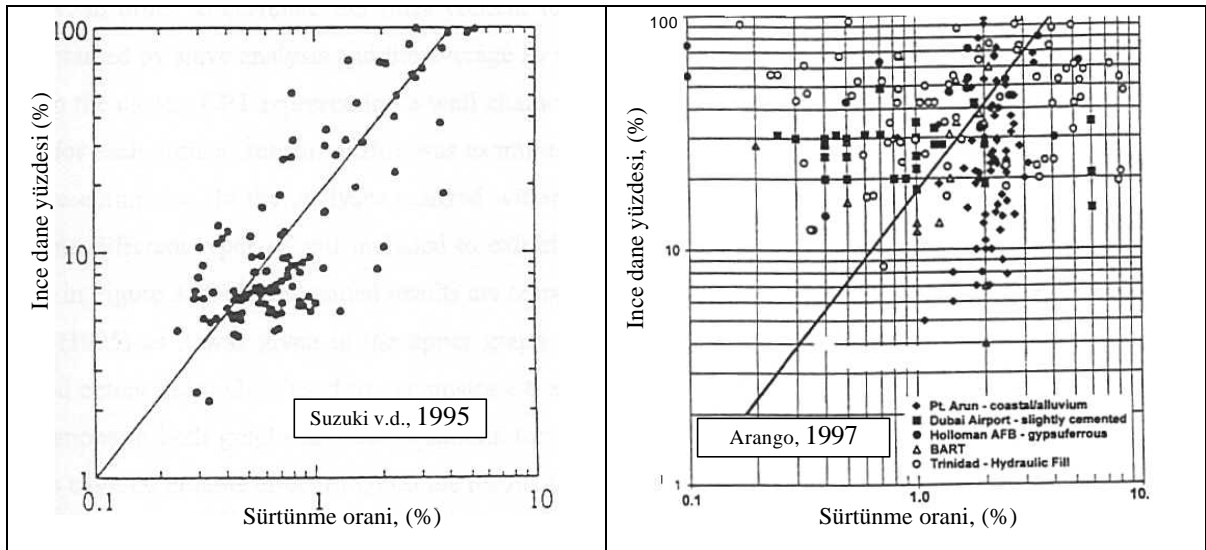


Şekil 3. Türkiye Veri Tabanı-Ampirik Koni Faktörü

Sekil 3’de aynı zamanda literatürde daha önce farklı araştırmacılar tarafından elde edilmiş bağıntılar da gösterilmektedir. Türkiye veri tabanı için elde edilen ortalama koni faktörü değeri $N_k=17\pm 9$ aralığında olarak belirlenmiş olup literatürde normal konsolide killere için önerilen değerlere oranla bir miktar yüksek, asiri konsolide killere için verilen değerlerle ise uyum içerisinde dir.

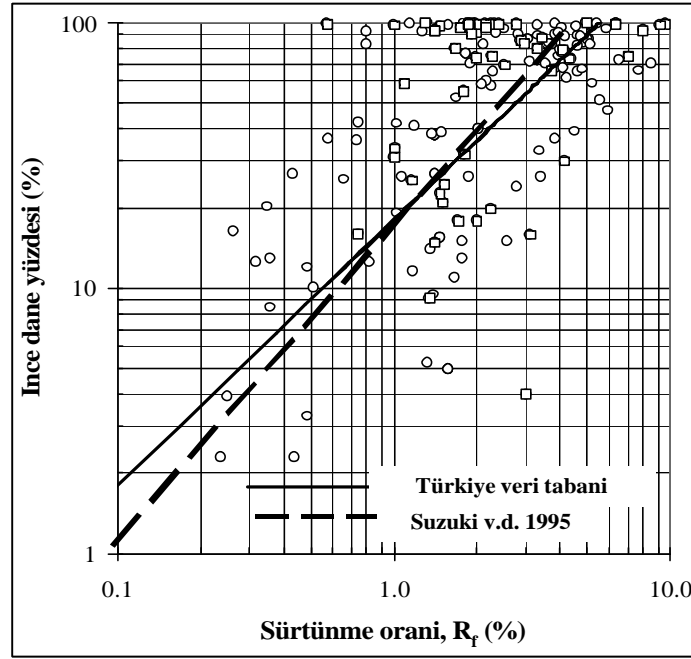
5. CPT’DEN DANE BOYUTU ÖZELLİKLERİ

Konik sürtünme oranı değerinin, $R_f=f_s/q_c$, (%) zeminin içerisindeki ince malzeme oranı ve plastisite ile artmakta olduğu bilinmektedir. CPT’den dane boyutu özelliklerinin saptanabilmesi özellikle sınırlı sayıda sondaj ve laboratuvar verisi bulunduğu durumlarda zemin sivilasma analizlerine isik tutması açısından büyük önem taşımaktadır. Literatürde bugüne kadar sunulan ince dane yüzdesi ve sürtünme oranına ilişkin araştırmalarda çok kuvvetli bir trend gözlenmemekte olup bu durum, konik penetrasyon esnasında ölçülen sürtünme değerinin ince dane oranının yani sira test metodu, zemindeki yatay gerilme mertebesi ve zeminin plastisitesi gibi farklı faktörlerden de etkilenmesidir (Mitchell ve Brandon, 1998). Suzuki (1995) ve Arango (1997) tarafından sunulan grafikler Sekil 4’de gösterilmektedir. Suzuki tarafından geliştirilen grafikten görülebileceği üzere kumlu zeminler için % 0.25 ila 1.0 arasında ölçülen sürtünme oranı değerlerine karşılık olarak % 2 ila 50 arasında değişen ince dane yüzdesi değerleri belirlenmiştir. Arango tarafından sunulan grafikte ise verilen değer aralığı Suzuki ve diğerlerine göre daha geniş olup belirgin bir trend bulunmadığı söylenebilir.



Sekil 4. Sürtünme oranı ile ince dane yüzdesi arasındaki bağıntılar

Bu çalışma kapsamında konik penetrasyon deneyi esnasında elde edilen sürtünme oranı değeri ile ince dane yüzdesi arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek amacıyla Türkiye için oluşturulan veri tabanında sondajlar esnasında elde edilen zemin numuneleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile elde edilen ince dane yüzdesi ve komşu CPT deneyinden sözkonusu derinlik için elde edilen ortalama sürtünme oranı, R_f değeri dikkate alınmıştır. Sözkonusu ilişki Sekil 5’de sunulmaktadır. Önceki bölümlerde açıklandığı şekilde kalite indeksi de dikkate alınmış olup ince dane yüzdesi ve sürtünme oranı arasındaki ilişkide değişken veri kalitesinin bulunan ilişkiye etkisi belirlenmemiştir.



Sekil 5. Sürtünme oranı ile ince dane yüzdesi arasında Türkiye veri tabanından elde edilen ilişki

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında öncelikle ülkemizde CPT yönteminin özellikle son yıllarda artan kullanımına değinilmiş gerek kamu gerek özel sektör tarafından edinilen CPT ekipmanı ve niteliklerine ilişkin bilgi verilmiştir. Aynı zamanda CPT, SPT ve laboratuvar deney sonuçlarından oluşan ve yaklaşık son beş yılda Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde gerçekleştirilen etüdlere elde edilen bir veri tabanının değerlendirilmesi sunulmuştur. Söz konusu veri tabanından elde edilen ilişkiler geoteknik literatüründe daha önceden sunulan ve SPT/N darbe sayısı, ince dane yüzdesi, ve mukavemet özelliklerine ilişkin bağıntılar ile karşılaştırılmıştır.

Genel itibarıyla Türkiye veri tabanından elde edilen ilişkiler literatürde verilen bağıntılar ile benzer trend göstermektedir. CPT'nin yaygın kullanımı ve elde edilen verilerin artan kalitesi dikkate alındığında söz konusu veri tabanı geliştirilebilecektir. Bu maksatla www.zetas.com/cptdatabase.html adresinde güncellenen veri tabanı bilgilerinin sunulması amaçlanmıştır.

TESEKKÜR

Bu makale kapsamında sunulan veri tabanının büyük kısmını oluşturan zemin etüdlere verisinin bir araya getirilmesinde katkısı bulunan ZETAS Zemin Teknolojisi A.S.'ye ve Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Tüneller ve Zemin Mekanik Dairesi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Arango, I., 1997, Historical and continued role of the Standard Penetration Test method in geotechnical earthquake engineering, 3rd Seismic Short Course on Evaluation and Mitigation of Earthquake induced liquefaction hazards, San Francisco, CA.
- Durgunoglu, H. T. ve E. Togrol, 1974, Penetration Testing in Turkey, Proceedings of ESOPT-1, Vol.1, p.137.
- Durgunoglu, H. T., H.F. Kulaç, S. İkiz, T. Karadayılar, C. Emrem Oge, G. Olgun, , 1995a, A Case Study on Determination of Pile Capacity Using CPT, Proceedings of CPT'95, Vol.2, pp.435-440, Linköping, İsveç.
- Durgunoglu, H. T. ve E. Togrol, 1995, CPT in Turkey, Proceedings of CPT'95, Vol.1, National Reports pp.243-252, Linköping, İsveç.
- Durgunoglu, H. T., O. Nur, Ö. Akbal, H.F. Kulaç, S. İkiz, G. Olgun. 1995b, A Case Study on Determination of Soil Improvement Realization Using CPT Proceedings of CPT'95, Vol.2, pp.441-446, Linköping, İsveç.
- Durgunoglu, H.T., C. Emrem Oge, G. Olgun, G. Tezel, 1996a, Temel Mühendisliği Tasarımında CPT Kullanımı, Akdeniz Zemin'96, Zemin Mekanigi, Temel Mühendisliği Seminerleri, Antalya, Türkiye, 28-30 Kasım.
- Durgunoglu, H. T., H.F. Kulac, S. İkiz, G. Olgun, C. Emrem Oge, D. Kocak ve G. Tezel, 1996b, İzmir-Çiğli Düzensiz Çöp Depolama Sahası Rehabilitasyonu ZMTM Türk Milli Komitesi 6. Kongresi, 9 Eylül Üniversitesi, Cilt.2, pp.476-487, İzmir.
- Durgunoglu, H. T., T. Karadayılar, J. D. Bray, R. B. Sancio, E. Hacıalioglu, 2000a. Sismik Penetrasyon Deneyi (SCPT) ile geoteknik-geodinamik zemin modellemesi, Zemin Mekanigi ve Temel Mühendisliği Sekizinci Ulusal Kongresi, 26-27 Ekim 2000, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Durgunoglu, H. T., Sancio, R. B., Bray, J. D., Karadayılar, T., Önalp, A. 2000b, Sivilasmis zeminlerde zemin davranisi modellemesinde kullanılan zemin araştırma yöntemleri-Adapazari Örneği, Zemin Mekanigi ve Temel Mühendisliği Sekizinci Ulusal Kongresi, 26-27 Ekim 2000, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Emrem, C. (2000), CPT As a Tool in Assessment of Soil Improvement Against Liquefaction. Doktora tezi, Bogaziçi Üniversitesi.
- Iyisan, R. ve A. Ansal, 1996, Arazi Penetrasyon Deney Sonuçlarının Karsilastirmasi, ZMTM Türk Milli Komitesi 6. Kongresi, 9 Eylül Üniversitesi, Cilt.1, pp.89-97, İzmir.
- Jamiolkowski, M., R. Lancellotta, L. Tordella ve M. Battaglio, 1982, Undrained strength from CPT, Proceedings of the European Symposium on Penetration Testing, ESOPT II, Amsterdam, Vol.2, pp. 599-606.

- Kulhawy, F. H. ve P.W. Mayne, 1990, Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design, Electric Power Institute, Palo Alto, CA.
- Lunne, T. ve A. Kleven, 1981, Role of CPT in North Sea Foundation Engineering, Symposium on Cone Penetration Testing and Experience, Geotechnical Engineering Division, ASCE, pp.49-75.
- Mitchell, J. K. ve T. Brandon, 1998, "Analysis and Use of CPT in Earthquake and Environmental Engineering", Proceedings of the Conference of Geotechnical Site Characterization, pp. 69-97, Rotterdam.
- Ozkan, Y., Y. Wasti ve T. Balkir, 1990, Arazi Deneylemleri Korelasyonlari ve Zemin Parametreleri Tahmini, Zemin Mekanigi, Temel Mühendisligi Türk Milli Komitesi Bülteni, Zemin, Cilt.1, pp.33-39.
- Robertson, P. K., R.G. Campanella, ve A. Wightman, 1983, SPT-CPT Correlations. Journal of Geotechnical Division of ASCE, Vol.109, pp.1449-1459.
- Suzuki, Y., K. Tokimatsu, K. Koyamada, Y. Taya ve Y. Kubota, 1995, Field correlation of soil liquefaction based on CPT data. Proceedings, International Symposium on Cone Penetration Testing, CPT'95, Linköping, İsveç, Vol.2, pp.583-588.

TURKEY CPT DATABASE and PERTINENT EMPIRICAL CORRELATIONS

Canan Emrem ¹ and H. Turan Durgunoglu ²

ABSTRACT

Cone Penetration Testing (CPT) has been utilized in Turkey mostly for soil investigation and foundation design purposes since 1970's and extensive development of the application of the technique was realized since then especially due to the presence of the alluvial deposits in large extents within the geological setting. Because of the high seismicity of the country, in general the prediction of soil amplification and soil liquefaction potential using CPT is also a main concern. The utilization of CPT equipment in geo-environmental engineering has been also realized in Turkey determining the extent of solid waste and pollution with the conductivity measurements and water and gas sampling. The effectiveness of soil improvement using various techniques is also evaluated by means of CPT in various projects.

Within the scope of this paper a large database of CPT, boreholes with SPT blow count values and laboratory test results is compiled for the sites in Turkey. Approximately 600 CPTs were examined from 50 different projects realized in different regions of Turkey over the last five years. The results are interpreted and evaluated for the comparisons with the previously developed empirical relations for correlations with SPT/N value, fine content, and strength characteristics.

¹ Project Engineer, CE Ph.D., ZETAS Zemin Teknolojisi AS, Istanbul, Turkey

² Professor of Civil Engineering, Bogaziçi University, Istanbul, Turkey