

DCP PORTATİF PENETRASYON CİHAZININ DOLGU SIKIŞMA KONTROLLERİNDE KULLANILMASI

Fahri Özbayođlu
Doç. Dr.
Niđe Üniversitesi

Ali Gürel
Yrd.Doç.
Niđe Üniversitesi

Osman Sivrikaya
İnş. Yük. Müh.
Niđe Üniversitesi

ÖZET

Günümüzde, gelişmekte olan metropollerde, çeşitli nedenlerle kırsal alanlardan kentlere yoğun bir göç yaşanmaktadır ve bunun sonucu olarak, öngörülen planların da ötesinde çarpık yerleşim düzeni ve alt yapı sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlardan en önemli olanlardan biri de kanalizasyon, su şebekesi, doğal gaz ve telekomünikasyon kablo sistemleri için açılan kanalların, yeterince sıkıştırılmaması ve daha sonra ortaya çıkan oturma ve göçüklerin, önemli hasarlar oluşturmasıdır. Çeşitli amaçlarla açılan çukurların, yeterince özen gösterilmeden kapatılması ve daha sonra oluşan çökme ve göçükler, hem yol kaplamasının bozulmasına, hemde bazı durumlarda su alarak çok ciddi hasarların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Söz konusu bu kazıların, daha sonraki aşamalarda gerçekleştirilen dolgu işlemlerinin, gerekli ve yeterli sıkıştırma kontrolleri yapılmadığı durumlarda, daha sonraları büyük sorunlar ortaya çıkmaktadır. Sıkıştırma kontrolleri değişik cihazlarla yapılabildiği gibi, en ekonomik ve pratik olarak DCP cihazı kullanılabilir. Bu çalışmada, sıkıştırma kontrolleri ile ilgili laboratuvar test sonuçları sunulmuş ve DCP cihazının bu kontrollerde yararlı olacağı görülmüştür.

1- GİRİŞ

Tüm gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, Türkiye de de kırsal alanlardan büyük kentlere yoğun göçler yaşanmaktadır. Bu göçe bağlı olarak büyük ölçüde artan nüfus nedeniyle, çarpık kentleşme sorunları ortaya çıkmaktadır ve bunlardan en önemlilerinden biri de giderek artan nüfus nedeniyle, kentlerin sürekli geliştirilmek zorunda kalınan altyapı sorunlarıdır.

Ülkemizde, büyük kentlere göçler, şehir bölge planlama uzmanlarının, tahminlerinin de ötesinde, çarpık bir yerleşme düzeni ortaya koymakta ve bu sorunların çözümü, önümüzdeki yıllarda, çok daha zor ve masraflı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Halen, Ankara, İstanbul, İzmir, gibi Metropollerde, çok daha önceki yıllarda yapılması gereken köprülülük kavşak, kanalizasyon ve su şebeke revizyonları, günümüzde yapılmak zorunda kaldığı için hayli zahmetli ve masraflı olduğu hususu gözden uzak tutulmamalıdır.

Bu sorunların en başında kanalizasyon, su şebekesi, doğalgaz ve telekomünikasyon kablo sistemi için açılan kanalların, yeterince sıkıştırılmaması veya sıkışma kontrollerinin gereğince yapılmaması gelmektedir. Açılan çukurların yeterince özen gösterilmeden kapatılması ve daha sonra meydana çıkan göçükler, hem yol kaplamasının bozulmasına hem de bazı durumlarda, dolguların su alarak ciddi hasarların oluşmasına neden olmaktadır.

Plansız büyüme sonucu, ortaya çıkan revizyon ve yenileme gereksinimine yanıt verebilme amacı ile gerçekleştirilen bu kazıların daha sonraki dolgu işlemleri gerekli sıkışma ve stabilizasyon kontrolleri yapılmadığı sürece, önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Bunların örneklerini, Ankara ve İstanbul gibi metropollerde fazlasıyla görebilmekteyiz. Geçen aylarda, Çankaya'nın Aşağı Ayrancı semtinde, yeterince sıkıştırılmadan dolgu yapılan kanal kazısına batan araçların durumu hepimizin, medya vasıtasıyla izlediğimiz tipik bir örnektir. Kanal dolgu sıkışmasının yeterli olmaması nedeniyle, her yıl küçümsenemeyecek oranlarda hasarlar oluşmakta ve trafik kazaları meydana gelmektedir. Açılan kanalların dolgusu sırasında, yeterince sıkıştırılmamasında, bu işin yapımını üstlenen muteahhidin olduğu kadar, gerekli sıkışma kontrollerini yapmayan belediye ilgililerin de ihmali söz konusudur. Bu gibi dolguların kontrolleri değişik cihazlarla gerçekleştirilebilmektedir.

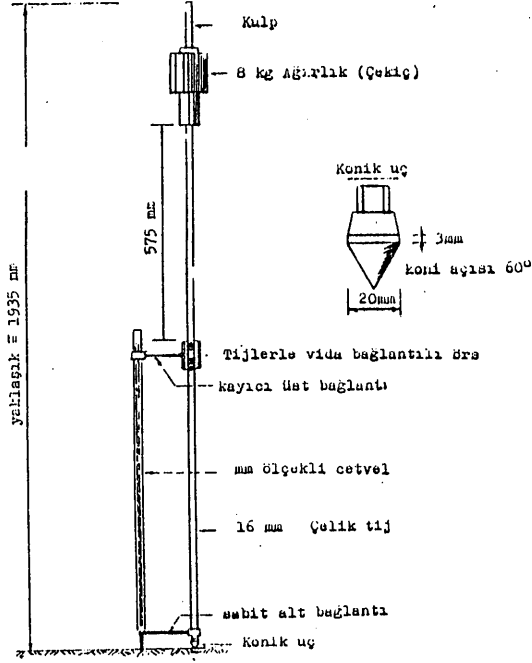
Bunlar içinde en ekonomik ve pratik olanı, hiç şüphesiz ki yaklaşık ağırlığı 12 kg ı aşmayan ve 1 m x 0.40 m boyutlarında bir çanta tarafından taşınabilen DCP cihazıdır. Portatif Konik Penetrometre cihazı, Künzell ve diğer portatif dinamik penetrometre cihazları gibi taşınabilmesine karşılık, 1 m lik çelik tijlerin yapımı, montajı ve penetrasyonu sağlayan 60 derece'lik çelik konik başlığı nedeniyle hayli pratik ve ekonomik bir cihazdır. Zemin dolgu ve kazılarının, geoteknik özelliklerinin

yerinde belirlenmeleri hayli zahmetli ve masraflı çalışmalardır. Geoteknik ve yol mühendisleri, CBR, statik ve dinamik koni penetrasyon yöntemleriyle, zemin dolgu ve kazılarının mekanik dayanım değerlerinin yerinde ölçümleri için laboratuvar koşullarında araştırma yoluna gitmektedir (1). Türkiye de yeni kullanılmaya başlanan Portatif Dinamik Penetrometre DCP cihazı, metropol alanlarında fazla derin olmayan dolgu sıkıştırma bölgelerini yerinde, pratik bir şekilde belirleyebilmektedir (2).

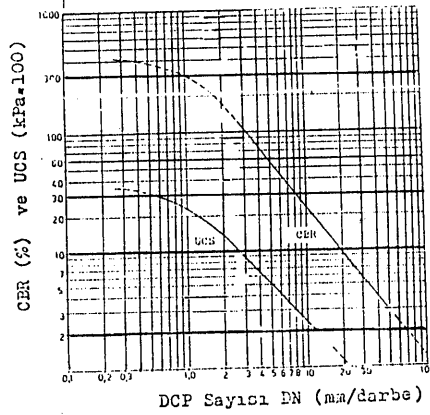
Portatif DCP cihazının çalıştırılması sırasında, 60 derecelik konik uç, sıkıştırılan dolgu içine veya bir yol kaplamasının alt tabakalarına çakılması, darbe sayılarına göre batma miktarları kriter alınarak, dolgunun sıkıştırılma derecesi hakkında bir fikir elde edilebilmektedir. Sıkıştırmanın iyi yapılabildiği kesimlerde, belirli bir derinliğe penetrasyon için gerekli darbe sayısı yüksek değerler vermektedir ve buna göre de dolgunun ne ölçüde sıkıştırıldığı kolaylıkla belirlenebilmektedir. DCP cihazının en pratik yönü, elde taşınabilir olması ve kullanımının son derece pratik olmasıdır. Söz konusu cihaz, kullanım sırasında sadece bir kaç cm çapında bir delik açılmakta ve yol kaplamalarının da sıkışma derecesi hakkında yeterli bilgi edinilebilmektedir (3). Darbeli çakma sırasında oluşabilecek hasarlar ve parça değişimleri, her hangi bir bakım atölyesinde rahatlıkla yapılabilmektedir. Bu cihazın derinliği fazla olmayan, metropollerin alt yapı inşaatlarında pratik olarak kullanılabilceği görüşündeyiz.

1-1 DCP Cihazı

Son yıllarda T.C.Ķ Genel Müdürlüğü araştırma laboratuvarı, Gazi Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Zemin Mekaniği Laboratuvarı ve diğer bazı kuruluşlarda kullanılmaya başlanan bu cihaz, 16 mm çapında, 1 m uzunluğunda, bir birinin ucuna vidalı olarak monte edilebilen çelik tijlerden oluşmaktadır. En uçtaki çelik çubuğun (tij) ucunda, tij çapından biraz farklı olarak, (Şekil - 1) de görüldüğü gibi 20 mm çapında ve 60 derece açığa sahip, darbelere karşı dayanıklı, özel çelikten yapılmış bir konik başlık bulunmaktadır. Söz konusu konik uç, 575 mm yükseklikten elle kaldırılıp düşürülen 8 kg lık bu ağırlık tarafından zemin içine çakılmaktadır. Çubuğun ucundaki konik başlığın yere çakılması sırasında (mm / darbe) terimi ile belirtilen, kısaca DN olarak veya DCP sayısı olarak da adlandırılan değerler, dolgu ve kaplamaların sıkışma durumlarını gösteren bir kriterdir. DCP sayılarının düşük olması, dayanım değerlerinin daha yüksek olduğunun göstergesidir (4). Şekil 2'de, DCP sayısı ile CBR ve serbest basınc dayanımı UCS değerleri arasındaki ilişki verilmiştir. (5)



Şekil-1 Dinamik Konik Penetrometre DCP



Şekil 2: DCP sayısı ile CBR ve UCS arasındaki ilişki (5)

1-2 Dinamik Penetrometreler

Günümüzde, amaca uygun olarak değişik tip ve boyutta dinamik penetrometreler kullanılmakta ve uçların darbe sayılarına göre batma değerleri, sıkışma durumunu belirtmektedir.

Genelde, bu tip penetrometrelerde, uç koni maksimum çapları tij (rot) çaplarından biraz daha büyük tutulmakta ve rotaların yanall sürtünme dirençleri minimum değere indirilmeye çalışılmaktadır.

Çakma sırasında, tijlerde meydana gelen olası eğilmelere karşı çakma işlemi döndürülerek yapılması önerilmekte ve bu durumda tijlerin yanall sürtünme etkisi minimuma indirilmektedir. Kullanılan mevcut dinamik penetrasyon cihazları tablo 1'de sınıflandırılmıştır.

Tablo 1. Dinamik Penetrometre Cihazlarının Sınıflandırılması (6)

Tip	Sembol	Çekiç Ağırlığı (kg)
Hafif	DPL	≤ 10
Orta	DPM	> 10 - < 40
Ağır	DPH	≥ 40 - ≤ 60
Çok Ağır	DPSH	> 60

Tablo 2'de Alman Standardı DIN 4094'te belirtilen dinamik penetrometrelerin özeti verilmiştir (7)

Tablo 2: DIN 4094'te Belirtilen Dinamik Penetrometrelerin Özeti

Cihazlar		Çekiç (kg)	Düşü (mm)	Tij ve Örs (kg)	Koni	
Tip	Kod				Çap (mm)	Alan (mm ²)
Hafif - LR5		10	500	6	25.2	500
		LR10	10	500	6	35.6
Orta - MRSA		30	200	6	35.6	1000
		- MRSB	30	500	18	35.6
Ağır - SRS 10		50	500	18	35.6	1000
		SRS 15	50	500	18	43.7

Tablo 3: Dinamik Penetrometre Testlerinin Uygulamalarıyla İlgili Uluslararası ISSMFE Komitesinin Önerdiği Normlar (8).

Sembol	Çekiç (kg)	Düşü (mm)	Tij ve Örs (kg)	Koni		Tij (mm)	
				Çap (mm)	Alan (mm ²)	Dış Çap	İç Çap
DPL	10	500	6	35.7	1000	22	6
DPM	30	500	18	35.7	1000	32	9
DPH	50	500	18	43.7	1500	32	9
DPSH	63.5	750	30	50.5	2000	32	--

1.2.2 Dinamik Penetrometrelerle İlgili Teorik Korelasyonlar

Değişik tip ve boyutlardaki dinamik penetrometreler, çekiç darbelerinin oluşturduğu koni başlık alanlarına düşen teorik birim kinetik enerji belirlenmeleri ile karşılaştırılabilir (9).

$$E_s = Mg.H / A$$

Burada E_s = Darbeye düşen spesifik enerji (kJ/m²)

M = Çekiğin kütlesi (kg)

g = Yerçekimi ivmesi (m/sn²)

H = Çekişin düşüşü (m)

A = Koninin alanı (m²)

Hareketli parçaların kütlesi: değişik kazık formüllerinde kullanılan dinamik koni direçleri Dutch formülü adı altında belirtilebilir.

$$R_d = M^2 H (M + P) * 1/e * 1/A$$

Burada R_d = Birim basınca düşen dinamik koni direnci

M = Çekiğin kütlesi (kg)

g = Yerçekimi ivmesi (m/sn²)

H = Çekişin düşüşü (m)

P = Hareketli parçaların kütlesi (örn. örs, tij, koni vs.)

E = Darbe başına düşen penetrasyon

A = Koninin alanı (m²)

Tablo 4: Her Bir Darbeye Düşen Spesifik Enerji İRTP/DP, DIN ve SPT

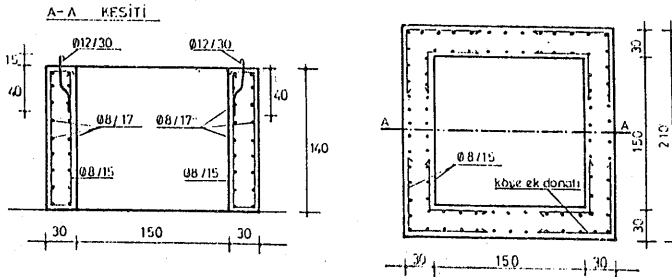
Semboller İRTP DIN	Çekiş (kg)	Düşü (m)	Koni Alanı A (mm ²)	Kinetik Enerji (KJ)	Darbe başına spesifik Enerji (kJ/m ²)
DPL LR10	10	0.5	1000	0.050	50
DPM MRSB	30	0.5	1000	0.1500	150
DPH SRS15	50	0.5	1500	0.2500	167
DPSH --	63.5	0.75	2000	0.4762	238
SPT --	63.5	0.76	2042	0.4826	236

2. AMAÇ

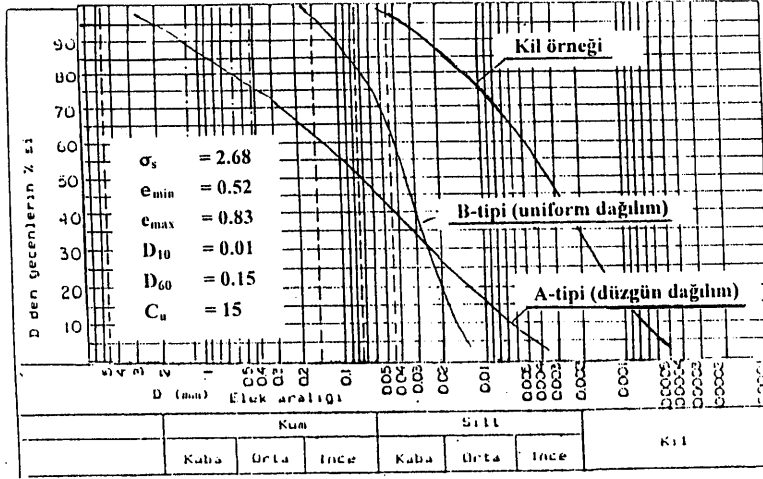
Son yıllarda metropollerde görülen altyapı yetersizliği nedeni ile kent içi su, kablo ve gaz şebekelerinin revizyonları sözkonusu olmuş ve bu amaçla açılan kanalların dolgu kontrollerinin DCP penetrasyon cihazı ile yapılmasının pratik bir çözüm olabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla laboratuvarında özel olarak hazırlanmış, granulometrik dağılımı belirli sıkıştırılmış kum örnekleri üzerinde deneyler yapılmış ve sıkışma dereceleri, darbe sayılarına bağlı olarak belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Dinamik konik Penetrasyon testleri Gazi Üniversitesi Müh.Mim.Fakültesi Zemin Mekaniği Laboratuvarlarında, Şekil 3'te verilen boyutlarda hazırlanan penetrasyon test bölmesinde yapılmıştır. Testler penetrasyon koşullarının homojen olmasını temin etmek amacı ile granulometrik dane dağılım eğrileri belirlenmiş yıkanmış kum örnekleri ile yapılmış ve penetrasyon testlerinde kullanılan kum örneklerine ait dane büyüklüğü dağılım eğrileri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Penetrasyon test bölgesinin boyutları ve donanımı

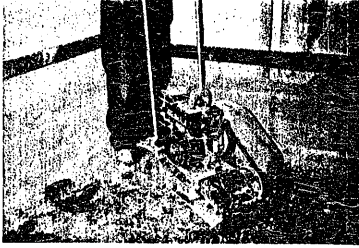


Şekil 4. Deneylerde kullanılan kum ve kil örneklerinin granulometrik dağılım eğrileri

Deneylerde Atlas KM 50 tipi kompaktör kullanılmış ve çalışma süresine bağlı olarak orta sıkı ($Dr = 0.56$), Sıkı ($Dr = 0.75$) ve çok sıkı ($Dr = 0.92$) olmak üzere üç ayrı sıklıkta kumlu zemin ortamı oluşturulmuştur. Atlas KM 50 tipi kompaktörler dolgu tabanlarının ve toprak dolgularının sıkıştırılmasında etkin olarak kullanılır. Kompaktörün yürüyüş hızı 20 m/dakikadır. 1300 kg vurma kuvvetiyle sıkıştırılacak zemine bağlı olarak 40 cm etki derinliği vardır. Değişik sıklık derecelerinde kompaksiyona tabi tutulan bu örnekler üzerinde penetrasyon testleri $d_{max} = 80$ cm ve $d_{max} = 140$ cm olmak üzere iki ayrı derinlikte uygulanmıştır.

İkinci seri deneylerde kompaksiyona tabi tutulan örnekler, penetrasyon bölmesinden dışarı çıkarılarak bu kez, hacimce % 25 oranında, granulometrik değerleri Şekil 4'te verilen kil örnekleri ile karıştırılarak stabilize edilmiş ve kil katkısının oluşturduğu bağlayıcı özelliklerin, penetrasyon değerleri üzerindeki olumlu etkileri izlenmiştir.

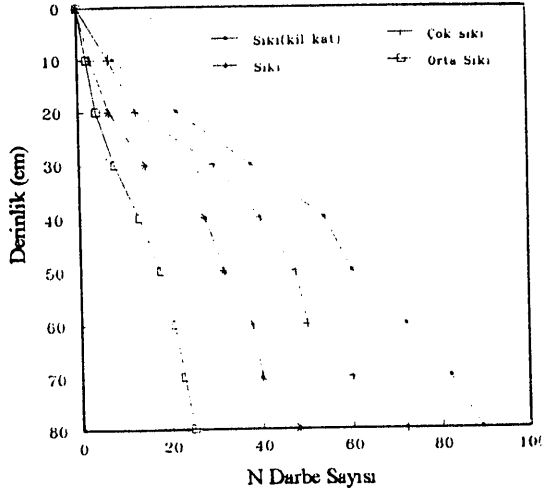
Sıkıştırma kontrolleri, Şekil 5'te görüldüğü gibi, sıkıştırılan kumun içine konan CBR kalıbının, kum ile birlikte sıkışması sonucunda belirlenmiştir. Hacim ve ağırlığı belirli olan bu CBR Kalıbının ölçümler sonucunda sıkıştırma parametre değerleri bulunmuştur.



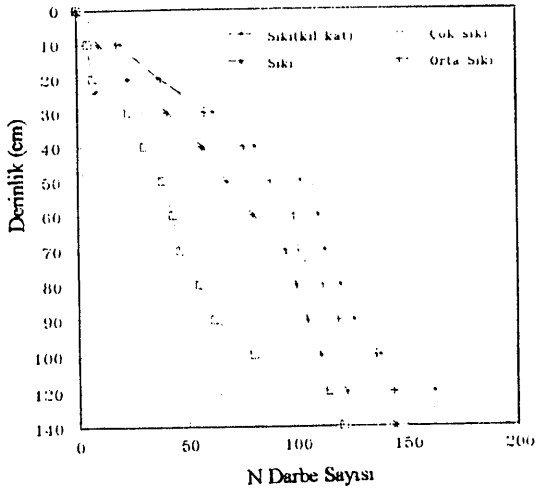
Şekil 5: (a) Atlas KM 50 tipi kompaktör test bölgesinde çalışma sırasında; (b) sıkıştırma kontrollerinin yapıldığı CBR kalıbı

4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

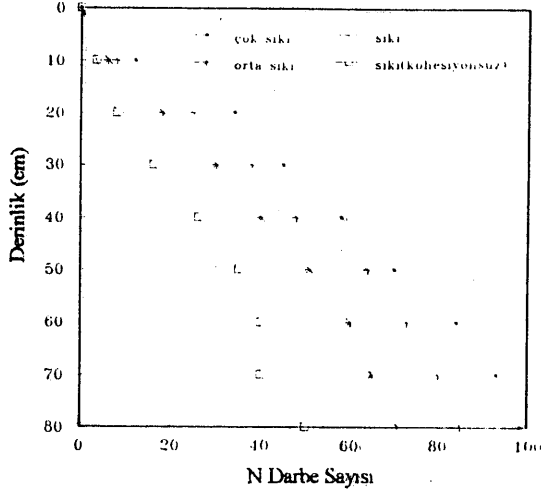
İki ayrı derinlikte yapılan ve orta sıkı, sıkı ve çok sıkı olmak üzere üç ayrı kademede sıkıştırılan kum örneklerine ait DCP N darbe sayılarının derinlikle değişimi Şekil 6 ve Şekil 7’de gösterilmiştir. Bu şekillerdende izlenebileceği gibi, birim derinlik mesafesine batma miktarı, sıklık derecesine göre % 30 - %50 arasında azalmaktadır. 140 cm derinlik testlerine ait N sayıları, 80 cm derinlikteki testlere göre daha fazla bulunmuştur. Bu sonuçlar, 140 cm derinlikteki testlerde batma sırasında yanlara doğru kabarmanın önlendiği şeklinde yorumlanabilir. % 25 kil katkısının, gerek sıkıştırma gerekse bağlayıcı özelliklerinden dolayı N darbe sayılarını dikkati çekecek ölçüde artırdığı izlenmektedir (Şekil 8 ve 9). Şekil 10 ve 11’de ise B-tipi uniform dağılıma sahip kum örneklerinin, A-tipi örneklere göre daha düşük dayanım değerleri verdiği, buna bağlı olarak N darbe sayılarının önemli ölçüde azalmalar gösterdiği izlenmiştir. Yine benzer şekilde B-tipi örneklerin % 25 bağlayıcı kil katkısı ile sıkıştırma değerlerinin arttığı ve bunun sonucunda N darbe değerlerinde artışlar meydana geldiği görülmüştür.



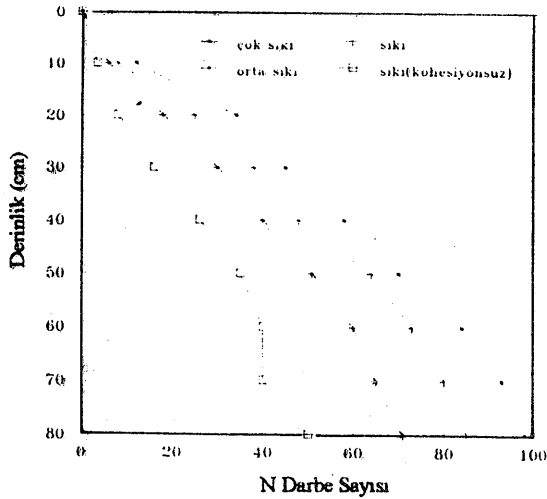
Şekil 6: Değişik sıkıştırma kademelerinde A tipi kohezyonsuz zemin örneklerine ait derinlik - darbe sayısı N değerlerinin değişimi (maksimum derinlik 80 cm)



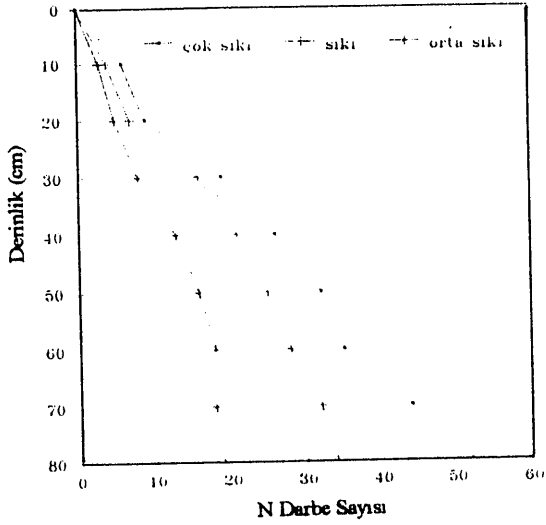
Şekil 7: Değişik sıkıştırma kademelerinde A tipi kohezyonsuz zemin örneklerine ait derinlik - darbe sayısı N değerlerinin değişimi (maksimum derinlik 140 cm)



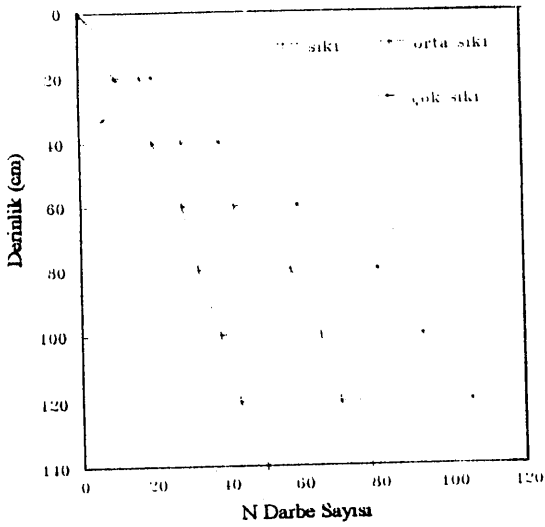
Şekil 8: Değişik sıkıştırma kademelerinde A tipi kohezyonsuz zemin örneklerine ait derinlik - darbe sayısı N değerlerinin değişimi (maksimum derinlik 80 cm, Bağlayıcı olarak % 25 kil kat.)



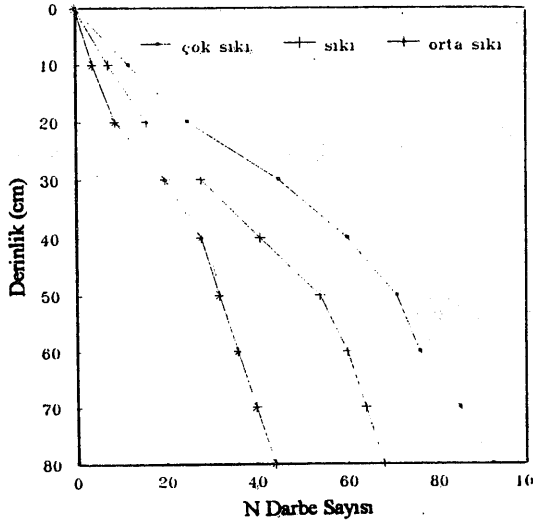
Şekil 9: Değişik sıkıştırma kademelerinde A tipi kohezyonsuz zemin örneklerine ait derinlik - darbe sayısı N değerlerinin değişimi (maksimum derinlik 140 cm, Bağlayıcı olarak % 25 kil kat.)



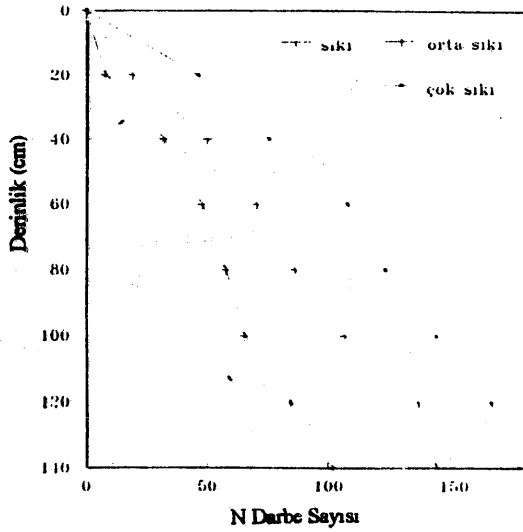
Şekil 10: Değişik sıkıştırma kademelerinde B tipi kohezyonsuz zemin örneklerine ait derinlik - darbe sayısı N değerlerinin değişimi (maksimum derinlik 80 cm)



Şekil 11: Değişik sıkıştırma kademelerinde B tipi kohezyonsuz zemin örneklerine ait derinlik - darbe sayısı N değerlerinin değişimi (maksimum derinlik 140 cm)



Şekil 12: Değişik sıkıştırma kademelerinde B tipi kohezyonsuz zemin örneklerine ait derinlik - darbe sayısı N değerlerinin değişimi (maksimum derinlik 80 cm, bağlayıcı % 25 kil katlı)



Şekil 13: Değişik sıkıştırma kademelerinde B tipi kohezyonsuz zemin örneklerine ait derinlik - darbe sayısı N değerlerinin değişimi (maksimum derinlik 140 cm, bağlayıcı olarak % 25 kil)

5. SONUÇ

Kent içinde değişik amaçlarla açılan ve derinliği fazla olmayan çukurların doldurulup sıkıştırılmasından sonra, bu sıkışma işleminin yeterli olup olmadığının DCP cihazı ile kontrol edilebilirliği bu çalışmada araştırılmıştır. Elle taşınabilen ve kullanımı çok kolay olan bu portatif cihazın, dolgu kontrollerinde etkin bir şekilde yararlı olabileceğine inanıyoruz. Bu cihaz üzerinde 8 kg'lık ağırlığın çakılması sonucunda zemine gömülen konik ucun batma miktarları ile darbe sayıları arasındaki orantı, zeminin sıklığı hakkında yeterince fikir verebilmektedir. Bu cihazın kent içi dolgu kontrollerinde kullanılabileceği görüşündeyiz.

KAYNAKLAR

- 1 - Yoder, E. J., 'Principes of Pavement Design. John Wiley and Sons.Inc. 1959 pp.204 - 211. New York
- 2 - Özbayoglu, F. U. Aksoy S., Akçelik N. Ankara Metropolitan Alanlarında DCP Portatif Dinamik Konik Penetrometre Uygulamaları. Akdeniz Üniversitesi. İsparta. Müh.Fak. 5.Müh. Haftası Sempozyumu. 1989 s.131-142
- 3 - Van Vuuren, D. J. Rapid Determination of CBR with the Portable Dynamic Cone Penetrometer. 1969 . The Rhodesian Engineer.
- 4 - Transvaal Provincial Administration Pavement and Materials Design Manual, Transvaal Roads Department.1978 Report L.1/78 ,Pretoria .
- 5 -Kleyn, E. G The Use of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP).Transvaal Roads Department.1975 .Report L.2/74, Pretoria.
- 6 - Melzer K. J and Smoltezyk, U Dynamic Penetration Testing State of the art Report. Proceeding. 2nd.Eur.Symp.Penetration Testing, 1982.Amsterdam .vol 1 pp 191-202
- 7 - German Standart. Subsoil Dynamic and Static Penetrometers.DIN 4094 part 1 1974 Dimensions of apparatus and Method of Operation Part 2 1980 .
- 8 - Stefanoff,G., Sanglerat G., Bergdahl.U.Melzer,K.J Dynamic Probing DP Int. Reference Test Procedure. Document 2. Proc.1.st Int Symp.Penetration Testing,Orlando 1988 Vol.1 pp.53-70 .
- 9 - Nixon I.K Dynamic Probing Penetration Testing in the U.K Proceedings of the Geotechnology Conf. Organized by the Institution of Civil Engineers and Held in Birmingham on 6-8 July 1988 pp.105-111.