

**TOKAT - BEDİRKALE SULAMA BARAJI ÇEKİRDEK DOLGUSUNDA
KULLANILAN KİL MATERYALİN MİNEROLOJİK YAPISININ
MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ahmet ESMERAY

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat Meslek Yüksek Okulu, Öğr. Gör. - TOKAT

Mustafa KILIÇ

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Prof. Dr.-TOKAT

ÖZET

Bu araştırmanın amacı; Tokat - Bedirkale sulama barajında kullanılan çekirdek dolgu kil materyalin, mineralojik yapısının mühendislik özelliklerini ne şekilde etkilediğinin belirlenmesidir.

Genel olarak araştırma zemini açık işletmeye uygun sert toprak ve yumuşak toprak sınıfında olup, çakıl, kum, silt ve kilden oluşmuştur. Endeks özelliklerinden tane çapı dağılım derecesi iyi, özgül ağırlık, porozite, boşluk oranı, doğal su içeriği, doyunluk yüzdesi, kıvam limitleri ve aktivite yönünden kriter değerler arasında kaldıkları tesbit edilmiştir. Endeks özelliklere bağlı olarak yapılan sınıflandırma çalışmasında, araştırma alanı zemininin SC ve SC-CL toprak gruplarında ve plastikliği orta inorganik killer sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir. Araştırma zemini mineralojik yönden klorit, halloysit ve kaolinit kil tiplerini içermektedir. Kimyasal özelliklerinden organik madde, kireç miktarı, toprak reaksiyonu, katyon değişim kapasitesi, çözülebilir tuz, elektriksel iletkenlik ve değişebilir sodyum yüzdesi değerleri geçirimsiz dolgu materyali için uygun özellikler göstermektedir. Mühendislik özelliklerinden olan kompaksiyon, konsolidasyon, kayma direnci, permeabilite, dispersiflik ve şişme potansiyeli değerleri, mineralojik yapıya uygun davranışlar göstermiş olup, kaolinit, halloysit ve klorit içerikli killi zeminlerin geçirimsiz dolgu materyali olarak kullanılabilceği tesbit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kompaksiyon, Konsolidasyon, Kayma Direnci, Permeabilite, Dispersiflik, Şişme Potansiyeli, Kil Mineralojisi.

ABSTRACT

A SEARCH ON MINEROLOGICAL STRUCTURE OF THE CLAY CORE EMBANKMENT- USED IN TOKAT- BEDİRKALE IRRIGATION DAM AND IT IS EFFECTS ON CIVIL ENGINEERING PROPERTIES

The aim of this study is to investigate, the mineralogical structure of the clay core embankment materials which are used Tokat - Bedirkale irrigation Dam effect the engineering properties.

In general investigated ground is of hard soil and soft soil composed of silt, sand and clay which is suitable for open gallery. From the viewpoint of index properties the particle size distribution is good, and we have determined that the gravity, porosity, rate of hollows, natural water content, saturation percentage, concentration limits and the activity are within the tolerable borders. In the classification carried out in relation with index properties it also been observed that the search ground is in the SC and SC-CL group and its plasticity is moderate while it takes place in inorganic clay class. The search ground consists of chlorite, halloysite and kaolinite in terms of mineralogy. Organic material, percentage of lime, soil reaction, capacity of cation exchange, saluable salt, electric conductivity and changeable sodium percentage; related to chemical properties have appropriate particularities for impermeable embankment material. As of engineering properties; it is compaction, consolidation, sliding resistance, permeability, dispersivity and swelling potential exhibit mineralogically suitable behaviors and it is observed that the kaolinite, halloysite and chlorite materials can be used as impermeable embankment materials.

Key Words: Compaction, Consolidation, Sliding Resistance, Permeability, Dispersivity, Swelling Potential, Clay Mineralogy.

1. GİRİŞ

Barajlar, bir vadi içerisinde akan dere veya nehir sularını düzenlemek, biriktirmek, yükseltmek, taşkınları önlemek, diğer bir vadiye veya kanala çevirmek, içme, kullanma, sulama ve enerji üretmek gayesi ile akarsular üzerinde çeşitli tipte tesis edilen stabil su yapılarıdır (Ural, 1985).

Toprak barajlar olarak da tanımlanan toprak bentlerin en önemli yapısı ise, uygun nitelikteki toprak dolgu malzemesi kullanılarak inşa edilen baraj bent gövdesidir (Özal, 1967).

Barajlar ve göletler yükseklik, gövde ve rezervuar hacmi durumuna göre isim almaktadırlar. Genellikle yüksekliği 15 metreden büyük ve gövde hacmi 500.000 m³ 'den ve rezervuar hacmi 5.000.000 m³ 'den daha fazla olan su yapılarına "Baraj", bu değerlerden daha küçük su biriktirme yapılarına ise "Gölet" adı verilir (Gemalmaz ve Hanay, 1995).

Baraj alanı ve tipinin seçimine etki eden faktörler genelde; arazinin topoğrafik ve jolojik yapısı, malzeme durumu, istimal edilecek arazinin kıymeti, alınacak su hakları ve deprem durumu gibi etkenlerdir (Anonymous, 1989).

Killerin birçok mühendislik özellikleri mineral bileşiminin bir fonksiyonudur. Ayrıca toprağın fiziksel özelliklerinin bir bölümü, toprağın tane büyüklüğü dağılımından ve mineralojik bileşiminden kaynaklanır. Çeşitli kil gruplarının suya karşı gösterdikleri davranış biçimleri farklılık arz etmektedir (Birand, 1965).

Kıvam limitleri, zeminlerin plastikliğin sayısal olarak değerlendirilmesi ve mühendislik özelliklerinin sınıflandırılması işleminde kullanılmaktadır. Genelde %15'ten daha az kil kapsamı gösteren zeminler plastik özellik gösteremezler (Sovers, 1965; Bayaer, 1966).

Özellikle orta derecede plastik ve genişlemeyen kaolinit ve kloritçe zengin materyaller toprak bent yapımı için uygun nitelik taşımaktadır. Bu nedenle gövde dolgu materyali olarak kullanılacak killi zeminlerin mineralojik yapılarında belirlenerek, diğer özelliklerinin yanında dikkate alınıp malzeme seçimine gidilmesi daha sağlıklı sonuca varılmasında etkili olmaktadır (Kılıç vd.,1991).

Killer mineralojik yapılarına göre genellikle üç esas grupta toplanırlar. Bunlar, kaolinit, illit ve montmorillonittir. Bunların içerisinde en az aktif olanı kaolinit ve en fazla aktif olanı ise montmorillonittir. Montmorillonit'in işlenmesi güçtür ve özellikle toprak dolgu barajların geçirimsiz dolgularında kullanılmaları sakıncalıdır. Bu gibi yerlerde daha düşük aktiviteye sahip, illit veya kaolinit'in kullanılması olumlu sonuçlar vermektedir (Aktaş, 1992).

Fazla miktarda montmorillonit içeren toprak ve jeolojik materyallerin, özellikle toprak barajların geçirimsiz (çekirdek) kısımlarında kullanılması halinde, baraj gövdesinde sorun oluşturabileceği bilinmelidir (Ekinci vd., 1993).

Zemin içerisinde belirli bir kil mineralinin çok az miktarda bulunması dahi, zeminin fiziksel özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Genellikle zeminlerde kil minerali miktarı arttıkça plastiklik, büzülme, şişme potansiyeli, kohezyon ve sıkışabilme özelliklerinin artmasına karşın, permeabilite ve içsel sürtünme açısı azalır (Mitchell, 1976).

Killi zeminlerde genellikle özgül ağırlık değerlerinin 2.60 gr/cm^3 ile 2.80 gr/cm^3 arasında olması arzu edilmektedir (Demirbaş, 1988).

Killi topraklarda kaolinit grubu minerallerin başat olması durumunda, porozite değerleri %33.6 ile %42.5 arasında bir değer almaktadır (Munsuz ve Rasheed, 1970).

Toprak dolgu barajlarda kullanılan materyallerin permeabilite katsayıları üç ana gruba ayrılırlar. Bunlardan, permeabilite katsayısı 10^{-2} cm/sn 'den büyük olanlar geçirimli, 10^{-2} cm/sn ile 10^{-6} cm/sn arasında olanlar yarı geçirimli ve 10^{-6} cm/sn 'den küçük olanlar ise, geçirimsiz malzeme olarak değerlendirilirler (Peck vd., 1974).

Kil minerallerinin aktivite değerleri arasında büyük farklılıklar vardır. Örneğin; kaolinit, halloysit, klorit ve bazı allofanlar 0,5'den düşük aktivite değerleriyle, aktif olmayan kil mineral grupları içerisinde yer aldıkları halde, montmorillonit 1-7 arasında değişen aktivite değeri ile aktif kil mineralleri arasındadır. Killi zeminlerin mühendislik özelliklerini kontrol eden başlıca etkenler; kil ve kil olmayan minerallerin bileşimleri, organik maddeler, kıvam limitleri, değişebilir katyonlar, çözülebilir tuzlar ve kireç miktarıdır (Mitchell, 1976).

Su içerisinde dağılma eğilimi gösteren bazı killer, erozyon borulanma açısından şüphelidirler ve zemin mekaniği biliminde “dispersif kil zemin” olarak bilinirler. Bu tip topraklar yapısal olarak stabil değildir, kolayca dağılabilir ve yüksek derecede erozyona uğrayabilirler. Dispersif killer, yavaş hareket eden su ile kolayca erozyona uğrayabilmekte ve su içerisine batırıldığında, kil fraksiyonları tek taneli partiküller şeklinde davranırlar. Toprağın dispersiflik özelliklerinin belirlenmesi için, çifte hidrometri, dağılma ve iğne deliği gibi benzeri yöntemler kullanılır. Çifte hidrometri deneyi sonucunda dispersiyon yüzdesi, %30’u aşmıyorsa zemin dispersif özellik taşımaz. Dağılma deneyi sonucunda ise, deney kabındaki süspansiyonda kolloidal bulanıklık görülüyorsa, zemin toprak barajların geçirimsiz (çekirdek) kısımlarında kullanılır (Knodel, 1991).

Killi zeminlerin iğne deliği deneyi ile dispersiflik özelliklerinin belirlenmesinde, dışarı akan suyun rengi esas alınmaktadır. 380 mm veya 1020 mm su basıncı altındaki deney sonucunda herhangi bir kolloidal erozyonun olmaması, zeminin dispersif özellik taşımadığını, aksi durumda ise zeminin dispersif özellik taşıdığını gösterir (Düzceer, 1984).

Dispersiyon yenilmesini kontrol eden başlıca özelliklerden biri, kil partikülleri arasındaki adsorbe edilmiş olan sodyum katyonlarıdır. Sodyum kil parçacıklarını sararak çift tabaka kalınlığını artırır. Dolayısı ile kil parçacıkları arasındaki çekim kuvveti azalır. Bu durumda kil parçacıkları daha kolay hareket edebilirler (Turfan vd., 1993).

Kil minerallerinin toprak sanayinde kullanılıp kullanılmayacağını veya hangi tip toprak sanayinde kullanılacağını tesbit etmek amacıyla bir dizi kimyasal analizler yapılmaktadır. Bu kimyasal analizlerden olan kireç miktarının ise, genellikle killi topraklarda % 0.7 ile % 9.5 arasında olması arzu edilmektedir (Arkun,1980).

Topraklarda organik madde yüzde miktarı (%1-3) arasında düşük, (%3-5) arasında orta ve (%5-12) arasında ise yüksek ve çok yüksek olarak kabul edilir (Bayraklı, 1986).

Killi zeminler içerisinde organik madde miktarının az miktarda bulunması dahi, toprağın plastisite indeksinde herhangi bir değişiklik yapmadığı halde, likit limit

değerinde çok fazla artış göstermektedir. Bu olayda topraktaki boşluk hacmini artırması nedeniyle, baraj gövde dolgusunun oturmasına ve su kaçırmasına neden olmaktadır (Bilgiç, 1987).

Toprak reaksiyonu, bir toprağın asit, nötr veya bazik olduğunu ifade etmek için kullanılan bir deyimdir ve toprak çözeltisindeki (H^+) ve (OH^-) iyonları konsantrasyonlarının bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar. Toprak reaksiyonu, sayısız toprak özelliklerinin bir göstergesi olup, toprağın çoğu fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen en önemli toprak özelliğidir. Toprak reaksiyonu, pH değeri ile ifade edilir. pH ise; bir toprak çözeltisindeki (H^+) iyonları konsantrasyonunun negatif logaritması olarak tanımlanır. pH=0 ile 14 sayısı arasında değişen değerler almaktadır (Brohi vd., 1995).

Bir kil materyalin katyon değişim kapasitesi değeri, kilin mineralojik bileşimini belirlemede yardımcı olmaktadır. Özellikle kilin tane büyüklüğü küçüldükçe katyon değişim kapasitesi artar (Munsuz, 1985).

Killi zeminlerde elektriksel geçirgenlik (iletkenlik) değerinin (EC_{25} mhos / cm) 4.62×10^{-3} sayısına eşit veya daha düşük olması durumunda, topraklarda tuzluluk sorunu görülmemektedir (Can, 1983).

Toprakların tuzluluk oranları yönünden sınıflandırılmasında, toprak bünyesinde bulunan tuz içeriği önemlidir. Tuz içeriği yönünden 0.015 ile 0.035 arasında değer alan topraklar hafif tuzlu olarak nitelendirilmektedir (Richards, 1954).

Değişebilir sodyum miktarının (ESP) %15'ten fazla olduğu killi topraklarda, dispersiyon hareketi başlamakta ve toprak erozyona maruz kalmaktadır (Richards, 1954). Değişebilir sodyum yüzdesi değerinin % 7 ve daha küçük olması halinde killi zeminlerin dispersif özellik taşımadığını, %7 - %10 arasında bir değere sahip olmasının zeminin ara zemin özelliği taşıdığını, %10 veya daha büyük değerde olması durumunda ise, zeminin sızım ve nispi olarak saf su ile yıkanan serbest tuzlara sahip olduğunu ve dispersif zemin özelliği taşıdığını gösterir (Craft, 1986).

Toprakların mühendislik özellikleri, toprağı oluşturan tanelerin mineral bileşimine büyük ölçüde bağlıdır. Genel olarak, bir kil mineralinin mineralojik yapısını tam olarak açıklayabilecek bir metod ortaya konmamış olup, sağlıklı bir mineralojik

analiz sonucu elde edilebilmesi için, çok kere birkaç yöntemin bir arada uygulanması gerekmektedir (Munsuz, 1985).

Kohezyonlu zeminlerin mineralojik yapılarının belirlenmesinde birçok yöntemlerin bulunmasına karşın, bu kullanılan yöntemlerden en sağlıklı olanının elektron mikroskopu yöntemi olduğu bilinmektedir (Mesri vd., 1975).

Toprak barajlarda geçirimsiz (çekirdek) gövde dolgusu olarak kullanılacak materyalin kireç, organik madde, volkan külü, tuz ve talk gibi maddelerden yoksun olması istenir. Ayrıca, uygun şekilde kohezyonlu ve montmorillonit gibi şişebilen tipteki kilce de yoksul olması arzu edilir (Karadayı, 1962).

Bu araştırmada; Tokat-Bedirkale sulama barajında kullanılan çekirdek (geçirimsiz) dolgu kil materyalin, mineralojik yapısının mühendislik özelliklerini ne şekilde etkilediğinin araştırılarak ortaya konması amaçlanmaktadır.

2. MATERYAL VE METOD

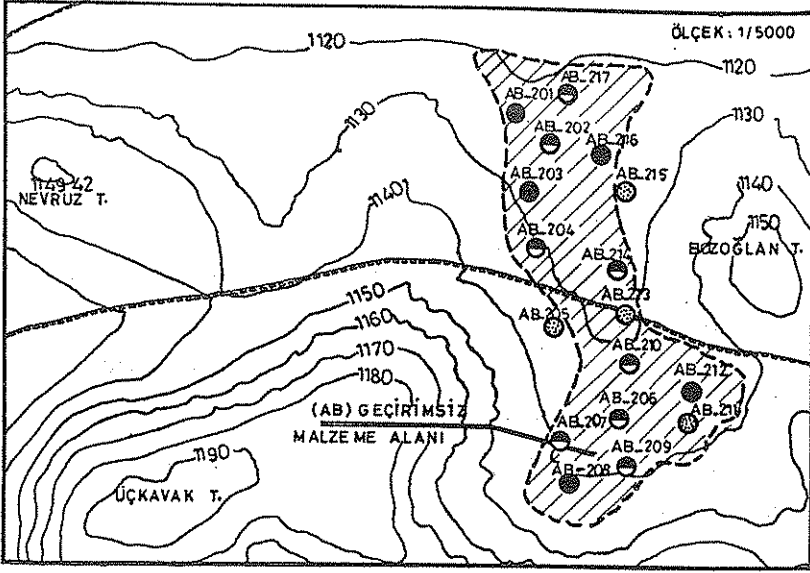
2.1. MATERYAL

Bu araştırmanın materyali; Tokat- Bedirkale sulama barajı geçirimsiz malzeme sahasından alınmış kil örnekleridir. Geçirimsiz malzeme alanı baraj yerinin yaklaşık olarak 3500 m doğusunda Tokat - Sivas karayolunun hemen batısında yer almakta olan (AB) malzeme sahasıdır. Laboratuvarda yapılmış olan deney sonuçlarına göre; geçirimsiz malzeme sahası genel olarak SC ve CL sembolü killi kumlar ve fena derecelenmiş kum - kil karışımları içeren, az çakıllı ve kumlu düşük plastisiteli killerden oluşmaktadır.

2.2. METOD

2.2.1. Örnekleme

Numune Alma Yöntemleri Türk Standard'ına uygun şekilde 10 adet örnek alma yeri belirlenmiş ve açılan kuyuların 8 adet'inden sıyırma yöntemi ile 50'şer kg'lık bozulmuş örnekler alınmıştır. Geçirimsiz malzeme alanına ilişkin örnekleme haritası şekil 2.1'de görülmektedir (Anonymous, 1985; Anonymous, 1990).



Şekil 2.1. Geçirimsiz malzeme alanına ilişkin örnekleme haritası.

2. 2. 2. Tane Çapı Dağılımı

Örneklerin iri ve ince elek analizleri **Anonymous (1966-a)**'ya göre, hidrometrik analizler ise **Anonymous (1966-b)**'ye göre yapılarak tane büyüklüğü dağılımı eğrileri çizilmiştir.

2. 2. 3. Özgül Ağırlık

Piknometre yöntemi ile özgül ağırlık değerleri hesaplanmıştır (**Ertan ve Ülkü, 1978**).

2. 2. 4. Porozite

Kuru birim hacim ağırlık ve özgül ağırlığı değerlerinden hesaplanmıştır (**Lambe and Whitman, 1969**).

2. 2. 5. Boşluk Oranı

Kuru birim hacim ağırlık ve özgül ağırlığı değerlerinden hesaplanmıştır (Lambe and Whitman, 1969).

2. 2. 6. Doğal Su İçeriği

Etüvde 105 C° de kurutulan örneklerin doğal su içerikleri saptanmıştır (Özaydın, 1989).

2. 2. 7. Doygunluk Yüzdesi

Su ile doygun hale getirilmiş örneklerden belirlenmiştir (Uzuner, 1992).

2. 2. 8. Kıvam (Atterberg) Limitleri

2. 2. 8. 1. Likit Limit

Uzuner (1992) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

2. 2. 8. 2. Plastik Limit

Uzuner (1992), tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

2. 2. 8. 3. Büzülme (Rötire) Limiti

Tosun (1989), tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

2. 2. 8. 4. Plastisite İndisi

Likit limit ile plastik limit değerleri arasındaki farklardan bulunmuştur (Tosun , 1989).

2. 2. 9. Aktivite

Skempton (1953) tarafından bildirilmiş olduğu şekilde hesaplanmıştır.

2. 2. 10. Sınıflandırma Çalışmaları

Mertoğan (1991) tarafından bildirildiği şekilde birleşik zemin sınıflandırılması esasına göre yapılmıştır.

2. 2. 11. Mineralojik Bileşimlerini Belirleme Metodları

2. 2. 11. 1. X- Işınları Difraksiyonu

Whittig (1965), tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

2. 2. 11. 2. Diferansiyel Termal Analiz

Mackenzie (1970), tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

2. 2. 11. 3. Elektron Mikroskopu

Hayat (1974), tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

2. 2. 12. Kimyasal Analiz Yöntemleri

2. 2. 12. 1. Organik Madde Miktarı

Chapman and Pratt (1961) tarafından bildirildiği şekilde örneklerin organik madde oranları, Walkley - Black yaş yakma yöntemine göre potasyum dikromat kullanılarak tesbit edilmiştir.

2. 2. 12. 2. Kireç Miktarı (Ca CO₃)

Örneklere ilişkin kireç yüzde miktarları, Scheibler kalsimetresi kullanılarak Chapman and Pratt (1961) tarafından bildirilmiş olduğu şekilde belirlenmiştir.

2. 2. 12. 3. Toprak Reaksiyonu (pH)

Bayraklı (1986), tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

2. 2. 12. 4. Katyon Değişim Kapasitesi (Meq / 100 gr toprak)

Richards (1954), tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

2. 2. 12. 5. Çözülebilir Tuz Yüzdesi

Richards (1954) tarafından bildirildiği şekilde tesbit edilmiştir.

2. 2. 12. 6. Elektriksel İletkenlik (EC_{25°} mhos/cm)

Kondaktivi Metre aleti ile elektriksel geçirgenlik değerleri belirlenmiştir (Richards, 1954).

2. 2. 12. 7. Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP)

Richards (1954) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

2. 2. 13. Mühendislik Özelliklerini Belirleme Metodları

2. 2. 13. 1. Kompaksiyon (Sıkıştırma)

Proctor(1933) tarafından bildirilen Standart Proctor (Sıkıştırma) deney aletinde, optimum su içeriği ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri elde edilmiştir.

2. 2. 13. 2. Konsolidasyon (Oturma)

Kumbasar ve Kip (1984) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

2. 2. 13. 3. Kayma Direnci

Konsolidasyonsuz-Direnajsız üç eksenli basınç aleti ile belirlenmiştir (Wasti, 1985).

2. 2. 13. 4. Permeabilite (Hidrolik Geçirgenlik)

Düşen seviyeli permeabilite deney aleti ile hesaplanmıştır (Mertdoğan, 1991).

2. 2. 13. 5. Dispersiflik

Düzceer (1984) tarafından bildirildiği şekilde dispersiflik özellikleri, çifte hidrometre değeri formülden, iğne deliği değerleri, iğne deliği deney kartı abağından, dağılma değerleri ise, Knodel (1991) tarafından bildirildiği şekilde dağılma deneyi değerlendirme tablosuna göre sınıflandırılmıştır.

2. 2. 13. 6. Şişme Potansiyeli

Aktivite ve kil fraksiyonu değerlerine bağlı olarak belirlenmiştir (Seed vd., 1962).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3. 1. Endeks Özellikler

Örneklerin tane iriliği dağılımı eğrilerinden kil %16.90 ile 21.70, silt %36.75 ile %40.90, kum ise % 31.40 ile %36.90 olarak bulunmuştur. Örneklerin kil yüzdeleri, Bilgiç (1987) tarafından bu amaç için önerilen değerlerin az miktarda altında kalmasına karşın, diğer araştırma örneklerinin tamamı literatür değerleri ile paralellik arz etmektedir.

Araştırma örneklerine ilişkin özgül ağırlık değerleri çizelge 3.1'de görüldüğü üzere; 2.75 ile 2.78 gr / cm³ arasında bulunmuştur. Demirbaş (1988), tarafından bildirilen 2.60 ile 2.80 gr/cm³ arasında belirtilmiş olup, araştırma alanına ilişkin örneklerin özgül ağırlık sonuçlarının bu limitler arasında yer almış oldukları görülmektedir.

Örneklere ilişkin porozite değerleri çizelge 3.1'de görüldüğü gibi sırasıyla, % 34 ile % 36 arasında değişmektedir. Bu değerler, **Munsuz ve Rasheed (1970)** tarafından bildirilen %33.6 ile %42.5 kriter değerleri arasında kalmış olduğundan, araştırma bulguları kriter değerler ile uygunluk içerisinde.

Araştırma örneklerinin boşluk oranı değerleri %52 ile %55 arasında bulunmuş olup, **Demirbaş (1988)** tarafından belirtilmiş olan SC ve CL toprak sınıfı boşluk oranı kriter değerleri ile uygunluk arz etmektedir.

Örneklere ilişkin doğal su içerikleri çizelge 3.1'de görüldüğü üzere %13.97 ile % 15.36 arasında ve normal düzeyde oldukları belirlenmiştir. killi zeminlerde su içeriğinin fazla olması durumunda kil tanecikleri yapısında değişiklik olacağı ve bununda zeminlerin mühendislik özelliklerini olumsuz yönde etkileyebileceği bir gerçektir.

Araştırma örneklerinin doygunluk yüzdeleri, çizelgede görüldüğü gibi % 69 ile % 75 arasında değişen değerler olarak tesbit edilmiştir. **Bilgiç (1987)** tarafından belirtilen kriter değerlerine göre, örneklerin doygunluk yüzdeleri ıslak zemin grubu içerisinde belirlenmiştir.

Örneklere ilişkin kıvam limit değerleri çizelge 3.1'de görüldüğü üzere likit limit %33 ile %44, plastik limit % 18 ile % 25, büzülme limiti % 15.10 ile %17.10, plastisite indisi ise, %14 ile % 19 arasında belirlenmiştir. Killi zeminlerde, kilin kuma oranı arttıkça, zeminin plastiklik oranının yükseldiğini, **Sovers (1965)** ve **Bayaer (1966)** ise, kıvam limitlerinin killi zeminlerdeki plastiklik oranlarının değerlendirilmesinde ve mühendislik özelliklerinin sınıflandırma sistemlerinde kullanıldığını, ayrıca %15'ten düşük değerlerde kil içeren zeminlerin plastik davranış özelliği göstermediklerini bildirmişlerdir. **Bilgiç (1987)**, likit limit değerleri % 50'nin üzerinde olan killi zeminlerin, genellikle toprak dolgu barajların geçirimsiz çekirdek kısımlarında kullanılamayacağını belirtmiştir.

Araştırma örneklerinin aktiflik değerleri çizelge 3.1'den anlaşıldığı üzere 0.69 ile 1.12 arasında değiştiği belirlenmiştir. **Mitchell (1976)**'ın belirtmiş olduğu literatür değerlerine göre AB - 204, AB - 206 ve AB - 210 nolu örnekler 0.75'ten aşağıda kalmış

olduklarından aktif olmayan kil sınıflamasına, diğer örnekler ise, 0.75 ile 1.25 arasında kaldığından normal aktif kil sınıflamasına girmektedir.

Örneklere ilişkin likit limit ve plastisite indisi değerlerinden yararlanılarak yapılan sınıflandırma çalışmalarında, araştırma alanı malzemesinin genelde SC ve SC - CL sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir. SC ve CL toprak gruplarının plastikliği orta inorganik killer sınıfında yer aldıkları ve toprak dolgu barajların, geçirimsiz kısımlarında dolgu malzemesi olarak kullanılabilecekleri anlaşılmaktadır.

3. 2. Mineralojik Bileşimleri

X-ışınları difraksiyon analizlerine ilişkin 206 ile 207 nolu örneklerin difraktogramları Şekil 3.1'de görülmekte olup, analizlerden elde edilen sonuçlara göre, kil olmayan mineraller olarak kuvars, kalsit, dolomit, albit ve hematit, kil mineralleri olarak ise kaolinit, halloysit ve klorit grubu kil mineralleri belirlenmiştir.

Araştırma alanına ilişkin 206 ile 207 nolu örneklerin (D.T.A) analiz sonuçları şekil 3.2'de görülmektedir. Örneklere ilişkin Diferansiyel Termal Analiz sonuçları X-ışınları difraksiyonu analizleri ile paralellik göstermektedir. Bu yöntemde de kil olmayan mineraller olarak kalsit, dolomit ve kuvars, kil mineralleri olarak ise klorit, kaolinit ve halloysit belirlenmiştir.

206 ve 207 nolu örneklere ilişkin elektron fotomikrografileri Şekil 3.3 ve 3.4'de görüldüğü üzere 2000 defa büyütülerek fotoğrafları çekilmiştir. **Grim (1968)**'in bildirmiş olduğu saf kil minerallerini karakterize eden fotomikrografilerle karşılaştırıldığında, araştırma örneklerinin mineralojik yapıları esas olarak halloysit, kaolinit, klorit, kuvars ve feldspat minerallerini içerdiği, bunlardan ince ve çubuk şeklindeki kristaller halloysit, levha şeklinde ve küçük yapıları olanlar kaolinit, kenarlar gayri muntazam olanlar klorit, üzerleri pürüzsüz yuvarlak ve küçük yapıları kristaller kuvars, iri köşeli olanlar ise feldspat olarak tesbit edilmiştir. **Mesri vd. (1975)**, kohezyonlu zeminlerin mineralojik yapılarının belirlenmesinde elektron mikroskopu (SEM) yönteminin kullanılmasının daha uygun olacağını bildirmişlerdir. **Mitchell (1976)** ise kil minerallerinden klorit, kaolinit ve halloysit'in aktif olmayan kil grupları içerisinde yer aldıklarını bildirmiş olup, **Kılıç vd. (1991)**' de özellikle orta derecede plastik ve genişlemeyen kaolinit ve kloritçe zengin

materyalleri, toprak bent yapımı için uygun malzeme olarak önermişlerdir. Ayrıca, Aktaş (1992) killi zeminler içerisinde en az aktif kil cinsinin kaolinit olduğunu, toprak dolgu barajların çekirdek dolgularında aktivitesi düşük olan illit ve kaolinitin kullanılmasının uygun olacağını, Ekinci vd. (1993)' de fazla miktarda montmorillonit içeren toprak ve jeolojik materyallerin, özellikle toprak barajların geçirimsiz gövde kısımlarında kullanılmasının sorun oluşturabileceğini bildirmişlerdir.

3. 3. Kimyasal Özellikleri

Araştırma alanı örneklerinin organik madde yüzde oranları Çizelge 3.2'de görüldüğü üzere % 0.86 ile % 1.20 arasında belirlenmiş olup, organik madde miktarının düşük olması nedeniyle mineralojik analizlerde organik madde varlığı tesbit edilememiştir. Bayraklı (1986), topraklarda organik madde miktarı %1-3 arasında düşük, %3-5 arasında orta, %5-12 arasında ise yüksek olarak kabul edildiğini belirtmiştir.

Örneklere ilişkin kireç yüzde miktarı değerleri Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi % 2.40 ile % 3.78 arasında değiştiği ve çok düşük sayılabilecek düzeyde oldukları belirlenmiştir. Arkun (1980), killi dolgu zeminlerde genel olarak kireç oranının % 0.7 ile % 9.5 arasında olmasının arzu edildiğini belirtmiştir.

Örneklerin pH değerleri Çizelge 3.2'de görüldüğü üzere 7.06 ile 7.37 arasında belirlenmiştir. Bulunan değerler Brohi vd. (1995) tarafından bildirilen kriter değerlere göre; nötr ve çok hafif alkali reaksiyon sınıfı içerisinde kalmış olup, alkali yönden bir sorun görülmemektedir.

Örneklere ilişkin katyon değişim kapasitesi değerleri Çizelge 3.2'de görüldüğü şekilde belirlenmiş olup, değerlerin 10.38 ile 12.41 meq/100 gr arasında değiştikleri ve çok hafif alkali reaksiyon derecesinde oldukları tesbit edilmiştir.

Araştırma örneklerine ilişkin çözülebilir tuz yüzdesi değerleri Çizelge 3.2'de 0.037 ile 0.041 arasında değişen oranlarda normal tuzlu olarak belirlenmiştir. Richards (1954) tarafından bildirilen kriterlere göre, toprak bünyesinde 0.015 ile 0.035 arasında değer alan toprakların hafif tuzlu toprak olarak nitelendirildiğini ifade etmiştir. Turfan vd. (1993) ise, toprak bünyesinde çözülebilir tuz yüzdesi değerinin düşük olmasının,

prak bünyesindeki sodyum doygunluğunu artırdığını ve toprak bünyesinde dispersiyon hareketinin başlamasını kolaylaştırdığını bildirmişlerdir.

Çizelge 3.1. Araştırma alanına ilişkin örneklerin endeks özellikleri

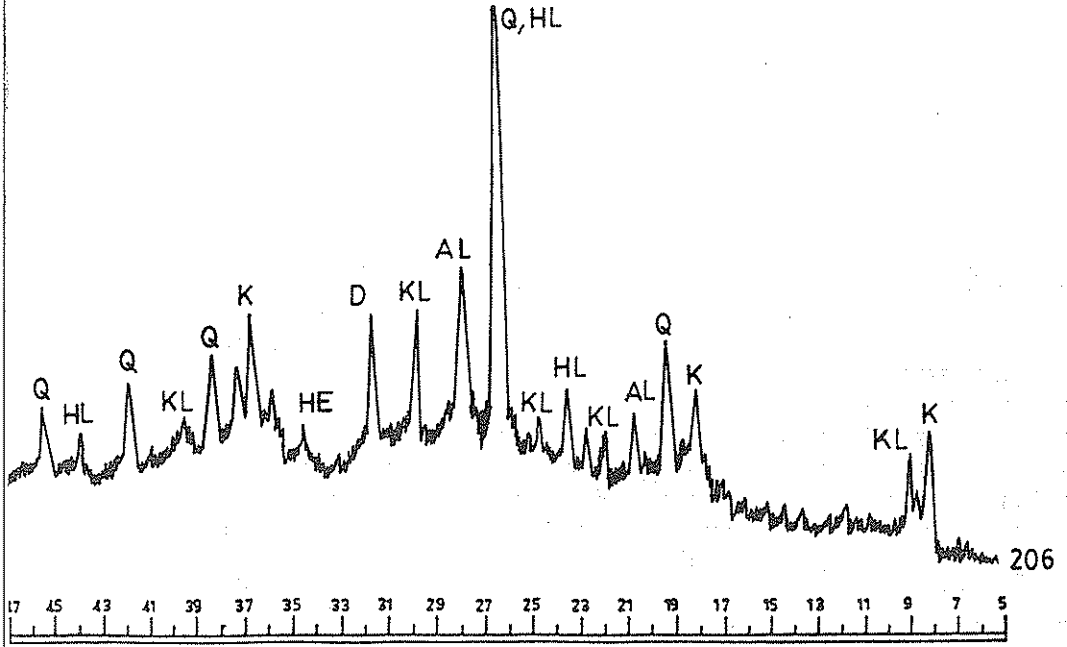
ÖRNEK NO	Kil %	Silt %	Kum %	Çakıl %	X _s gr/cm ³	n %	e %	W %	S %	LL %	PL %	PI %	BL %	TOPTAK SINIFI
	<0.002 (mm)	0.06 - 0.002 (mm)	2 - 0.06 (mm)	60- 2 (mm)	özgül ağırlık	porozite	boşluk oranı	doğal su içeriği	doyma yüzde si	likit limit	plastik limit	plastiklik indisi	büzül me limiti	
AB-201	16.90	38.10	36.90	8.10	2.75	-	-	15.26	-	44	25	19	-	SC - CL
AB-202*	20.90	39.10	34.90	5.10	2.76	0.34	0.53	15.27	69	38	22	16	15.97	SC
AB-203	20.80	38.20	33.80	7.20	2.76	-	-	15.35	-	39	22	17	-	SC
AB-204*	21.70	39.20	32.10	7.00	2.78	0.36	0.53	14.92	74	33	18	15	15.60	SC
AB-206*	20.10	40.90	33.10	5.90	2.75	0.35	0.54	14.78	72	34	20	14	17.10	SC
AB-207*	20.85	39.70	32.55	6.90	2.76	0.34	0.52	15.17	71	36	18	18	16.02	SC
AB-208	20.50	40.30	31.40	7.80	2.76	-	-	14.43	-	37	21	16	-	SC
AB-209*	19.90	39.70	34.45	5.95	2.76	0.35	0.54	14.65	75	40	23	17	16.08	SC
AB-210*	21.50	36.65	36.10	5.75	2.77	0.34	0.53	15.36	68	35	19	16	15.06	SC
AB-212	19.85	38.70	35.35	6.10	2.75	-	-	15.30	-	38	21	17	-	SC
AB-214*	20.20	40.10	32.90	6.80	2.76	0.35	0.54	13.97	73	41	22	19	15.10	SC - CL
AB-216	18.30	40.20	36.20	5.30	2.76	-	-	15.13	-	43	24	19	-	SC - CL
AB-217*	20.80	39.20	34.55	5.45	2.78	0.35	0.55	15.15	70	39	21	18	16.06	SC - CL

Bu örnekler tarafımızdan alınmış olup, diğerleri Devlet Su İşlerine aittir.

Çizelge 3.2. Araştırma alanına ilişkin örneklerin kimyasal ve mühendislik özellikleri

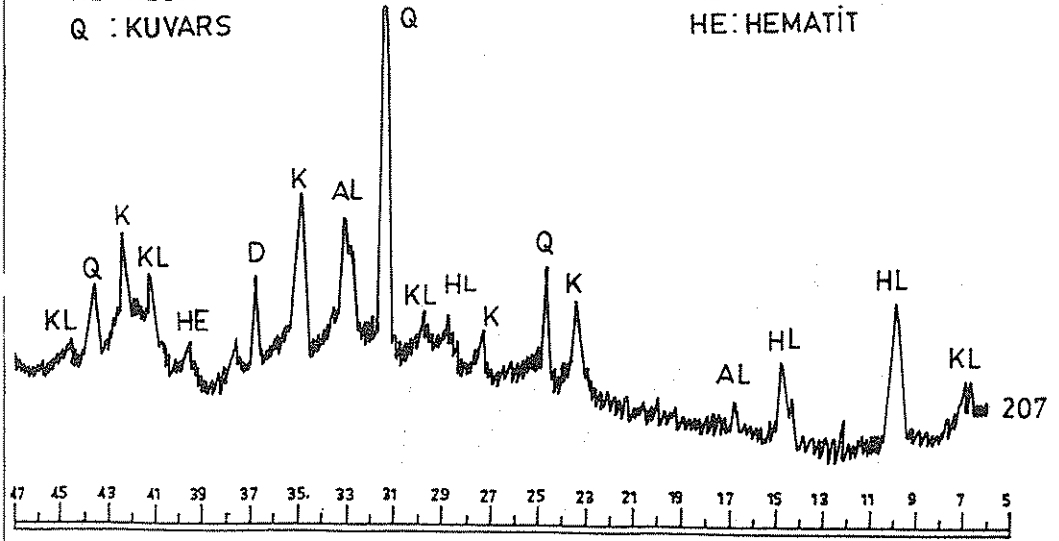
ÖRNEK NO	Organik Madde %	CaCO ₃ %	pH	K.D.K meq/100 gr	Tuz %	Elektriksel İletkenlik EC25° mhos/cm	ESP %	Kompaksiyon		Kayma Direnci		Permeabilite k (cm/sn)
								X _{max} kg/m ²	Wop %	Kh _z (C)	Açı (ø)	
AB-201								1793	14.66			
AB-202*	0.86	3.35	7.13	10.38	0.038	5.12x10 ⁻³	5.05	1802	15.15	0.86	32	2.32 X 10 ⁻⁸
AB-203								1810	13.91	0.70	28	0.40 x 10 ⁻⁷
AB-204*	0.98	3.32	7.17	10.77	0.040	6.03x10 ⁻³	5.28	1816	14.66	0.78	29	2.96 x 10 ⁻⁸
AB-206*	0.74	2.68	7.29	10.62	0.039	5.92x10 ⁻³	4.67	1775	14.90	0.76	32	1.17 x 10 ⁻⁷
AB-207*	1.06	2.62	7.10	12.06	0.037	6.18x10 ⁻³	4.25	1810	15.22	0.82	31	3.16 x 10 ⁻⁸
AB-208	-	-	-	-	-	-	-	1798	14.81	0.81	30	-
AB-209*	1.20	2.47	7.06	12.16	0.039	4.96x10 ⁻³	4.83	1782	13.94	0.79	29	1.13 x 10 ⁻⁷
AB-210*	1.16	2.43	7.29	10.56	0.041	5.40x10 ⁻³	5.76	1801	14.40	0.85	28	3.63 x 10 ⁻⁸
AB-212								1762	15.02			
AB-214*	0.98	2.49	7.37	12.41	0.038	5.78x10 ⁻³	4.99	1786	14.70	0.71	26	2.73 x 10 ⁻⁸
AB-216	-	-	-	-	-	-	-	1803	14.89	0.74	27	0.90 x 10 ⁻⁷
AB-217*	0.78	3.78	7.25	10.91	0.037	6.25x10 ⁻³	5.27	1794	15.25	0.88	29	3.06 x 10 ⁻⁸

Bu örnekler tarafımızdan alınmış olup, diğerleri Devlet Su İşlerine aittir.

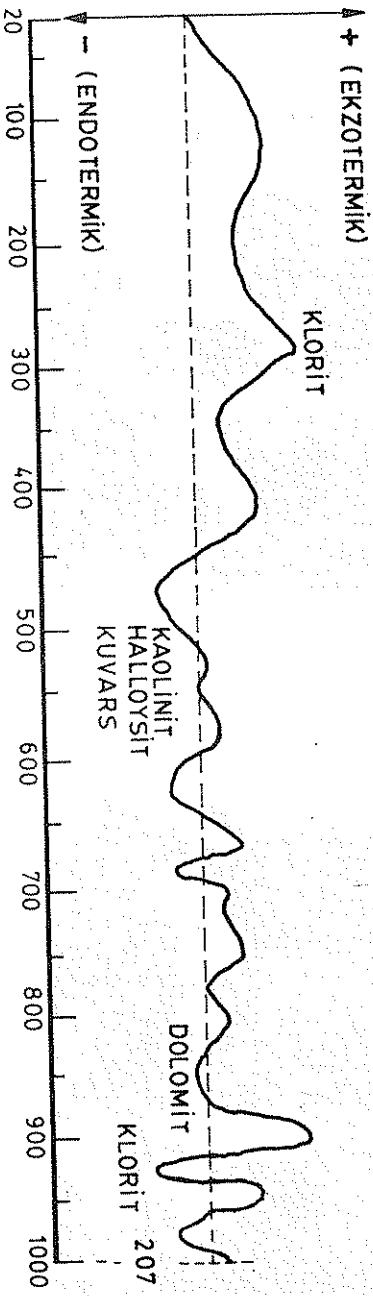
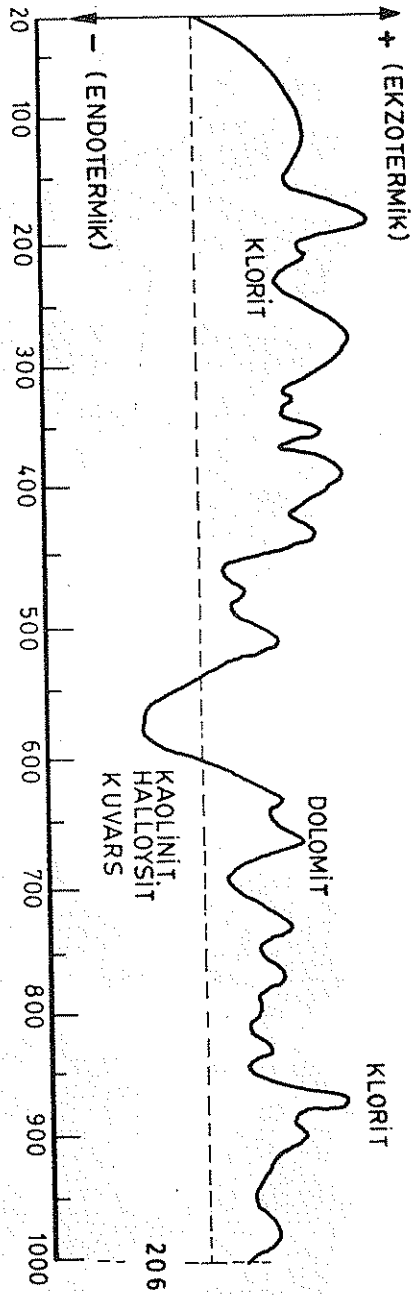


HL: HALLOYSİT
 K : KAOLİNİT
 KL: KLORİT
 Q : KUVARS

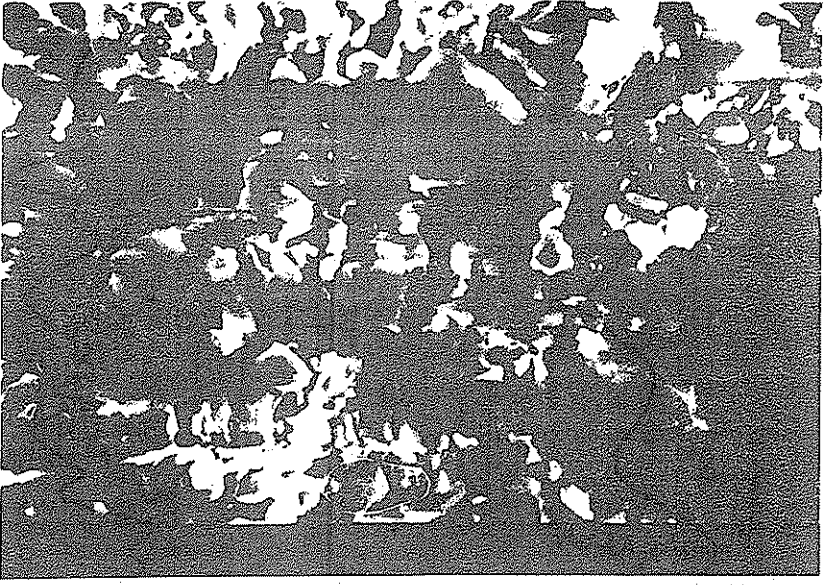
KS: KALSİT
 D : DOLOMİT
 AL: ALBİT
 HE: HEMATİT



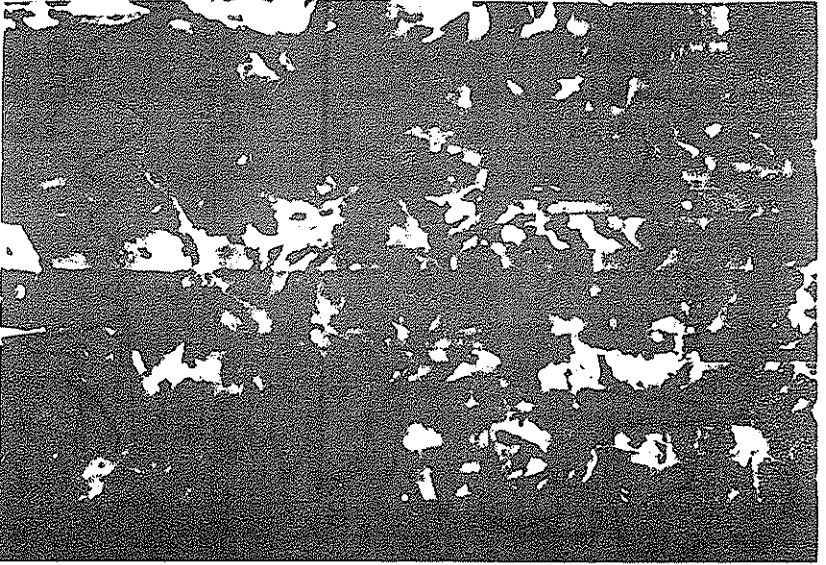
Şekil 3.1. Araştırma alanına ait 206 ve 207 nolu örneklerin x- ışınları difraktogramı



Şekil 3.2. Araştırma alanına ilişkin 206 ve 207 nolu örneklerin (D.T.A) eğrileri



Şekil 3.3. Araştırma alanına ait 206 nolu örneğin elektron fotomikrografisi (x2000 büyütme)



Şekil 3.4. Araştırma alanına ait 207 nolu örneğin elektron fotomikrografisi (x2000 büyütme)

Araştırma örneklerine ilişkin elektriksel iletkenlik değerleri çizelge 3.2'de görüldüğü üzere EC_{25} mhos/cm = 4.96×10^{-3} ile 6.06×10^{-3} arasında değişen değerler olarak belirlenmiştir. **Can (1983)** tarafından bildirilen kritere göre, killi zeminlerde elektriksel iletkenlik değerinin; EC_{25} mhos/cm = 4.62×10^{-3} sayısına eşit veya daha düşük olması durumunda, tuzluluk sorununun görülmeyeceği ifade edilmiştir.

Örneklere ilişkin değişebilir sodyum yüzdesi değerleri Çizelge 3.2'de 0.496 meq/100 gr ile 0.620 meq/100 gr arasında saptanmış olup, bu değerlerin katyon değişim kapasitesi değerlerine bölünmesi ile, değişebilir sodyum yüzdesi değerleri (ESP) % 4.25 ile % 5.76 arasında değişen oranlarda belirlenmiştir. **Richards (1954)**, değişebilir sodyum yüzdesinin (ESP) %15'ten fazla olduğu killi topraklarda, dispersiyon hareketinin başlayabileceğini belirtmiştir. **Craft (1986)** ise, değişebilir sodyum yüzdesi değerinin %7 ve daha düşük olması halinde zeminin dispersif özellik taşımadığını, % 7 ile % 10 arasında ara zemin özelliği taşıdığını ve %10'dan büyük olan zeminlerin ise, dispersif zeminler olduğunu belirtmiştir.

3. 4. Mühendislik Özellikleri

Araştırma örnekleri üzerinde yapılan kompaksiyon deneyleri ile maksimum kuru birim ağırlık ve optimum su içeriği değerleri saptanmış olup, çizelge 3.2'de görüldüğü şekilde %95 sıkıştırmada maksimum kuru birim ağırlıkları 1762 kg/m^3 ile 1816 kg/m^3 arasında, optimum su içerik değerleri ise, %13.91 ile %15.25 arasında belirlenmiştir. Araştırma deneyleri sonuçlarına göre elde edilen bu değerler, **Demirbaş (1988)** tarafından bildirilen toprakların ortalama mühendislik özellikleri kriter değerleri ile uygunluk içerisinde olup, geçirimsiz (çekirdek) dolgu materyali olarak kullanılabilir niteliktedir.

Örneklerin konsolidasyon değerleri optimum su içeriğinde ve maksimum kuru birim ağırlıkta 0.25 kg/cm^2 ile 16.00 kg/cm^2 arasındaki yükleme kademeleri ile konsolidasyon deney aletinde saptanmış olup, konsolidasyon katsayısı (c_v) sıkışma katsayısı (a_v) ve hacimsel sıkışma katsayısı (m_v) değerleri belirlenmiştir. Araştırma örneklerine ilişkin c_v , a_v ve m_v değerleri ile Devlet Su İşlerine ait örneklerin c_v , a_v ve m_v değerleri paralellik içerisinde. **Wagner (1957)** tarafından bildirilen kriterlere göre,

sıkıştırılmış ve doymun halde iken oturma miktarı, SC grup kil materyal için az, CL grup kil materyal için ise ortadır. Buna göre baraj gövdesinde fazla bir oturmamın olabileceği tahmin edilmemektedir.

Araştırma alanı örneklerine ilişkin kayma direnci parametrelerinden kohezyon ve içsel sürtünme açıları belirlenmiş olup, çizelge 3.2'de kohezyon değeri 0.71 kg/cm^2 ile 0.90 kg/cm^2 arasında, içsel sürtünme açıları ise 26° ile 33° arasında saptanmıştır. Bulunan değerler **Demirbaş (1988)** tarafından belirtilen kriter değerleri ile uygun nitelikte olup, ayrıca **Wagner (1957)** tarafından belirtilen kriter değerlere göre de, SC grup sembollü killerin kayma mukavemeti iyi ile orta, CL sembollü killerin kayma mukavemeti ise, orta olarak belirtilmiştir.

Örneklere ilişkin permeabilite katsayıları çizelge 3.2'de görüldüğü üzere 0.40×10^{-7} ile 3.63×10^{-8} arasında belirlenmiştir. Bulunmuş olan değerler, **Demirbaş (1988)** tarafından belirtilen toprakların ortalama mühendislik özellikleri kriter değerleri ile benzerlik göstermektedir. Diğer bir yönden örnekler **Wagner (1957)** tarafından bildirilen kriter değerlerine göre ise, geçirimsiz malzeme sınıfına girmektedir. **Mitchell vd. (1965)** ve **Peck vd. (1974)** ise toprak dolgu barajların çekirdek (Geçirimsiz) dolgusunda kullanılacak malzeme permeabilitesinin, $k=10^{-6} \text{ cm/sn}$ 'den küçük olması gerektiğini bildirmişlerdir.

Geçirimsiz dolgu malzemesi olarak kullanılacak araştırma alanı örneklerinin, dispersif karakter taşıyıp taşımadıklarını tesbit etmek amacı ile, çifte hidrometri, iğne deliği ve dağılma ile ilgili fiziksel deneyleri yapılmıştır. Yapılan her üç deney sonucunda da örneklerin dispersif karakterde olmadıkları gözlenmiştir. Örneklere ilişkin dispersiyon derecelerinin % 17.39 ile % 22.21 arasında değişen değerlerde oldukları ve %30 kriter değerine hiç bir örneğin ulaşamadığı görülmektedir. Araştırma örneklerine ilişkin çifte hidrometri deney sonuçları, **Knodel (1991)** tarafından belirtilen %30 dispersiyon derecesi kriter değerinin altında kalmıştır. **Aktaş (1992)**, çifte hidrometri değeri, %30 kriter değerinden küçük olan dispersif olmayan zeminlerin, iç erozyon potansiyelinin geçirimsiz dolgularda hiç bir sorun oluşturmayacağını bildirmiştir.

İğne deliği deney sonuçlarına göre, örneklerin dispersiflik yönünden genelde şişme potansiyeli alanında ve 380 mm su basıncı altında, ND1 ve ND2 bölgesinde dispersif olmayan zemin sınıfı içerisinde kalmış oldukları saptanmıştır. **Düzceer (1984)** tarafından bildirilen kriter değerlerine göre; ND1 ve ND2 sınıfında olan zeminlerin dispersif olmayan zeminler grubu içerisinde olduğunu ve 380 mm su basıncı altında herhangi bir kolloidal erozyon belirtisi göstermediklerini, deney sonucunda akan suyun ise berrak ve temiz olduğunu ifade etmiştir.

Örneklere ilişkin dağılma deneyi sonucuna göre de dispersif karakter taşımadıkları saptanmıştır. Dağılma deneyi sonuçlarına göre araştırma alanı örneklerinin, **Knodel (1991)** tarafından belirtilen dağılma deneyi dispersibilite sınıflaması kriter değerlerine göre; reaksiyon derecesi yönünden “zemin numunesi eriyebilir ve deney kabının tabanına doğru hareket eder. Ancak süspansiyon içindeki kolloidlerin neden olduğu bulanıklık görülmez” ifadesine örneklerdeki oluşan belirtiler paralellik arzettiğinden, örneklerin reaksiyon derecesi “reaksiyon yok” olarak belirlenmiştir. **Turfan (1993)**, dispersiyon yenilmesini kontrol eden başlıca özelliklerden birinin, kil partikülleri içerisindeki adsorbe edilmiş olan sodyum katyonlarının olduğunu, sodyum katyonlarının kil taneciklerini sararak çift tabaka kalınlığını artırdığı ve kil tanecikleri arasındaki elektriksel çekim kuvvetini azaltarak, kil taneciklerinin daha kolay hareket eder durumda erozyona uğradıklarını belirtmiştir.

Araştırma alanına ilişkin şişme potansiyeli değerleri, örneklerin aktivite ve kil fraksiyonu yüzdesi değerlerine bağlı olarak, **Seed vd. (1962)** tarafından belirtilen şişme potansiyeli kartı üzerinde belirlenmiştir. Şişme potansiyeli kartı üzerindeki dağılıma bakıldığında, örneklere ilişkin şişme potansiyelinin düşük bölge içerisinde olduğu görülmektedir. **Seed vd. (1962)** tarafından belirtilen kriterlere göre, plastisite indisi değeri %10 ile %20 arasında olan killi zeminlerin, şişme potansiyel derecelerinin düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Örneklere ilişkin şişme potansiyelinin düşük olmasının nedeni, mineralojik yapıdaki şişme dereceleri düşük olan kaolinit, klorit ve halloysit'in bulunması, şişme derecesi yüksek olan montmorillonit'in bulunmamasına bağlı olabilir. **Seed vd. (1962)** ve

Mitchell, (1976), killi zeminlerde şişme potansiyelini etkileyen esas faktörlerin, plastisite indisi, kil yüzdesi, kilin mineralojik yapısı ve tane çapı dağılımı olduğunu, ayrıca en yüksek derecede şişme özelliği gösteren kil tipinin ise montmorillonit olduğunu bildirmişlerdir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bedirkale sulama barajı çekirdek dolgusunun, araştırma alanı ile ilgili bulgularından elde edilen değerlere göre aşağıdaki öneriler sunulmuştur.

Elek analizi sonuçlarına göre araştırma alanı genelde çakıl, kum, silt ve kilden oluşan, tane çapı dağılımı yönünden iyi derecelenmiş kriter değerlerine uygun, geçirimsiz dolgu materyali özelliklerini taşır ve kullanılabilir olarak önerilir.

Araştırma alanının hacımsal özellikler yönünden, kriter değerlere uygun olduğu ve bu özellikleri ile geçirimsiz gövde dolgu materyali olarak, her hangi bir sorun oluşturmada kullanılabilir nitelikte görülmektedir.

Kıvım limitleri ile ilgili olarak, örneklerin likit limit değerleri %50'nin altında tesbit edilmiş olduğundan, barajın çekirdek gövdesinde kullanılmasında herhangi bir sakıncalı durumun olmadığı belirlenmiştir.

Aktivite yönünden örnekler, aktif olmayan ve normal aktif kil sınıflamasına girmektedir. Araştırma alanında hakim kil mineralleri kaolinit, halloysit ve klorit, kil olmayan mineraller ise kuvars, feldspat, dolomit, albit ve hematit olarak belirlenmiş olup, geçirimsiz dolgu materyali olarak kullanılabilir niteliktedir.

Mineralojik araştırma sonuçlarına göre, kil tipinin mühendislik davranışlarını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Bu nedenle Köy Hizmetlerince yapılan gölet ve Devlet Su İşlerince yapılan toprak barajların, geçirimli ve geçirimsiz gövde dolgusu yapımında kullandıkları, rutin mühendislik deneylerine ilaveten kimyasal ve mineralojik analizlerinde yapılması daha sağlıklı sonucun elde edilmesi için önerilir.

Sonuç olarak; Yapılan bu araştırma ile mineralojik yapının mühendislik özellikleri (kompaksiyon, konsolidasyon, kayma direnci, permeabilite, dispersiflik ve

şışme potansiyeli) etkilediği belirlenmiş olup, kaolinit, klorit ve halloysit içeren killi zeminlerin çekirdek dolgu materyali olarak kullanılabilmesi önerilmiştir.

KAYNAKLAR

1. AKTAŞ, M., 1992. Balıkesir - Altınova Madra Barajı Kil Dolgu malzemelerinin Geoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
2. ANONYMOUS., 1966 (a). Book of Standards Part 10, Concrete And Mineral Aggregates, ASTM D - 422, C 127.
3. ANONYMOUS., 1966 (b). Book of ASTM. Standard, Part II Bituminous Materials For Highway Construction, Waterproofing and Roofing; Soil, Shid Resistance Am. Soc. Testin Mater, ASTM - 152 H, Std. 824 p.
4. ANONYMOUS., 1985. İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları ile Örselemiş ve Örselememiş Numune Alma Yöntemleri. (T.S. 1901), Ankara.
5. ANONYMOUS., 1989. Göletlerin Planlama - Projelendirme Esasları. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayını, Sayfa 1- 7, Ankara.
6. ANONYMOUS., 1990. Yukarı Çekerek Projesi Bedirkale Barajı ve Sulaması Planlama Raporu. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, VII. Bölge Müdürlüğü Yayını, Samsun.
7. ARKUN, N., 1980. T.B.T.A.K. Yayınları Bilgi Profili No:14, Ankara.
8. BAYRAKLI, F., 1986. Toprak ve Bitki Analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
9. BAYAER, L. D., 1966. Soil Physics, John Wiley and Sons Inc., New York
10. BİLGİÇ, K., 1987. Göletlerde Kullanılan Dolgu Malzemelerinin Mühendislik Özellikleri. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Havza İslah ve Göletler Daire Başkanlığı, II. Baskı, Ankara..
11. BRAND, A., 1965. Killi Zeminlerin Şişme Potansiyellerinin Teknik ve Pratik Yönlerinin İncelenmesi. İ.T.Ü., Yayını, Yayın No: 9, Ankara.

12. BROHİ A. R., AYDENİZ, A. ve KARAMAN, R., 1995. Toprak Verimliliği. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları:5, Kitaplar Serisi:5, Sayfa 107, 123 - 124, Tokat.
13. CAN, H., 1983. Ankara Yıldız Mahallesi İmar Planı Kapsamındaki Zeminlerin Mineralojik Özelliklerinin Mühendislik Davranışlarına Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak İlmi Kürsüsü, Doktora Tezi, Ankara.
14. CHAPMAN, H. D. and PRATT, P. F., 1961. Methods of Analysis For Soil Plants and Waters, Universty of California, Division of Agr. Sci, D.S.A.
15. CRAFT, D., 1986. The Application of Multivariate Statistics and Saturation Extract Data to Identify Dispersive Clay Soils: Geotechnical Testing Journal, GTJODJ V. 9, No: 1, March, Sci., 34 - 37.
16. DEMİRBAŞ, S., 1988. Şevlerin Dengesi. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
17. DÜZCEER, İ., 1984. Toprak Barajlarda İç Erozyon Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
18. EKİNCİ, H., CANGIR, C. ve YÜKSEL, O., 1993. Smektit Kil Minerallerini Çokça İçeren Tarım Topraklarının Sorunları. VI. Ulusal Kil Semp., B.Ü., Sayfa 241-253, İstanbul.
19. ERTAN, Y. ve ÜLKÜ, S., 1978. Zemin Özellikleri ve Deneyleri I. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, D.S.İ., Yayını, Yayın No: 871, Sayfa 208, Ankara.
19. GEMALMAZ, E. ve HANAY, A., 1995. Toprak Su Yapıları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 181, Erzurum.
20. HAYAT, M. A., 1974. Principles and Techniques of Scanning Electron Microscopy, Von Nortront Reinhold Company, Vol., I, New York.
21. KARADAYI, S. H., 1962. Küçük Toprak Bentler ve Göletler. T.S.G.M.,Yayını, Ankara.

22. **KILIÇ, M., DURAK, A. ve PAZAR, H. D., 1985.** Tokat ve Çevresinde İnşa Edilen Bazı Göletlerin Bent Gövdesindeki Kullanılan Dolgu Materyallerinin Bazı Özellikleri ve Kil Mineralojisi. II. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Hacettepe Üniversitesi, Sayfa 353 - 363, Ankara.
23. **KILIÇ, M., BROHİ, A. R. ve DURAK, A., 1991.** Toprak Bilimi. Cumhuriyet Üniversitesi, Tokat Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Sayfa 41, Tokat.
24. **KNODEL, P., 1991.** Characteristics and Problem of Dispersive Clay Soils: Bureau Reclamation Materials Engineering Branch, R - 91 - 09, Sci., 17.
25. **KUMBASAR, V. ve KİP, F., 1984.** İnşaat Mühendisliğinde Zemin Mekaniği, Çağlayan Yayınevi, Sayfa 350, Ankara.
26. **LAMBE, T. and WHITMAN, R., 1969.** Soil Mechanics, John Wiley and Sons, Inc.
27. **MACKENZIE, R. C., 1970.** Differential Thermal Analysis, The Macaulay Institute For Soil Research Craigiebuckler Aberdeen, Academic Press, London and New York.
28. **MESRİ, G., ROKHSAR, A. and BOHOR, B., 1975.** Composition and Compressibility of Typical Samples Mexico City Clay. Geotechnique 25, No: 3, Sci., 527 - 554, Mexico.
29. **MITCHELL, J. K., 1976.** Fundamentals of Soil Behavior, University of California, Berkeley.
30. **MUNSUZ, N., 1985.** Toprak Mekaniği ve Teknolojisi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fak., Yayınları, No: 922, Sayfa 51 - 69, Ankara.
31. **MUNSUZ, N. and RASHEED, M. A., 1970.** Relationship Between the Poosity of Artificially Prepared Soil Slaps and the Types of Soil Clay Minerals. Universty of Ankara Yearbook of Agriculture, Sci., 65 - 68, Ankara.
32. **ÖZAL, K., 1967.** Küçük Toprak Barajların Planlama - Projelendirme ve İşletme Esasları. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yayınları, Sayfa 619, Ank.

33. ÖZAYDIN, K., 1989. Zemin Mekaniği. Yıldız Üniversitesi, Yayınları, Sayfa 21, 46, İst.
34. PECK, R., HANSON, W. E. and THORBURN, T., 1974. Foundation Engineering, John Wiley and Sons.
35. PROCTOR, R. R., 1933. The Design and Construction of Rolled Earth Dams, Engng., News Record, Vol: 111.
36. RICHARDS, L. A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U. S. Sarcinity Laboratory, U. S. D. A.
37. SEED, H., WOODWARD, R. and LUNGREN, R., 1962. Prediction of Swelling Potential For Compacted Clays. Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, A.S.C.E.
38. SKEMPTON, A. W., 1953. The Colloidal Activity of Clays. III. Uluslararası Toprak Mekaniği ve Temel Mühendislik Konferansı Yayını, Cilt: 1, Sayfa 57 - 61, İsviçre.
39. TOSUN, H., 1989. Jeoteknik Mühendisliğinde Zemin Sınıflaması. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, XVIII. Bölge Müd. Yayın No:1, Ankara.
40. TURFAN, M., TOSUN, H. ve ARSLAN, A., 1993. Toprak Dolgu Barajlar Açısından Dispersif Kil Zeminlerin Yaratdığı Problemler ve Mühendislik Çözümleri. Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniği Problemleri Semp., Sayfa 147 - 160, Gümüldür - İzmir.
41. URAL, Ö., 1985. Baraj Dolgu Yapım Tekniği ve Dolgu Yapımında Statik Sıkıştırmanın Seçimi. Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniği Semineri, Sayfa 1 - 21, Ankara.
42. UZUNER, A., 1992. Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği. İnşaat Mühendisleri Odası Trabzon Şubesi Yayını, Sayfa 2 - 19, Ankara.
43. WAGNER, A. A., 1957. The Use of Unified Soil Classification System by the Bureau of Reclamation. Proc. 4 th Inter Conference Soil Mechanic Found. England, London.

44. **WASTI, Y. ve ERGÜN, U., 1985.** Zeminlerin Şişme Davranışı. Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniği Semineri. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Basım ve Fotofilm İşletme Müdürlüğü Matbaası, Sayfa 21 - 49, Ankara.
45. **WHITTIG, L. D., 1965.** X - Ray Diffraction Techniques For Clay Mineral Analysis, Methods of Soil Analysis, 586-602, American Society of Agronomy Public. No: 9.