

İSTANBUL ÖMERLİ'DEKİ ALÜVYAL ZEMİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

GEOTECHNICAL PROPERTIES OF ALLUVIAL SOIL AT İSTANBUL ÖMERLİ

Burcu BOLAT, Okay GÜRPINAR, M. Namık YALÇIN
İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320 Avcılar / İSTANBUL

ÖZ: 1999 İzmit Depremi ($M_w=7.4$); deprem zararlarının azaltılması bağlamında, zemin koşullarının önemini bir kez daha göstermiştir. Yoğun yerleşme ve Kuzey Anadolu Fayı nedeniyle, çok yüksek bir deprem riski altında olan İstanbul ilindeki alüvyonların, yapılaşmaya uygunluk açısından en sorunlu zeminleri oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle, yeni yapılaşmaların alüvyon üzerinde planlandığı durumlarda, söz konusu alüvyon zeminlerin özelliklerinin çok ayrıntılı olarak saptanmasının gerektiği açıktır. Bu çalışmada, İstanbul il sınırları içerisindeki Ömerli beldesi dolaylarında geniş alanlar kaplayan alüvyon zeminin jeoteknik özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, yapılmış bir dizi zemin sondajlarında yerinde saptanmış özellikler ve derlenen örnekler üzerinde yapılan deney sonuçlarından elde edilen verilerden yararlanılarak, alüvyon zeminin fiziko-mekanik özellikleri ortaya konmuştur. Zemin numuneleri üzerinde yapılmış indeks ve mekanik özellik deneylerinin sonuçlarına göre, zemin örneklerinin doğal su içeriği %0-%45 aralığında değişmektedir. Doğal su içeriğinin derinlik arttıkça azaldığı saptanmıştır. Doğal birim hacim ağırlıkları ise $1,70-2,70 \text{ t/m}^3$ arasında değişmektedir. Numunelerin 2,5-2,8 arasındaki özgül ağırlıkları önemli değişimler göstermemektedir. Likit limit değerlerinin %20-%70 arasında, plastik limit değerlerinin ise %10-%30 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Plastisite indeksinin genel olarak %5-%20 arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Zeminin Burmister sınıflamasına göre “düşük plastisiteli silt ve kil” veya “orta plastisiteli kil ve silt” tanımlamalarına uygun olduğu görülmektedir. Leonards sınıflamasına göre de plastisite derecesi “az plastik” ve “plastik”tir. Kıvamlılık indeksine göre genellikle “orta” tanımlamasına uyan zeminin likidite indeksine göre sınıflaması killerin çoğunluğunun “aşırı konsolide kil”, bir kısmının da “normal konsolide kil” olduğunu göstermiştir. Elek analizi sonuçlarına göre zeminin silt ve kilce zengin olduğu belirlenmiştir. Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre en çok CL grubuna (düşük plastisiteli kil) rastlanmıştır. Rölatif sıkılıkları %0-%15 olan zemin örnekleri “çok gevşek” olarak nitelendirilmektedir. Killerin “aktif olmayan killer” sınıfına girdiği saptanmıştır. Şişme potansiyelleri “düşük-orta”dır. SPT – N değerlerinin 0-40 arasında yoğunlaştığı görülmüştür. Zemin sınıflaması açısından çok geniş bir aralık söz konusudur. Alüvyon zeminin, depreme karşı dayanıklı olmadığı, taşıma kapasitesinin düşük ve yapılaşma için sakıncalı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu özelliklere sahip bir zemin üzerinde yapılacak yapılar için, zeminin saptanan bu özelliklerine uygun mühendislik projelerine gerek olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Alüvyon zemin, Ömerli, zemin sınıflaması

ABSTRACT: The 1999 İzmit Earthquake ($M_w=7.4$) has reconfirmed the importance of soil properties in relation with mitigation of earthquake hazards. The alluvial soil in Istanbul area, where due to proximity to the North Anatolian Fault and due to high density of population and industry, the earthquake risk is very high, represents the most problematic soils. Therefore, related properties of such soils should be examined in detail, if constructions are planned on these types of soils. In this study geotechnical properties of the alluvial soil in the vicinity of Ömerli town in Istanbul are investigated. For this purpose the physico-mechanical properties are determined using results of in-situ tests conducted in drill-holes and using data from laboratory tests of soil samples. According to index and mechanical properties tests the natural water content varies between 0% and 45%. Natural water content decreases with increasing depth. Natural unit weight and specific gravity values of the soil samples range between 1.70t/m^3 and 2.70t/m^3 and 2.5 and 2.8, respectively. It is determined that liquid limits varies between 20 and 70%, and plastic limits between 10 and 30 %. According those limits and the plasticity index of the samples, which is between 5 and 20%, the alluvial soil can be defined after Burmister classification as “silt and clay of low plasticity” or “silt and clay of medium plasticity”. After Leonard classification the degree of plasticity is from low plastic to plastic. Consistency index indicates a “medium” soil. Sieve analysis showed that the alluvial soil is rich in silt and clay. According to liquidity index most of the clays are overconsolidated and some are normally consolidated. Various layers encountered in drill-

holes are classified using the “Unified Soil Classification System”. Most common soil type is CL, which indicates a “low plasticity clay”. Relative density values (0-15%) showed, that most of the samples are “very loose”. Clays belong to the group of “non-active clays” and have a low to medium swelling potential. Standart penetration resistance (SPT-N) values range between 0 and 40, which represents a wide range from the point of soil types. It could be determined that the investigated alluvial soil has a very low bearing capacity and therefore in general not suitable for constructions. Constructions on this soil would require specific planning and engineering projects, where determined soil properties are fully considered.

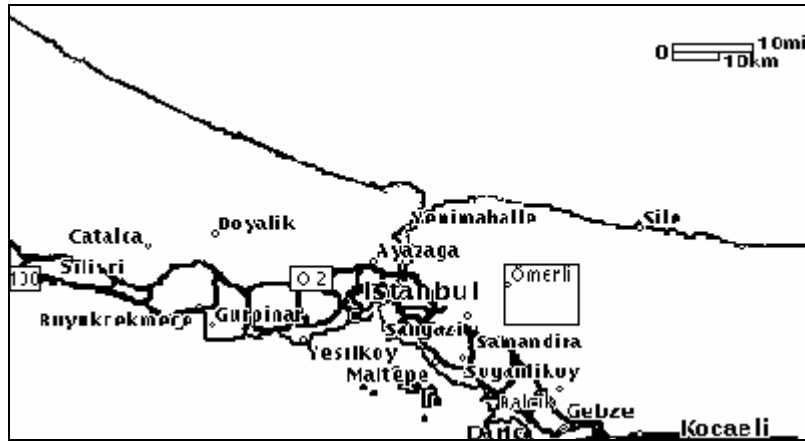
Keywords: Alluvial soil, Ömerli, soil classification

GİRİŞ

1999 Gölçük - Kocaeli Depremi, deprem zararlarının azaltılması bağlamında, zemin koşullarının önemini bir kez daha göstermiştir. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun etkisiyle, birinci derecede deprem riski altında olan İstanbul ilindeki alüvyonların, yapılaşmaya uygunluk açısından en sorunlu zeminleri oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle, yeni yapılaşmaların alüvyon üzerinde planlandığı durumlarda, söz konusu zeminlerin özelliklerinin çok ayrıntılı olarak saptanmasının gerektiği açıktır.

Bu çalışmada, İstanbul il sınırları içerisindeki Ömerli beldesi dolaylarında geniş alanlar kaplayan alüvyon zeminin jeoteknik özellikleri incelenmiştir (Şekil 1). Yapılmış olan bir dizi zemin sondajlarında

saptanmış özellikler ve deney sonuçlarından elde edilen verilerden yararlanılarak, alüvyon zeminin fiziko-mekanik özellikleri ortaya konmuştur. Değişik örnekler üzerinde yapılmış olan fiziksel özellik deneylerinden; elek analizi, kıvam limitleri tayini, doğal birim hacim ağırlık, özgül ağırlık ve doğal su içeriği; mekanik özellik deneylerinden de standart penetrasyon deney sonuçları değerlendirilmiştir. Üç kesit oluşturacak şekilde seçilmiş zemin sondajlarından elde edilen sonuçlar, AA', BB', CC' kesitleri boyunca gösterilerek, zeminin jeoteknik özelliklerinin değişimleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, önce yörenin jeolojisi özetlenecek, sonra da alüvyonun jeoteknik özelliklerinin saptanmasında elde edilen veriler ve bunların değerlendirmesi sunulacaktır.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

Figure 1. Location map of the study area

İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

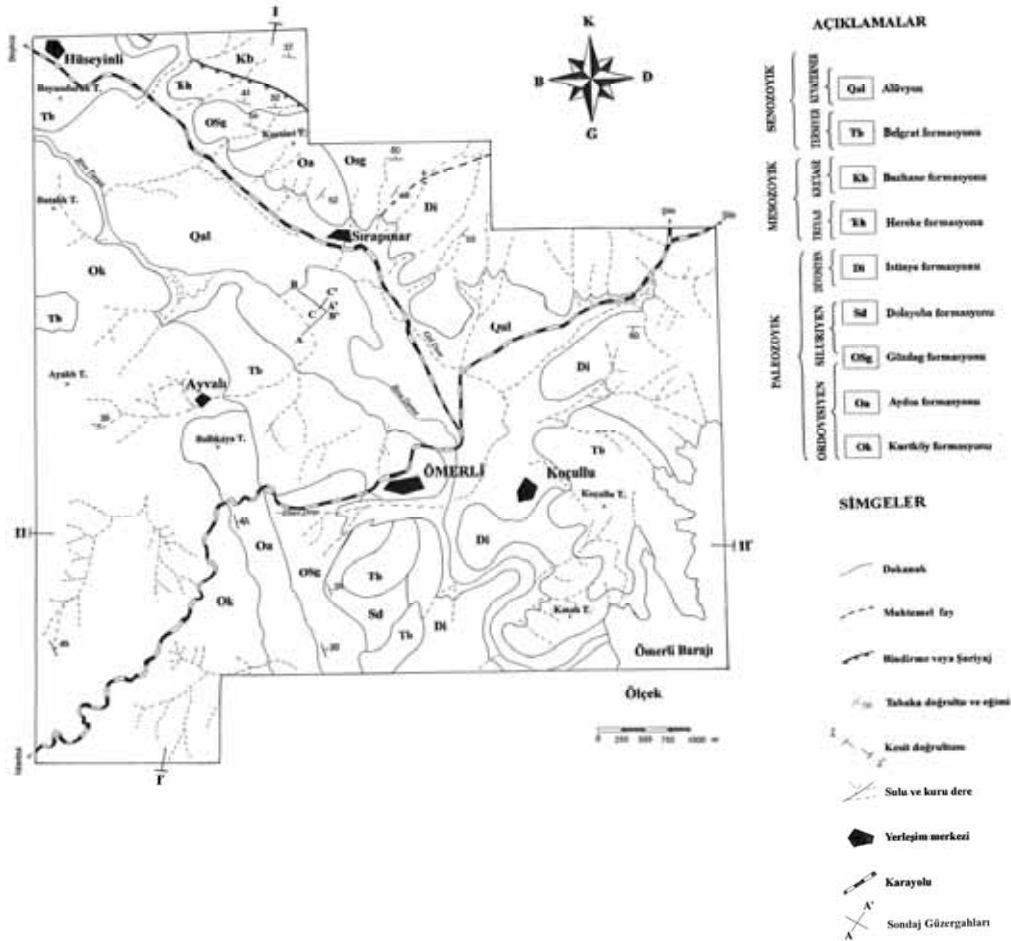
Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik birimlerin bulunduğu inceleme alanındaki en yaşlı birim, ilk kez Önalın (1981) tarafından Kurtköy formasyonu olarak adlandırılan, Orta Ordovisiyen'den daha yaşlı olduğu kabul edilen, mor renkli çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ardalanmasından meydana gelmiştir. Bu çökellerin tabanı inceleme alanında görülmemektedir. Kurtköy formasyonu üzerine, ilk kez yine Önalın (1981) tarafından adlandırılan, Aydos formasyonu uyumlu olarak gelmektedir. Genellikle pembemsi boz renkli kuvarsarenitler ile temsil edilmekte ve Orta Ordovisiyen

yaşlı olduğu kabul edilmektedir. Bu çökelleri uyumlu olarak üzerleyen Ordovisiyen-Siluriyen yaşlı Gözdağ formasyonu kahverengi şeyl ve grovaklar ile temsil edilmektedir. Gözdağ formasyonunun üst kesimleriyle geçişli olan ve çoğunlukla merceksel geometrideki feldspatlı kuvarsarenitlerle temsil edilen Aydınlı formasyonu inceleme alanında görülmemiştir. Bu birimin, ya düşey faylar nedeniyle mostra vermediği ya da çökeltme ortamı kum seti olan bu formasyonun inceleme alanında gelişmediği düşünülmektedir. İlk kez Önalın (1981) tarafından isimlendirilen, Üst Siluriyen yaşlı Dolayoba formasyonu resifal kireçtaşlarıyla temsil

edilmektedir. Dolayoba formasyonu üzerine uyumlu olarak İstinye formasyonuna ait Alt Devoniyen yaşlı yumrulu kireçtaşları gelmektedir. Altınlı (1968) tarafından Hereke formasyonu olarak adlandırılan, Alt-Orta Triyas yaşlı olduğu kabul edilen dolomit ve dolomitik kireçtaşları, Paleozoyik temel üzerine uyumsuzluk ile gelmektedir. Keskin ve Ustaömer (2001) tarafından Bozhane formasyonu ismiyle incelenen Üst Kretase yaşlı volkano-sedimenter kayalar ile Hereke formasyonunun sınırı şariyajlıdır. Tüm bu birimleri, Baykal ve Kaya (1966), Kaya (1973), Önal (1981) tarafından Belgrat formasyonu olarak adlandırılan Neojen yaşlı karasal çökeller, açıl uyumsuzlukla örter. Bütün birimleri, inceleme alanındaki en genç birim olan Kuvarterner yaşlı alüvyon, açıl uyumsuzlukla örtmektedir (Şekil 2).

Kocaeli penepleni olarak adlandırılan bölgede yer alan inceleme alanı, Batı Pontid tektonik ünitesi

içinde yer almaktadır. Bölge, Hersiniyen ve Alpin orojenezlerinin etkisiyle kıvrımlı bir yapı kazanmıştır (Önal, 1981). İnceleme alanında, Baykal (1942) ve Akartuna (1963) tarafından Şile şariyajı olarak adlandırılan yapısal süreksizlik boyunca Paleozoik yaşlı birimler, Üst Kretase yaşlı birimler üzerine, güneyden kuzeye doğru 4-5 km kadar itilmişlerdir. Şariyaj, İpresiyen ile Lütesiyen arasındaki bir dönemde meydana gelmiştir (Akartuna, 1963). Sırapınar köyünün hemen kuzeyindeki Gözdağ formasyonu, İstinye formasyonu ile muhtemelen faylı bir dokanağa sahiptir. Çünkü buradaki tabakaların eğimleri yüksek açıdır. Arada olması gereken Dolayoba formasyonu ile Aydınlı formasyonu görülmemektedir. Muhtemel doğrultusu K50D olan fayın normal veya düşey bir fay olduğu düşünülmektedir. Bu olası fay boyunca Gözdağ formasyonu yükselmiş veya İstinye formasyonu alçalmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Ömerli (İstanbul) dolayının jeoloji haritası ve incelenen sondajların yer aldığı A-A', B-B' ve C-C' güzergahları
Figure 2. Geologic map of Ömerli (Istanbul) area and location of A-A', B-B' and C-C' profiles, where the investigated boreholes are located

ALÜVYONUN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Alüvyonun jeoteknik özelliklerini saptamak amacıyla, 18 adet sondajdan alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik özellik deneyleri yapılmıştır. Sondajlar AA', BB', CC' olarak adlandırılan üç kesit güzergahı oluşturacak şekilde seçilmiştir (Şekil 2). Yapılan laboratuvar deneyleri ve analitik verilerin değerlendirilmesi sonucunda alüvyon zeminin; doğal birim hacim ağırlığı (γ_n), özgül ağırlığı (G_s), doğal su içeriği (w_n), kıvam özellikleri, tane boyu dağılımı, rölatif sıklık, aktivite ve şişme potansiyeli ile SPT değerleri saptanmıştır.

Zemin numunelerinin doğal birim hacim ağırlıkları (γ_n) 1.70 ile 2.70 t/m³ arasında değişmektedir. Deney sonuçlarına göre, daha derinden alınan zemin numunelerinin doğal birim hacim ağırlıkları, sıgadaki örneklerle nazaran az da olsa yüksektir.

Sondaj numunelerinden elde edilen özgül ağırlık değerleri (G_s) 2.5 ile 2.8 arasında olup, önemli değişimler göstermemektedir.

Alüvyonun fiziko-mekanik özelliklerinin derinliğe bağlı olarak değişimi, seçilen kesitler üzerindeki zemin sondajları bazında Şekil 3, 4, 5'te kıvam limitleri ile birlikte gösterilmiştir. Bu şekillerde litoloji değişimleri esas alınarak sondajlar arasında korelasyon yapılmıştır. Litolojik ayrıtlarla SPT değerlerinin büyük oranda uyumlu oldukları görülmektedir.

Likit limit değerlerinin; AA', BB', CC' kesitlerinde derinliğe bağlı olarak fazla değişmedikleri Plastik Limit değerlerinin ise; AA' kesitinde derinliğe bağlı önemli değişimler göstermediği, BB' ve CC' kesitleri boyunca derinlik arttıkça azaldığı görülmüştür.

İnce taneli zeminlerde, plastisite indeksine göre Burmister (1951) ve Leonards (1962) tarafından önerilen sınıflamalar Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Tüm sondaj numunelerinin Plastisite İndeksi değerleri %5 ile %20 arasında yoğunlaşmaktadır. Buna göre, incelenen zeminlerin Burmister (1951) sınıflamasına göre plastisite derecesi "düşük – orta" zemin tanımı ise "silt ve kil" ile "kil ve silt" arasında değişmektedir (Çizelge 1). Leonards (1962) sınıflamasına göre ise plastisite derecesi "az plastik ve plastik"tir (Çizelge 2).

Laboratuvar verilerinden yararlanılarak ince taneli zemin numunelerinin kıvamlilik indeksleri hesaplanmıştır. Çizelge 3'te genel anlamda, ince taneli zeminlerin kıvamlilik indeksine göre sınıflaması verilmiştir. Çizelge 4'te ise çalışma alanındaki zemin örneklerinin kıvamlilik indeksi değerlerine göre sınıfla-

Çizelge 1. Burmister (1951) sınıflaması

Table 1. Burmister (1951) classification

Plastisite İndeksi (PI %)	Plastisite Derecesi	Tanım
0	Plastik değil	Silt
1-5	Önemsiz derecede Plastik	Killi silt
5-10	Düşük plastisiteli	Silt ve kil
10-20	Orta plastisiteli	Kil ve silt
20-40	Yüksek plastisiteli	Siltli kil
>40	Çok yüksek plastisiteli	Kil

Çizelge 2. Leonards (1962) sınıflaması

Table 2. Leonards (1962) classification

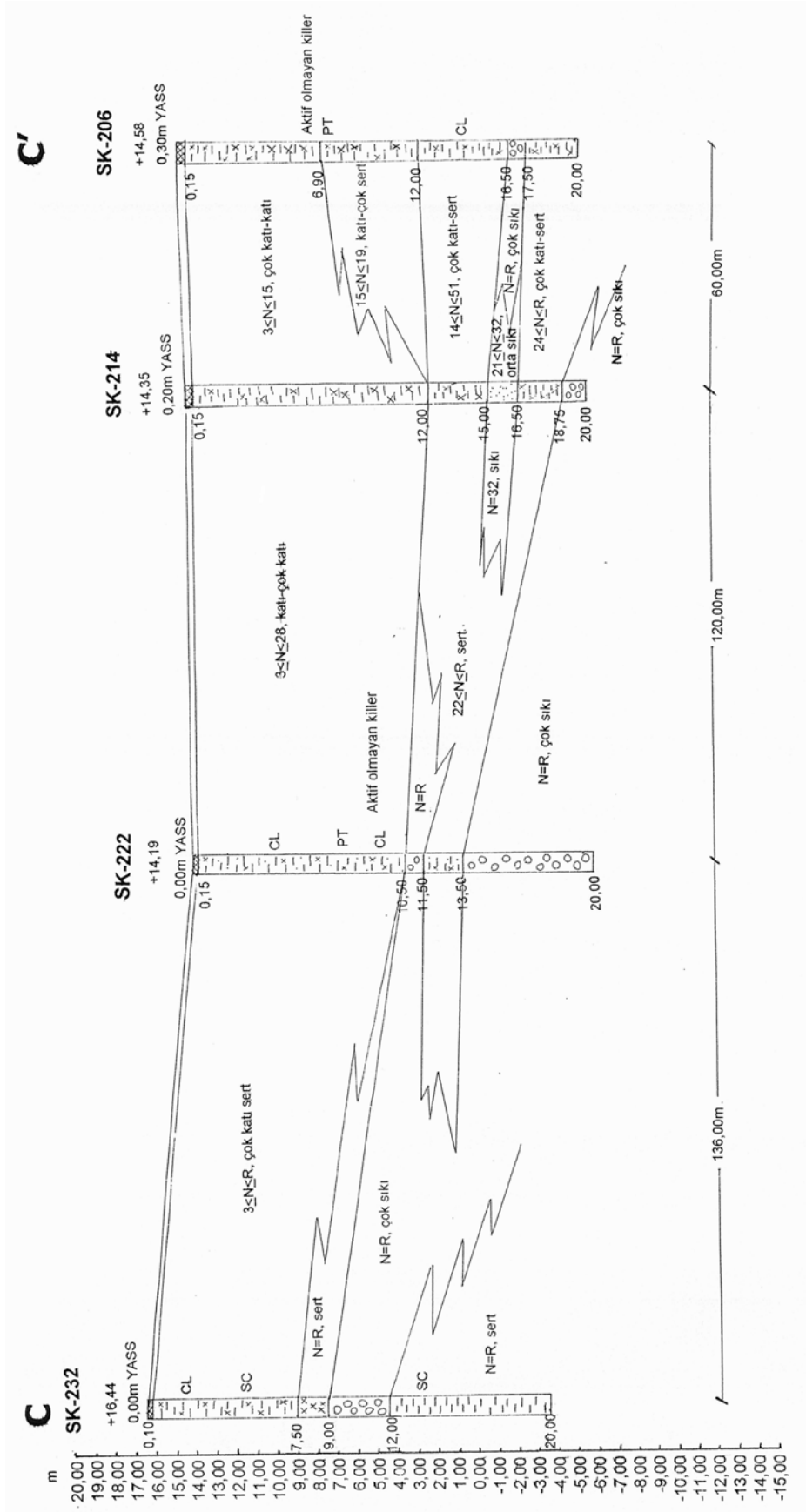
Plastisite İndeksi	Plastisite derecesi
0-5	Plastik değil
5-15	Az plastik
15-40	Plastik
>40	Çok plastik

Çizelge 3. Zeminlerin kıvamlilik indeksine göre sınıflaması

Table 3. Classification of soils according to consistency index

Kıvamlilik İndeksi (I _c)	Tanımlama
< 0	Akışkan (Çamur)
0 – 0,25	Çok yumuşak
0.25 – 0,50	Yumuşak
0.50 – 0,75	Orta
0.75 – 1,00	Katı
> 1,00	Çok katı

ması görülmektedir. Likit Limit'ten Doğal Su İçeriğinin farkının, Plastisite İndeksine oranı olarak tanımlanan (Ulusay, 2001; Bayramer, 2001) Kıvamlilik İndeksine göre genellikle "orta" olduğu görülen zeminin, BB' kesitinde yer alan SK-210 sondajında 9,00m derinliği ile CC' kesitindeki SK-206 sondajının 13,50m derinliklerinde killerin "akışkan (çamur)" niteliğinde olması dikkat çekicidir. Bu tehlikeli durum, gelecekteki çeşitli mühendislik yapılarının planlanması aşamasında gözletilmelidir.



Şekil 5. C-C' kesiti boyunca seçilen sondajların korelasyonu
 Figure 5. Correlation of the boreholes on the profile C-C'

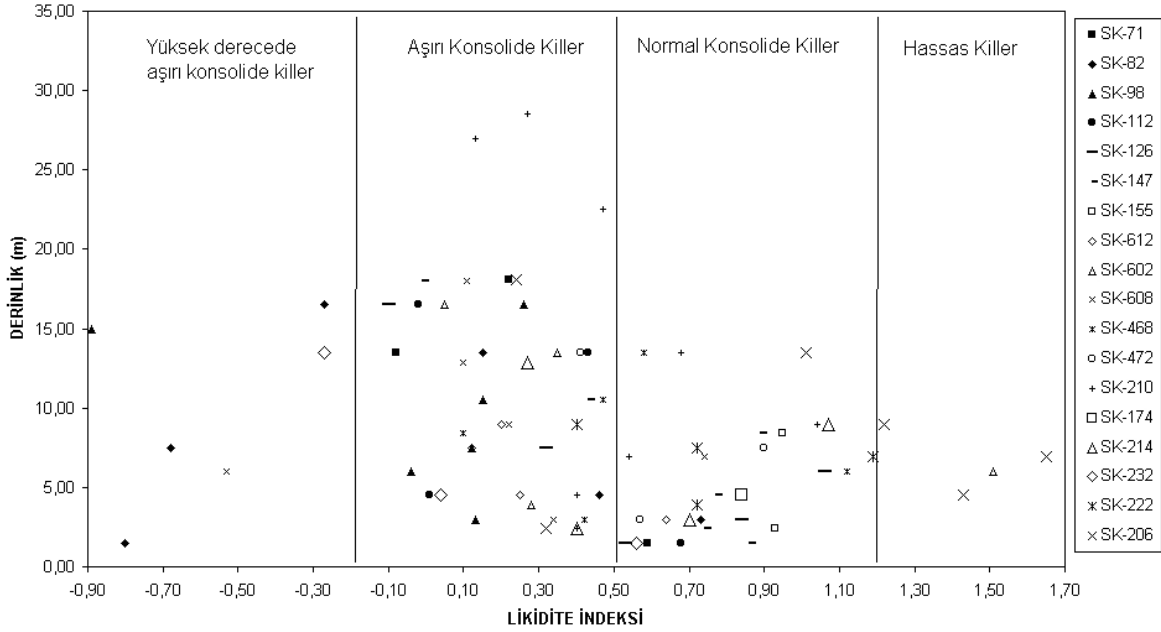
Çizelge 4. Sondajlara ve derinliklere göre kıvamlık indeksi değerlerinin değişimi ve buna göre yapılmış tanımlamalar
Table 4. Variations of consistency index according to boreholes and depth and related determinations

Kesit	Sondaj no	Derinlik (m)	Kıvamlık İndeksi	Tanımlama
AA'	SK-71	13,50-13,95	1,07	Çok katı
	SK-82	1,50-1,95	1,80	Çok katı
	SK-82	3,00-3,45	0,27	Yumuşak
	SK-98	3,00-3,45	0,86	Katı
	SK-98	10,50-10,95	0,85	Katı
	SK-112	1,50-1,95	0,32	Yumuşak
	SK-112	13,50-13,95	0,57	Orta
	SK-126	7,50-7,95	0,68	Orta
	SK-147	1,50-1,95	0,14	Çok yumuşak
	SK-147	4,50-4,95	0,23	Çok yumuşak
AA' ve BB'	SK-155	2,40-3,00	0,04	Çok yumuşak
BB'	SK-612	3,00-3,45	0,36	Yumuşak
	SK-612	4,50-4,95	0,75	Katı
	SK-612	9,00-9,45	0,80	Katı
	SK-602	16,50-16,95	0,95	Katı
	SK-608	18,00-18,45	0,89	Katı
	SK-468	13,50-13,95	0,42	Yumuşak
	SK-472	7,50-7,95	0,09	Çok yumuşak
	SK-472	13,50-13,95	0,59	Orta
	SK-210	4,50-4,95	0,60	Orta
	SK-210	9,00-9,40	-0,04	Akışkan (çamur)
	SK-210	22,50-22,95	0,53	Orta
	SK-210	28,50-28,95	0,73	Orta
BB' ve CC'	SK-214	2,40-3,00	0,60	Orta
	SK-214	12,90-13,50	0,73	Orta
CC'	SK-232	1,50-1,95	0,43	Yumuşak
	SK-222	3,90-4,50	0,93	Katı
	SK-222	7,50-7,95	0,28	Yumuşak
	SK-222	9,00-9,45	0,50	Orta
	SK-206	13,50-13,95	-0,01	Akışkan (çamur)

Yüzeyde olanlar hariç, doğal kil tabakaları, likit ile plastik zeminler arasında kalan bir su içeriğine sahiptir. Likidite indeksi, bir toprak zeminin doğal su içeriği ile plastik limiti arasındaki farkın plastisite indeksine oranıdır ve I_L ile gösterilir. Likidite İndeksi 0 ve 1 arasında olan killer “plastik”, 0’dan küçük olanlar “katı-sert”, 1’den büyük olanlar ise “sıvı” olarak tanımlanmaktadır (Ulusay, 2001).

Zemin numunelerinin Likidite İndekslerine göre yapılan sınıflamalarında; genellikle “plastik” durumda

oldukları ve çoğunlukla “aşırı konsolide kil”, bir kısmının da “normal konsolide kil” niteliğinde oldukları Şekil 6’da görülmektedir. Aşırı konsolide kil jeolojik dönemler boyunca, halen üzerinde bulunan örtü yükünden daha büyük yüke maruz kalmış kildir. Aşırı konsolide kil mühendislik yapılarında genellikle sorun çıkartmaz. Normal konsolide kil ise temel zemini olarak sorunlu olabilir (Kumbasar, 1973).



Şekil 6. Zemin numunelerinin likidite indeksine göre (Reminger ve Rutluge, 1952; Means ve Percher, 1963) sınıflandırması ve derinlik likidite indeksi değişimi

Figure 6. Classification of the soil samples according to liquidity index (Reminger and Rutluge, 1952; Means and Percher, 1963) and variation of the liquidity indices with depth.

Tane Boyu Dağılımı

İncelenen zemin örneklerinin tane boyu dağılımları, standart elekler kullanılarak saptanmıştır. 4 nolu ekte kalan çakıl yüzdesi 0-40 aralığında yoğunlaşmakta ve çakıl miktarı derinlikle beraber artmaktadır. 4-200 nolu elekler arasında kalan kum yüzdesi ise %30-70 aralığında yoğunlaşmakta ve genel olarak derinlikle beraber kum oranı da artmaktadır. Silt ve kil yüzdesi ise %10-100 arasında değişmekte ve silt-kil miktarı derinlik arttıkça azalmaktadır. Zemin numunelerinin genel anlamda silt ve kil bakımından daha zengin oldukları görülmüştür. Bu sonuçlar Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasında da doğrulanmıştır. Silt ve kil içeriği fazla olan zeminlerin mühendislik özellikleri su içeriğine de bağlıdır. Su içeriği arttıkça zeminin kayma direnci azalacaktır (Ulusay, 2001).

Birleştirilmiş zemin sınıflaması zemin numunelerinin granülometrik özellikleri ve kıvam limitleri değerlendirilerek farklı semboller ile gösterilmesi esasına dayanır. Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre belirlenen zemin grupları AA', BB', CC' kesitlerinde buldukları derinliklerde semboller ile gösterilmiştir. Litoloji tanımı ve sınıflandırma için gerekli verilerin olmadığı derinliklerde ise litoloji ve zemin grubu belirtilememiştir (Şekil 3, 4, 5). İncelenen zemin numuneleri sınıflandığında SC, CL, OL-ML, CL-ML, SM-SC, SM, CH, PT ve ML gruplarına rastlanmıştır. Ancak çoğunun CL grubuna ait oldukları

görülmüştür. CL grubu, alçaktan orta dereceye doğru plastisitede inorganik killler, çakıllı kumlu killler, siltli killler ve yağsız killeri kapsar. Bu zemin grubunun kuru dayanım özelliği orta-yüksek, genleşmesi yok-çok yavaş, sağlamlık veya katılık özelliği ise ortadır. Diğer zemin gruplarından SC killi kumlar, OL düşük plastisiteli organik siltli killler, ML düşük plastisiteli siltler, SM siltli kumlar, CH yüksek plastisiteli kil, PT ise turba olarak sınıflandırılmaktadır.

Aktivite ve Şişme Potansiyeli

İri taneli zeminler için geçerli olan rölatif sıklık kavramı, bir zeminin en gevşek ve en sıkı durumları sınır değerler olarak alındığında doğal numunenin bu iki sınır değere göre nerede bulunduğunu ifade eden bir kavramdır. Bu değer kum ve çakılın hem taşıma gücünü hem de muhtemel sıkışabilirliklerini tespit etmek amacıyla kullanılır.

İçsel sürtünme açısı (ϕ) ile rölatif sıklık (D_r) arasındaki ilişki ve rölatif sıklık ile SPT-N darbe sayısı arasındaki ilişkiden yararlanılarak bulunan tahmini N darbe sayıları Çizelge 5'da görülmektedir. Zemin numunelerinin, aşağıda görüldüğü gibi "çok gevşek" olarak tanımlanması, taşıma gücünün düşük ve yük altında meydana gelecek olan sıkışmanın yüksek olacağını göstermektedir.

Çizelge 5. İçsel sürtünme açısı-rölatif sıklık-darbe sayısı arasındaki ilişkiler
Table 5. Relations between friction angle- relative density and standart penetration resistance

S.K.	Derinlik (m)	Ø (°)	Dr %	Tanım	N darbe sayısı
155	8,40-9,00	5	0-15	Çok gevşek	0-10
602	3,90-4,50	19	0-15		
602	8,40-9,00	5	0-15		
608	3,90-4,50	11	0-15		
608	9,90-10,50	20	0-15		
468	3,90-4,50	8	0-15		
472	6,90-7,50	34	35-65	Orta	10-30
472	11,40-12,00	9	0-15	Çok gevşek	0-10
210	2,40-3,00	11	0-15		
174	8,40-9,00	8	0-15		
222	3,90-4,50	4	0-15		
206	2,40-3,00	3	0-15		

Aktivite, bir zemin içerisindeki kil boyutundaki tanelerin plastisite indeksinin (%PI), o zemin içerisindeki kil boyutundaki tanelerin yüzdesine oranıdır (Ulusay, 2001). Bu oranın 0.75'den küçük olduğu killer "aktif olmayan killer", 1.25'ten büyük olduğu killer

"aktif killer", 0.75-0.25 arasında olduğu killer "normal killer" olarak sınıflanmaktadır (Uzuner, 2001). İnceleme alanındaki killerin aktivite değerlerine göre sınıflandırılması Çizelge 6' da verilmiştir.

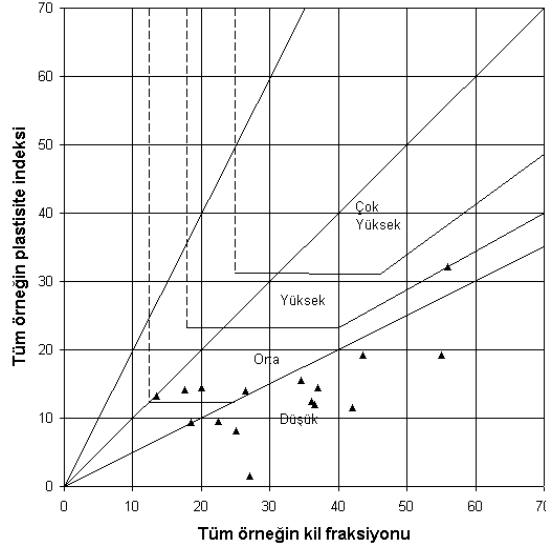
Çizelge 6. Aktivite değerleri ve sınıflaması
Table 6. Activity values of clays and their classification

Kesit	S.K.	DERİNLİK	% KİL	%PI	AKTİVİTE	Tanımlama
AA'	SK-71	1,50-1,95	17,5	14,1	0,80	Normal killer
	SK-82	1,50-1,95	27,0	1,5	0,05	Aktif olmayan killer
	SK-82	4,50-4,95	22,5	9,6	0,43	
	SK-98	3,00-3,45	34,5	15,6	0,45	
	SK-98	6,00-6,45	13,5	13,2	0,97	Normal killer
	SK-98	7,50-7,95	20,0	14,5	0,73	Aktif olmayan killer
	SK-98	10,50-10,95	25,0	8,1	0,32	
	SK-112	1,50-1,95	42,0	11,6	0,28	
	SK-112	4,50-4,95	18,5	9,4	0,51	
	SK-147	1,50-1,95	36,0	12,5	0,35	
BB'	SK-608	18,00-18,45	56,0	32,2	0,58	Aktif olmayan killer
CC'	SK-232	1,50-1,95	26,5	14,0	0,53	
	SK-222	3,90-4,50	55,0	19,3	0,35	
	SK-222	7,50-7,95	36,5	12,0	0,33	
	SK-222	9,00-9,45	37,0	14,4	0,39	
	SK-206	13,50-13,95	43,5	19,3	0,44	

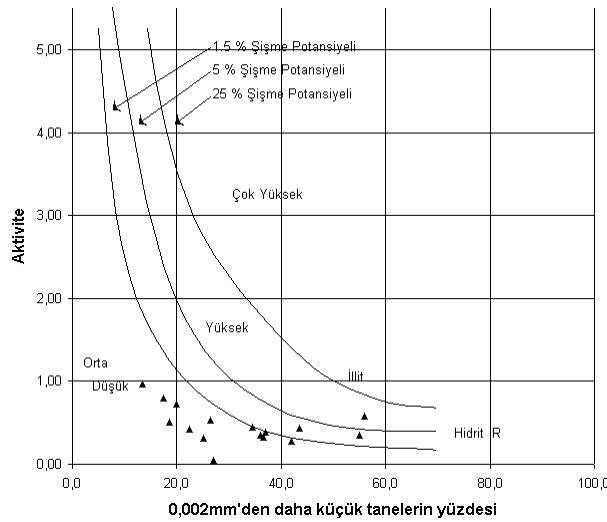
İnceleme alanındaki killerin çoğu “aktif olmayan killeri” grubuna girmektedir. Zemin numunelerinin aktivite tanımlamaları, AA', BB', CC' kesitlerinde buldukları derinliklerine göre belirtilmiştir (Şekil 3, 4, 5).

Bunun yanı sıra %kil dağılımları ile plastisite indeksi değerleri kullanılarak oluşturulan aktivite abağı, killerin “düşük-orta aktiviteli” olduklarını göstermiştir (Şekil 6).

Şişme, düşük geçirgenliğe sahip zeminlerde konsolidasyon sıkışmasının tersi yönünde gelişerek, zeminin hacminin artmasıyla sonuçlanan bir davranış şeklidir. Şişme potansiyeli, aktivite ve kil boyutundaki tanelerin ilişkisiyle saptanır. Buna göre oluşturulan şişme potansiyeli sınıflama grafiğinde, numunelerin şişme potansiyellerinin “düşük – orta” olduğu görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Plastisite indeksi ve kil içeriği değerleri yerleştirilmiş aktivite abağı
Figure 7. Activity diagram according to plasticity index and clay content values.



Şekil 8. Aktivite değerleri ve kil yüzdelere göre şişme potansiyeli
Figure 8. Swelling potential according to activity values and percentage of clays.

Standart penetrasyon deneyinde kesme direnci; iri taneli zeminlerde rölatif sıklığı, ince taneli zeminlerde ise kıvamlılığı göstermekte olup zeminin mukavemet parametrelerine bağlıdır. Bu nedenle SPT sonuçları ile taşıma gücü arasında bir bağıntı kurmak ve zeminleri dayanımı açısından sınıflamak mümkündür.

N değeri zeminin kıvamlılığı ve sıklığı hakkında fikir verir. Çizelge 7’de görüldüğü gibi ince ve iri taneli zeminler için N değerleri gözetilerek zemin sınıflamasına yönelik tanımlar yapılmaktadır. N

Çizelge 7. SPT- N değerlerine göre zemin sınıflaması
Table 7. Soil classification according to SPT-N values

İnce Taneli		İri Taneli	
N	Tanım	N	Tanım
0-2	çok yumuşak	0-4	çok gevşek
3-4	yumuşak	5-10	gevşek
5-8	orta katı	11-30	orta sıkı
9-15	Katı	31-5	sıkı
16-30	çok katı	31≤	çok sıkı
>30	Sert		

JEOTEKNİK DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Zemin numuneleri üzerinde yapılmış indeks özellik deneylerinin sonuçlarına göre, zemin örneklerinin doğal su içeriği %0-%45 aralığında yoğunlaşmıştır. Doğal su içeriğinin derinlik arttıkça azaldığı görülmektedir. Doğal birim hacim ağırlıkları ise 1,70-2,70 t/m³ arasında değişmektedir. Numunelerin özgül ağırlıkları önemli değişimler göstermemekte ve 2,5-2,8 arasında değişmektedir.

Numunelerin likit limit değerleri %20-%70 arasında dağılım göstermekte ve BB' kesitinde derinliğe bağlı olarak tutarlı bir azalma göstermektedir. Plastik limitin ise %10-%30 aralığında değiştiği, AA', BB' ve CC' kesitlerinde derinlik arttıkça azaldığı görülmektedir. Plastisite indeksinin genel olarak %5-%20 arasında yoğunlaştığı görülmektedir. Grafiklerde AA', BB' ve CC' kesitlerinde derinlik arttıkça plastisite indeksinin azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte zemin örneklerinin Burmister (1951) sınıflamasına göre “düşük plastisiteli silt ve kil” veya “orta plastisiteli kil ve silt” tanımlamalarına uygun olduğu görülmektedir. Leonards (1962) sınıflamasına göre de plastisite derecesi “az plastik” ve “plastik”tir. Kıvamlık indeksine göre genellikle “orta” tanımlamasına uyan zemin numuneleri, likidite indeksine göre sınıflandığında çoğunluğunun “aşırı konsolide kil”, bir kısmının da “normal konsolide kil” olduğu saptanmıştır. Mühendislik yapıları için aşırı konsolide

değerinin 50’den büyük olduğu durumlarda N=R olarak ifade edilir ve bu “refü” olarak tanımlanmaktadır.

AA', BB' ve CC' kesitlerindeki sondajlarda yapılan SPT deneyleri sonucunda elde edilen değerlere göre, derinlik arttıkça N değerlerinin de arttığı görülmüştür. Elde edilen N değerleri AA', BB', CC' kesitleri üzerinde de belirtilmiş, bu değerlere göre de sondajların korelasyonu yapılmıştır (Şekil 3,4,5).

kil problem çıkarmasa da normal konsolide kil, iyi zemin sayılmamaktadır.

Elek analizi sonuçlarına göre zeminin silt ve kilce zengin olduğu görülmektedir. Tüm sondajlarda derinlik arttıkça, çakıl miktarının arttığı, kum miktarının AA' kesitinde arttığı, BB' kesitinde azaldığı, silt ve kil miktarının ise; tüm örneklerde azaldığı görülmektedir. Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre en çok CL grubuna rastlanmıştır.

Rölatif sıklıkları %0-%15 olan zemin örnekleri “çok gevşek” olarak nitelendirilmektedir. Killerin “aktif olmayan killer” sınıfına girdiği saptanmıştır. Ayrıca şişme potansiyelleri “düşük-orta”dır.

SPT – N değerlerinin 0-40 arasında yoğunlaştığı görülmüştür. Zemin sınıflaması açısından çok geniş bir aralık olduğu için AA', BB', CC' kesitlerinde, zemin numuneleri belli derinliklere göre N değerlerine göre sınıflandırılmış ve sondajların korelasyonu yapılmıştır.

İncelenen alüvyon zeminin taşıma kapasitesinin düşük ve yapılaşma için sakıncalı olduğu söylenebilir. Böyle bir zemin üzerinde yapılacak yapılarda, depreme karşı dayanıklılık açısından, saptanan bu zemin özelliklerinin ışığında, uygun mühendislik projeleri gerekli olacaktır. Bunun yanısıra kumlu seviyelerin sınıflama potansiyelleri açısından da değerlendirilmesi gerekecektir.

SUMMARY

The earthquake risk in the Istanbul area is very high due to proximity to the North Anatolian Fault and due to high density of population and industry. The 1999 İzmit Earthquake (Mw=7.4) has reconfirmed the importance of soil properties. The alluvial soils in Istanbul area is among the most problematic soils for constructions. If constructions on this type of soils are planned, respective soil properties should be examined in detail.

In this study geotechnical properties of the alluvial soil in the vicinity of Ömerli town north of Istanbul are investigated. For this purpose the physical properties are determined using results of in-situ tests conducted in drill-holes and using data from analyses of soil samples in the laboratory. Properties such as natural water content, natural unit weight, specific gravity, liquid and plastic limit, plasticity index, consistency index, grain size distribution, liquidity index, relative density, swelling potential, standart penetration resistance (SPT-N) are determined. Results indicated, after Burmister classification a soil of "silt and clay of low plasticity" or "silt and clay of medium plasticity"; after Leonards classification a "low plastic to plastic" soil. Consistency index indicated a "medium" soil. Grain size distribution showed that the alluvial soil is rich in silt and clay. According to liquidity index most of the clays are determined as "overconsolidated" and some as "normally consolidated". Various intervals encountered in drill-holes are classified using the "Unified Soil Classification System". Most common soil type is determined as "CL", which indicates a "low plasticity clay". Clays belong to the group of "non-active clays" and have a low to medium swelling potential. Standart penetration resistance (SPT-N) values, ranging between 0 and 40, indicate from the point of soil classification a wide spectrum.

It could be concluded, that the investigated alluvial soil has a very low bearing capacity and therefore in general not suitable for constructions. Constructions on this soil would require a specific planning and appropriate engineering projects, where determined soil properties are fully considered. Hereby, liquefaction potential of sandy intervals should also been taken into account.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akartuna, M., 1963**, Şile şariyajının İstanbul boğazı kuzey yakalarında devamı, M.T.A Dergisi 61, s.14-20, Ankara.
- Altınlı, I. E., 1968**, İzmit-Hereke -Kurucadağ alanının jeoloji incelemesi, M.T.A. Dergisi, No.71, s.1-27, Ankara.
- Baykal, F., 1942**, Şile mntkasının jeolojisi (Kocaeli) - Géologie de la Région de Şile Kocaeli (Bithynie), Anatolie, İ.Ü. Fen Fak. Mecmuası, Seri: B, Cilt: 7, s. 3
- Baykal, A.F. & Kaya, O., 1966**, İstanbul Boğazı kuzey kesiminin jeolojisi, T.J.K. Bülteni, S. 44, s. 31-43
- Burmister, D.M., 1951**, Identification and classification of soil An appraisal and statement of principles. ASTM STP 113, Amer. Soc. for Test and Mat., Philadelphia
- Kaya, O., 1973**, Paleozoic of İstanbul, Ege Üniv. Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, no.40, Bornova- İzmir, Ege Üni. Matbaası
- Keskin, M. & Ustaömer, T., 2001**, Stratigraphy and geochemistry of Cretaceous volcano-sedimentary units in the North of İstanbul: development of a volcanic rifted margin, Western Pontides, Turkey, EUG11, Journal of Conference Abstracts, Vol. 5, p. 732.
- Kumbasar, V. & Kip, F., 1973**, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Mekaniği, 359 sayfa, Çağlayan Kitabevi, İstanbul
- Leonards, G.A. (Editor), 1962**, Foundation engineering, Mc. Graw Hill Book Comp. 1136s.
- Means, R.E., and Pacher, J.W., 1963**, Physical Properties of Soils. Charles E. Meril Comp.
- Önal, M., 1981**, Pendik bölgesi ile adaların jeolojisi ve sedimenter özellikleri, İ.Ü. Yerbilimleri Fakültesi Jeoloji Bölümü Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), İstanbul
- Önal, M., 1981**, İstanbul Ordovisyen ve Siluryen istifinin çökelme ortamları, Yerbilimleri Dergisi 3-4, s. 161-177
- Önalp, A., 1997**, Geoteknik Bilgisi 1, Zeminler ve Mekaniği, Sakarya Üniv. Yayın no. 27, Adapazarı
- Skempton, A.W., 1953**, The Colloidal Activity of Clay, proc.3.ICOSMFE, 1:57
- Ulusay, R., 2001**, Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, 385 sayfa, Jeoloji Mühendisleri Odası yayını, no:38, Ankara
- Uzuner, B.A., 2001**, Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, Ankara.