

Çağış Köyü (Balıkesir) ince taneli zeminlerinin jeoteknik özellikleri ve katı atık sahalarında kullanılabilirliği

Ali Kamil YÜKSEL^{1,*}, Ahmet ÇONA²

¹Balıkesir Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 10145 Balıkesir

²TOKİ Yeni Mahalle 1. Etap, B 6.Blok D:8, Balıkesir

Özet

Düzenli bir katı atık depolama alanı için depolama tabanını oluşturacak alt ve üst geçirimsizlik tabakasının permeabilite değeri 1×10^{-8} m/sn veya bu değerden daha küçük olmalıdır. Bu amaçla Balıkesir – Çağış köyü ince taneli zeminlerinde permeabilite deneyleri uygulanmıştır. Burada amaç, güvenli geçirimsizliği sağlamak ve atık suların yer altı sularına karışmasını önlemektir. Çağış numunelerinin plastisite indisleri ve likit limitleri yüksek değerlerle temsil edilmektedir. Elde edilen likit limit ve plastisite indisi değerlerine göre numuneler, plastisite kartında “CH - MH” yani yüksek plastisiteli kil ve yüksek plastisiteli silt olarak belirlenmiştir. Elde edilen likitlik indisi değerlerine göre Çağış numuneleri plastik olarak belirlenmiştir. Çağış köyü numuneleri % 14,6 kum, % 53,0 silt ve % 32,4 kil tane boyutlu malzemelerden oluşmaktadır. Ayrıca geçirgenlik katsayısı çizelgesinde numuneler “pratik olarak geçirimsiz” olarak belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Katı atıklar, jeoteknik özellikler, yer altı suları, geçirgenlik.

Evaluation of usage in sanitary landfills and geotechnical properties of fine graded soils of Çağış Village (Balıkesir)

Abstract

Permeability value of lower and upper layers forming storage floor should be 1×10^{-8} m/sn or less than for a sanitary solid waste landfill. For this aim, permeability tests were done on Balıkesir – Çağış village fine graded soils for the purpose comparing the usage in solid waste landfills. The main goal in here is gaining safe permeability conditions and preventing mixing of waste waters to ground waters. Çağış samples represent with high plasticity index and liquid limit. Samples are “CH and MH” that is to say high plasticity clay and high plasticity silt on plasticity chart according to their

* Ali Kamil YÜKSEL, akyuksel@balikesir.edu.tr (0266 6121194).

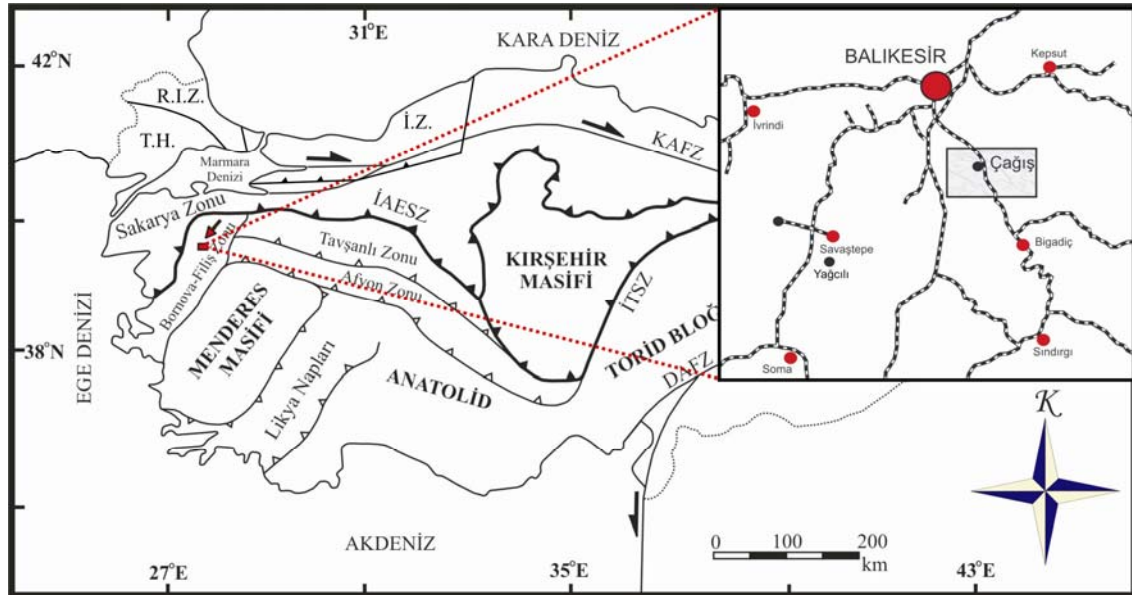
liquid limit and plasticity index value. Samples were determined as “plastic” according to their liquidity index values. Çağış village samples consist of on average 14,6 % sand, 53,0 % silt and 32,4 % clay grain size materials. Çağış samples were determined as “practically impervious” on the coefficient permeability table.

Keywords: Solid wastes, geotechnical properties, ground waters, permeability.

1.Giriş

Depolanan katı atıkların sahip olduğu su içeriğine, depolama alanına gelen yağış suları da eklendiğinde kirlilik değeri yüksek, önemli miktarda atık su ortaya çıkmaktadır. Bu atık suyun yer altı suyuna ve çevreye zarar vermemesi için kontrol altına almak amacıyla depolama alanı tabanında bir sızdırmazlık tabakası oluşturulmaktadır. Doğal geçirimsiz malzeme olarak killer ekonomikliği ve teminindeki kolaylığı nedeniyle öncelikle tercih edilmektedir. Bu amaçla doğal geçirimsiz malzeme olarak Çağış Köyü ince taneli malzemelerinin katı atık sahalarında kullanılabilirliği bu çalışma kapsamında araştırılmıştır (Şekil 1).

Düzenli katı atık sahalarındaki geçirimsiz kil tabakaları 30 cm’lik sıkıştırılmış katmanlar şeklinde döşenir. Sıkıştırılmış olan kil tabakasının geçirimsizlik katsayısı, Çevre Bakanlığı’nın ilgili çevre yasasında maksimum 1×10^{-8} m/sn olması öngörülmektedir [1]. Bu kapsamda Çağış köyü numuneleri üzerinde bir takım permeabilite deneyi yapılmış ve istenilen geçirimsizlik katsayısı değeri ve jeoteknik özellikler belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu; DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu; İTSZ: İç Torid Sütur Zonu; İ.Z.: İstanbul Zonu; İAESZ: İzmir-Ankara-Erzincan Sütur Zonu; T.H.: Trakya Havzası; RIZ: Rodop Istranca Zonu) [2].

2. İnceleme Alanının Jeolojisi

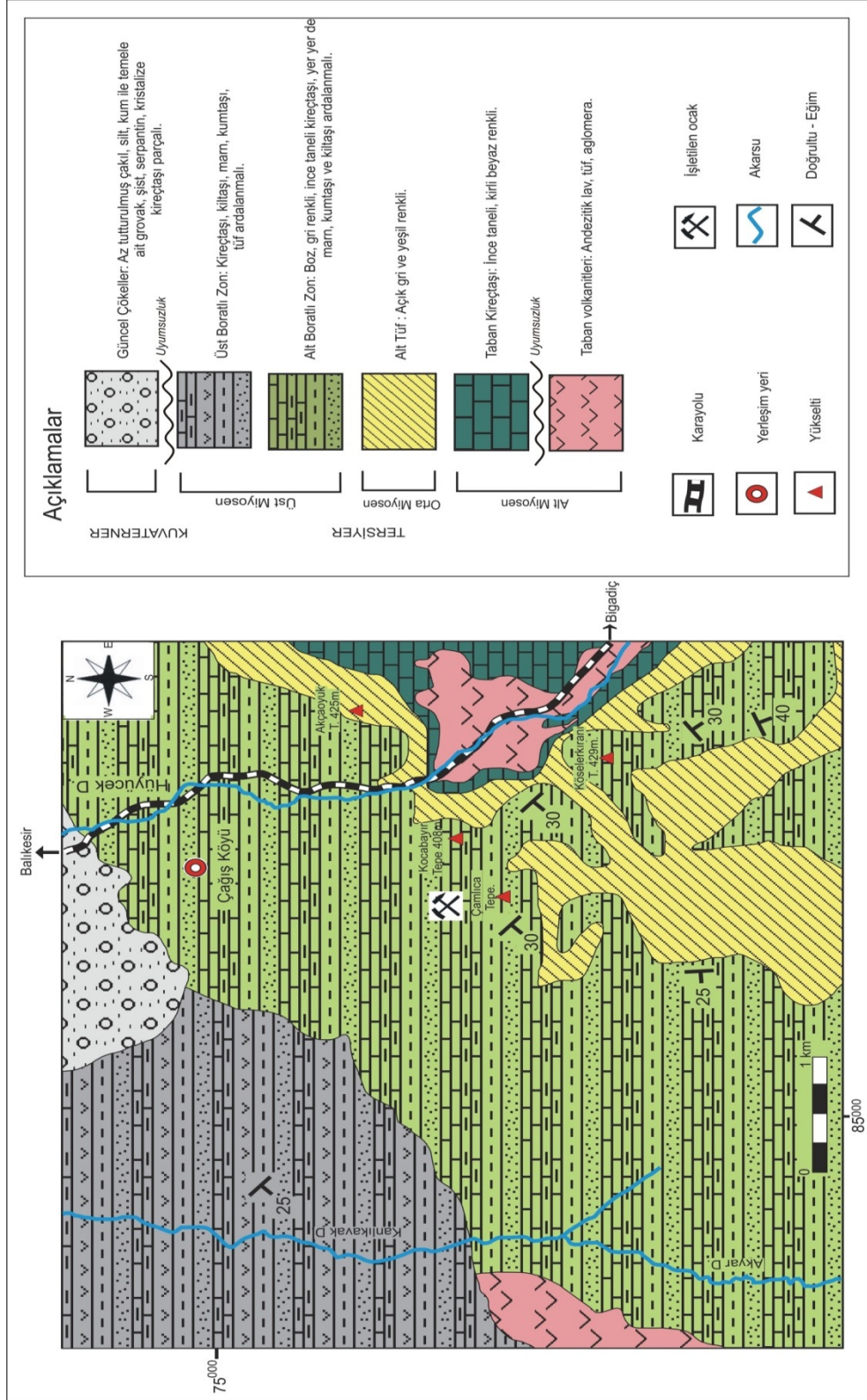
İnceleme alanının temelinde, Batı Anadolu'da yaygın olan Miyosen dönemi volkanizması ürünü olan Taban Volkanitleri yer almaktadır. Bu volkanizma döneminden sonra inceleme alanında gölsel ürünler çökmeye başlamıştır ve Taban Volkanitleri birimi üzerine ilk çökelen birim Taban Kireçtaşı birimi olmuştur. Bu gölsel alanlardaki sedimantasyon uzun bir süre boyunca devam etmiştir. Fakat sedimantasyon esnasında volkanizma yer yer aktif hale geçerek tuf gibi piroklastik malzemeler bu sedimanlar arasına yerleşmiştir. Bu piroklastik malzemelerin ilki olan Alt Tuf birimi, Taban Kireçtaşı birimi üzerine uyumlu bir dokanak boyunca gelmektedir. Alt Tuf biriminin çökelişinden sonra bölgede volkanizma durmuş, tekrar gölsel çökellerdeki sedimantasyon devam etmiştir. Alt Tuf üzerine uyumlu olarak gelen ve bor içermesinden dolayı Türkiye'de ve Dünya'da çok iyi bilinen Alt Boratlı Zon bu süreçte oluşmuştur. Alt Boratlı Zon üzerine uyumlu olarak tekrar piroklastik malzemeler içeren Üst Tuf birimi çökelmiş, onun da üzerine uyumlu olarak yine bor içeren Üst Boratlı Zon gelmektedir. Tüm birimler Kuvaterner döneminde alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 2).

Taban Volkanitleri olarak adlandırılan en yaşlı birim andezitik lav, tuf ve aglomeralardan oluşmaktadır [3]. Dış yüzeyi sarımsı ve kahverengimsi, taze kırılma yüzeyi kırmızı ve mor renkli ve bol çatlaklıdır. Taban Volkanitleri, Ercan vd. (1984) tarafından Kalburcu Andeziti olarak adlandırılmış olup olasılıkla Alt Miyosen yaşındadır [4]. Ayrıca Bigadiç-Sındırgı arasında Taban Volkanitleri üzerinde yapılan K/Ar ve Ar/Ar yaşlandırma çalışmalarında Alt Miyosen yaş verileri elde edilmiştir [5]. Taban Volkanitleri üzerine ise uyumsuzlukla gelen Taban Kireçtaşı, beyazımsı krem renkli, ince tabakalı, bol çatlaklı ve kırıklı bir yapıya sahip dolomitik kireçtaşı ile başlar. Dolomitik kireçtaşının üzerine tuf bantlı kireçtaşı-marn ardalanması gelir. Birim üst seviyelerinde ise kilaşı-kireçtaşı-tuf-marn ardalanması ile son bulur [3]. Taban Kireçtaşı Ercan vd., (1984) tarafından Güvemçetmi Kireçtaşı Üyesi olarak adlandırılmıştır [4].

Taban Kireçtaşı üzerine uyumlu olarak gelen ve çalışmanın esas konusunu oluşturan bentonit oluşumlarının da bulunduğu Alt Tuf bölgede geniş yayılıma sahiptir. Yaklaşık 140 m kalınlığa erişebilen açık gri, beyaz, sarımsı renklerde tuf katmanlarından oluşan birim, Taban Kireçtaşı ile Alt Boratlı Zon arasında uyumlu olarak yer alır [4]. Alt Tuf, volkanik kaynaktan püskürme ile atılan, baskın olarak kül boyutundaki piroklastik malzemenin göle ve karaya düşmesiyle oluşmuştur. Bentonitleşmeler, bu alt tuf içinde olup, yeşil ve beyaz renklidirler. Alt Tuf içindeki bentonitler, tüfler ile mercek şeklinde karmaşık olarak yer almaktadır. Ercan vd., (1984) tarafından bu birim Akçakertil Tüfit Üyesi olarak adlandırılmıştır [4].

İnceleme alanında, Alt Tuf üzerinde uyumlu olarak yer alan Alt Boratlı Zon, esas olarak ince taneli kireçtaşı, yer yer de marn, kumtaşı ve kilaşı ardalanmalarından meydana gelir. Yaklaşık 110 m. kalınlıktadır [3]. Ercan vd., (1984), bu Alt Boratlı Zonu Yeniköy Kireçtaşı Üyesi olarak adlandırmışlardır [4]. Alt Boratlı Zon üzerine uyumlu olarak gelen Üst Tuf birimi inceleme alanında gözlenmemiştir. İnceleme alanı dışında yer alan bu birim, tabanda ince katmanlı tuf bantlı kilaşı-kireçtaşı-marn ardalanmasıyla başlar. Bu ardalanma üzerine kilaşı gelir ve bunun da üzerine kırmızımsı kahverengi laminalı kilaşı yer alır. Daha sonra bu istifin üstünde ince ve orta katmanlı tuf ve kireçtaşı bantlı

kiltaş-kireçtaşı ardalanması yer alır. Bu zon, üstte, yer yer çört bantlı kalın katmanlı kireçtaşı ile son bulur [3]. En çok 400 m. kalınlığa erişebilmektedir.



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası ve ölçeksiz kolon kesiti (Helvacı vd., 1991 ve Ercan vd., 1984'ten değiştirilerek [3,4])

Kolemanit ve üleksitin baskın olduğu Alt ve Üst Boratlı Zonlarının Alt Zon'unda havlit, probertit, hidroborasit; Üst Zon'da ise inyoit, meyerhofferit, pandemit, probertit, hidroborasit, havlit, tunellit ve rivadavit gibi diğer borat mineralleri de yer almaktadır [6]. Ayrıca alt ve üst borat yatakları, kurak iklim koşullarında, yerel volkanizma ile bağlantılı olan hidrotermal çözeltiler ve sıcak su kaynakları ile beslenen sahalarda gelişmiş, ayrık veya birbirleriyle bağlantılı olabilen playa göllerinde oluşmuşlardır [7]. İskele Kireçtaşı Üyesi olarak adlandırılan Üst Boratlı Zon, tavanda genç tortullar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir [4].

Güncel çökeller, tabanda çakıllarını kireçtaşının oluşturduğu konglomera ile başlar. Konglomera üzerine kıltaşı, silttaşı, kumtaşı ve çakıltası gelir. Birimin kalınlığı 3-180 m. arasında değişmektedir. Tavanda ise birimin üzerine uyumsuzlukla alüvyon gelir. Tüm birimlerin üzerini uyumsuzlukla örten alüvyon, temel kayaların ve Neojen yaşlı birimlerin çakıl, kum ve killere ibarettir [3].

3. Jeoteknik Özellikler

Balıkesir-Çağış Köyü ince taneli zeminlerin jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla örselenmiş ve örselenmemiş numune alınarak laboratuarda, indeks, Atterberg, elek, kompaksiyon, permeabilite ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Örselenmemiş numuneler Shelby tüpleri ile hidrolik baskıyla alınmıştır. Laboratuarda yapılan tüm deneyler için TS 1901'e göre numune alınmış, TS 1900 ve TS 2028'e göre deneyleri yapılmış, TS 1500'e göre tanımlamaları yapılmıştır [8-11].

Laboratuvar deneyleri verilerinin değerlendirilmesi sonucunda numuneler için elde edilen parametreler Tablo 1'de gösterilmiştir. Numunelerin tane çapı dağılımlarının belirlenmesi için yıkamalı elek analizi ve hidrometre deneyleri yapılmıştır. İnceleme alanına ait numunelerinin çakıl, kum, silt ve kil tane çapı bileşenlerinin ağırlıkça yüzdelerinin genel değerlendirme sonuçlarına göre numuneler ortalama olarak % 14,6 Kum, % 53,0 Silt ve % 32,4 Kil tane boyundaki malzemelerden oluşmaktadır.

İnce taneli zeminlerin mühendislik davranışları büyük ölçüde içerdikleri su miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Killi bir zeminin kıvamı, içindeki su miktarı artırılarak katı durumdan viskoz bir sıvı kıvamına kadar değiştirilebilmektedir. Buna bağlı olarak, zeminin mukavemeti, yük altında şekil değiştirmesi ve sıkışma gibi mühendislik özelliklerinde farklılıklar meydana gelmektedir [12]. Killerin kıvamında su içeriğine bağlı olarak meydana gelen değişimleri deneysel olarak saptayabilmek için kıvam limitleri tanımlanmıştır. Çağış numunelerinin kıvam limitlerini belirlemek amacıyla numuneler üzerinde TSE 1900'a göre laboratuvar deneyleri yapılmıştır (Tablo 2) [9]. Bu tablodaki ortalama değerler göz önüne alındığında numunelerin yüksek plastisiteli olduğu söylenebilir.

Kıvam limitlerinden likit limit ve plastisite indisi değerleri kullanılarak, örnekler birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılmışlardır. On adet numune üzerinde yapılan deneylerden plastisite kartındaki dağılımları incelendiğinde sekiz tanesinin A doğrusunun altında kalarak zemin sınıfının MH (yüksek plastisiteli silt) olduğu ve iki tanesinin ise A doğrusunun üzerinde kalarak CH (yüksek plastisiteli kil) olduğu görülmüştür (Şekil 3). Ayrıca Çağış Köyü numuneleri Burmister (1951) ve Leonards (1962) plastisite indeksine dayalı sınıflandırmaları yapılmıştır [13,14].

Burmister (1951) sınıflamasına göre Çağış numuneleri “yüksek plastisiteli” zemin olarak tanımlanmıştır [13]. Leonards (1962) plastisite indeksi sınıflamasına göre ise “plastik” zemin olarak belirlenmiştir [14].

Tablo 1. İnceleme alanından alınan numunelerin fiziksel özellikleri.

ÖZELLİKLER	DEĞİŞİM ARALIĞI		
	En Yüksek	En Düşük	Aritmetik Ortalama
Doğal Birim Hacim Ağırlığı γ_n (kN/m ³)	16,39	14,46	15,50
Kuru Birim Hacim Ağırlığı γ_k (kN/m ³)	13,58	10,64	12,29
Doygun Birim Hacim Ağırlığı γ_d (kN/m ³)	17,80	15,09	16,08
Tane Özgül Ağırlığı G _s	2,46	1,67	2,20
Doğal Su İçeriği ω_n (%)	68,44	42,32	54,05
Tabi Boşluk Oranı e (%)	1,31	0,52	0,80
Tabi Porozite n (%)	0,57	0,34	0,43

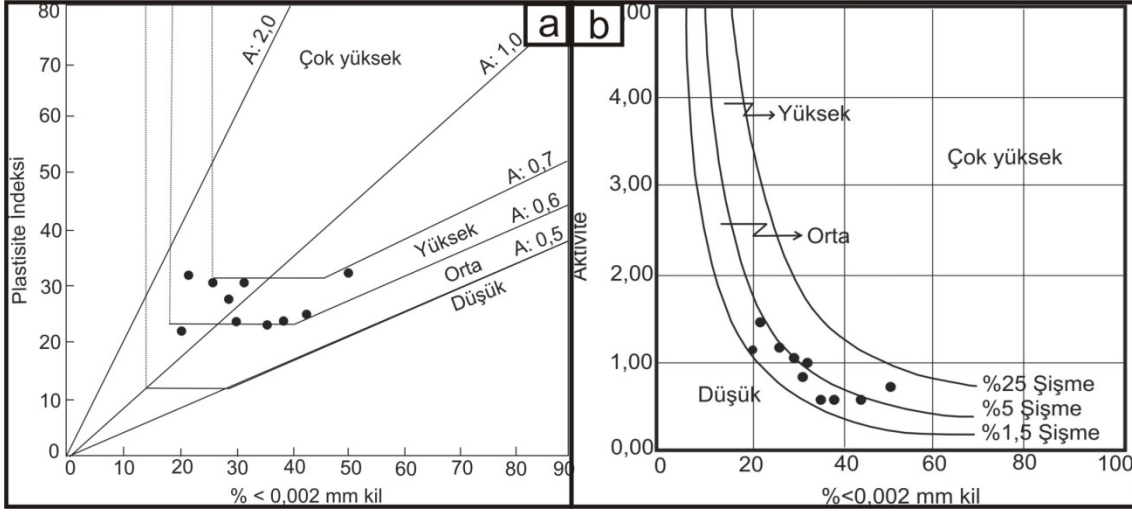
Tablo 2. İnceleme alanındaki numunelerin kıvam limitleri ve plastisite indeksi değerleri.

Kıvam limitleri ve plastisite indeksi (%)	Değişim aralığı		Ortalama
	En Düşük	En Yüksek	
Likit limit (LL)	52,41	99,12	72,72
Plastik limit (PL)	26,84	72,84	45,29
Plastisite indeksi (PI)	22,96	33	27,43
Kıvamlılık indeksi (I _c)	0,28	1,19	0,68
Aktivite (A)	0,58	1,54	0,92
Likitlik indeksi (I _L)	-0,04	0,71	0,31

Aktivite, plastisite indisinin zeminin 0,002 mm çapına karşılık gelen geçen yüzdesine oranı olarak tanımlanır [15]. Örneklerin aktivite sınıflaması, Gillot’a (1987) göre yapılmıştır [16]. Çağış numunelerinin Aktivite değeri $0,75 < A = 0,92 < 1,25$ arasında olduğu için normal aktif kil olarak tanımlanır. Aktivite açısından normal olduğu için şişme eğilimi yüksek değildir. Likitlik indeksi, bir zeminin doğal su içeriği ile plastik limiti arasındaki farkın plastisite indeksine oranıdır ve I_L ile gösterilir. Elde edilen $0 < I_L = 0,31 < 1,0$ likitlik değerlerine göre numuneler “plastik” olarak belirlenmiştir.

Sıkıştırma işlemi sonucunda zeminin [21]:

- Kayma direnci yükselir
- Sıkışabilirliği azalır
- Geçirimsizliği azalır
- Şişme – büzülme davranışı kontrol altına alınabilir
- Aşınabilirliği azalır veya gecikir
- Sıvılaşma yeteneği kaybolabilir
- Dondan aşırı etkilenmez



Şekil 5. Numunelerin a) Van Der MERWE (1964) ve b) Ulusay'ın (2001) şişme potansiyeli abakları üzerindeki dağılımları [19, 20]

Çağış Köyü numuneleri üzerinde laboratuvarında, standart proktor kompaksiyon deneyleri yapılmış ve numunelerin maksimum kuru birim hacim ağırlığı ($\gamma_{k \text{ maks}}$) ve buna karşılık gelen optimum su içerikleri (ω_{opt}) belirlenmiştir. Sonuç olarak ortalama maksimum kuru yoğunluk ve ortalama optimum su içeriği değerleri $14,20 \text{ kN/m}^3$ ve % 28 olarak belirlenmiştir.

Düzenli katı atık depolama yapılacak sahada kullanılacak geçirimsiz malzemenin uygun olup olmadığını belirlemeye yarayacak en önemli özelliklerden biri de zeminin geçirimsizliğidir. İstenilen kompaksiyon derecesinde sıkıştırılmış olan kil tabakasının geçirimsizlik katsayısının maksimum $1 \times 10^{-8} \text{ m/sn}$ ($1 \times 10^{-6} \text{ cm/sn}$) olması öngörülmektedir [1]. Yönetmeliklerdeki geçirimsizlik değerlerinin sağlanması ile katı atık sahalarındaki çöp sızıntı sularının yeraltı ve yüzey sularına karışması engellenmiş olmaktadır.

k (cm/sn)	Geçirgenlik Katsayısı										
	10^2	10^1	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}
Drenaj Özelliği	Çok İyi Drenaj		İyi Drenaj			Zayıf Drenaj		Pratik Olarak Geçirimsiz			

Şekil 6. Zeminler için geçirgenlik katsayısı çizelgesi [16].

Çağış numunelerinin geçirimsizlik (permeabilite) özelliğini belirlemek amacıyla çalışma sahasından alınan numuneler üzerinde maksimum kuru birim hacim ağırlığında ve

optimum su içeriğinde laboratuarda düşen seviyeli permeabilite deneyi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre Çağış numunelerinin en düşük permeabilite değeri $1,0 \times 10^{-7}$, en yüksek $5,02 \times 10^{-7}$ ve ortalama permeabilite değeri $3,52 \times 10^{-7}$ cm/sn olup, Çağış Köyü malzemelerinin Çevre Bakanlığı'nın Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kullanılması uygundur [1]. Ayrıca Gillot (1987) zeminler için geçirgenlik katsayısı çizelgesine göre Çağış numuneleri pratik olarak geçirimsiz kabul edilebilir (Şekil 6) [16].

Numuneler üzerinde yapılan serbest basınç deneyleri sonucu elde edilen verilere göre en düşük $2,40 \text{ kg/cm}^2$, en yüksek $2,71 \text{ kg/cm}^2$ ve ortalama $2,51 \text{ kg/cm}^2$ olarak belirlenmiştir. Kohezyonlu zeminler, serbest basınç mukavemetine göre sınıflandırılabilirler. Buna göre Çağış numuneleri Uzuner (1996) ve Ulusay (2001) sınıflandırmasında “sert zemin” özelliği göstermektedir [15, 20].

4. Sonuçlar

Çağış köyü numunelerinin ortalama tane özgül ağırlığı 22 kN/m^3 'tür ve numuneler yine ortalama olarak % 14,6 kum, % 53,0 silt ve % 32,4 kil tane boyutlu malzemelerden oluşmaktadır. Çağış numunelerinin ortalama likit limit değeri % 72,72 ve plastik limit değeri % 45,29, bu değerlere göre plastisite indisi değeri yine ortalama % 27,43 olarak belirlenmiştir. Elde edilen likit limit ve plastisite indeksi değerlerine göre numuneler, plastisite kartında “CH ve MH” yani yüksek plastisiteli kil ve yüksek plastisiteli silt olarak belirlenmiştir.

Plastisite indeksine dayalı sınıflandırmaya göre “yüksek plastisiteli” ve “plastik” malzeme olarak belirlenmiştir. Elde edilen likitlik indeksi değerlerine göre numuneler “plastik” olarak belirlenmiştir. Kıvamlilik indeksi sınıflamasına göre numunelerin yumuşak ile çok katı arasında dağılım yaptığı belirlenmiştir. Yapılan aktivite sınıflamasına göre numuneler normal killer grubunda yer almaktadır.

Düşen seviyeli permeabilite deneyinden elde edilen değerler ortalama olarak $3,52 \times 10^{-7}$ cm/sn olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre numuneler, Gillot (1987) geçirgenlik katsayısı çizelgesinde “pratik olarak geçirimsiz” olarak belirlenmiştir (Şekil 6) [16]. Çevre Bakanlığı'nın 25.04.2002'de düzenlenen Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde düzenli katı atık sahalarda kullanılacak kil tabakasının maksimum geçirimsizlik katsayısı 1×10^{-6} cm/sn olarak belirtilmiştir [1]. Çağış numuneleri bu değerleri sağladığından buradan sağlanacak malzemelerin düzenli katı atık sahalarda kullanılmasında bir sakınca olmadığı belirlenmiştir.

Çağış numunelerinde serbest basınç deneyleri yapılmış ve ortalama olarak $2,51 \text{ kg/cm}^2$ olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler Uzuner (1996) ve Ulusay'ın (2001) serbest basınç mukavemetine göre sınıflandırma tablolarında kullanılmış ve buna göre numuneler “sert zemin” olarak belirlenmiştir [15, 20].

İnce taneli zeminlerde likitlik indeksi konsolidasyon derecesi hakkında bilgi verebilmektedir. Bu doğrultuda Çağış numunelerinin likitlik indeksine göre sınıflandırması yapılmış ve “normal-aşırı konsolide killer” grubunda yer aldığı belirlenmiştir.

Teşekkür

Çalışmanın arazi kısmında bana eşlik eden Onur TOPÇU ve Halil AKTUĞ'a ayrıca lojistik desteklerini esirgemeyen SÜD-CHEMİE ve ZEM-AR A.Ş. firmalarında çalışan görevlilere ve Arş. Gör. Eyyüp KARAKAN'a teşekkürü borç bilirim.

KAYNAKLAR

- [1]. T.C. Çevre Bakanlığı, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, **Resmi Gazete**, 20814, (1991).
- [2]. Okay, A.I., Tüysüz, O., Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), **Geological Society**, London, Special Publication 156, 475-515, (1999).
- [3]. Helvacı, C., Alaca, O., Bigadiç borat yatakları ve çevresinin jeolojisi ve mineralojisi, **M.T.A. Dergisi**, 113, 61 – 92, (1991).
- [4]. Ercan, T., vd., Bigadiç çevresinin (Balıkesir) jeolojisi ve magmatik kayaçların petrolojisi ve kökensel yorumu, Teknik Rapor, M.T.A. Jeoloji Dairesi, (1984).
- [5]. Erkül, F., Helvacı, C. ve Sözbilir, H., Evidence for two episodes of volcanism in the Bigadic borate basin and tectonic implications for western Turkey, **Geological Journal** 40: 545–570, (2005).
- [6]. Helvacı, C., ve Alanso, R.N., Borate deposits of Turkey and Argentina; A summary and geological comparison, **Turkish Journal of Earth Sciences**, Vol. 9, pp. 1-27, (2000).
- [7]. Helvacı, C., 2003. Türkiye borat yatakları Jeolojik konumu, ekonomik önemi ve bor politikası. **BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 5(1), 4-41, (2003)
- [8]. TS 1901, İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları ile Örselelenmiş ve Örselelenmemiş Numune Alma Yöntemleri, **Türk Standartları**, Ankara, (1975).
- [9]. TS 1900, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri, **Türk Standartları**, Ankara, (1987).
- [10]. TS 2028, Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini, **Türk Standartları**, Ankara, (1975).
- [11]. TS 1500, İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin- Sınıflandırılması, **Türk Standartları**, Ankara, (2000).
- [12]. Özaydın, K., **Zemin Mekaniği**, 261, Birsen Yayınevi, İstanbul, (2005).
- [13]. Burmister, D.M., Identification and classification of soil, An apprasial and statement of principles, ASTM STP 113, **American Society for Testing and Materials**, Philadelphia, (1951).
- [14]. Leonards, G.A., (Editor), **Foundation Enineering**, 1139, Mc. Graw Hill Book Comp., (1962).
- [15]. Uzuner, A. B., **Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği**, Teknik yayınevi, Ankara, (1996).
- [16]. Gillot, E. J., **Clay in Engineering Geology**, 468, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, (1987).
- [17]. Reminger, J., ve Rutledge, P., Use of Soil Mechanics Data Correlation and Interpretation of Lake Agassiz Sediments, **Journal of Geology**, 60 (2), 160-180, (1952).
- [18]. Means, R. E., ve Parcher, J. W., **Physical Properties of Soils**, Oklahoma State University, Charles. E. Merrill Publishing Comp., (1963).

- [19]. Van Der Merwe, D. H., The Prediction of heave from the plasticity index and percentage clay friction of soils, **Civil Engineers in South Africa**, Vol. 6, No. 6 pp. 103 – 106, (1964).
- [20]. Ulusay, R., **Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler**, Jeoloji Mühendisleri Odası yayını, no:38, Ankara, (2001).
- [21]. Alyanak, İ., İmançlı, G. ve Haldenbilen, S., Katı atık depolama yeri düzenlenmesinde geoteknik ve yasal kurallar–uygulama örnekleri, **Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi**, İstanbul, 281–292, (2004).