

NERGİZLİK BARAJI (ADANA) KİL ÇEKİRDEK MALZEMESİNİN JEOTEKNİK İNCELEMESİ

Geotechnical Investigation of The Core Material Of Nergizlik Dam (Adana)

Mustafa KILIÇ
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Hasan ÇETİN
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Adana iline bağlı Karaisalı ilçesinin 15 km kuzeyinde yer alan Nergizlik barajında kil çekirdek malzemesi olarak kullanılan şeyl numunesi jeoteknik özellikleri dolayısı ile fisürlü bir yapıya sahiptir. Bu malzemenin kil çekirdek malzemesi olarak uygun olup olmadığı ve ayrıca yaşanan soruna katkısı olup olmadığı araştırılacaktır. Bunun için baraj kil çekirdeğinde kullanılan malzemenin bulunduğu kil ocağından numune alınarak laboratuvar ortamında optimum su içeriğinde sıkıştırılmıştır. Daha sonra söz konusu numune ile baraj kil çekirdeğinin iki farklı lokasyonundan alınan örselenmemiş numuneler üzerinde indeks (Atterberg limitleri, tane boyu analizi, özgül ağırlık tayini) ve bazı zemin mekaniği deneyleri (permeabilite, konsolidasyon) yapılmıştır. Bu işlemlerin sonunda tüm deney sonuçları incelenerek barajda kil çekirdek malzemesi olarak kullanılan malzemenin kil çekirdek malzemesi olarak uygun olup olmadığı ve ayrıca yaşanan soruna katkısı olup olmadığı ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Nergizlik Barajı, Kil Çekirdek, Kompaksiyon, Permeabilite, Konsolidasyon.

ABSTRACT

The core material used in the Nergizlik Dam located 15 km north of Karaisalı district of Adana, has a structure dominated with fissures. Suitability of this material as a clay core and whether it has any contribution to the leakage problem have been investigated in this study. Samples were taken from the clay core quarry area and compacted under the optimum water content. Later, classification (Atterberg limits and grain size analysis) and some soil mechanical (permeability, consolidation) tests were performed both on this sample and two samples taken from different locations on the clay core during the improvement studies. Finally, the results of the tests were studied and suitability of the clay core material and whether it has any contribution to the leakage problem was determined.

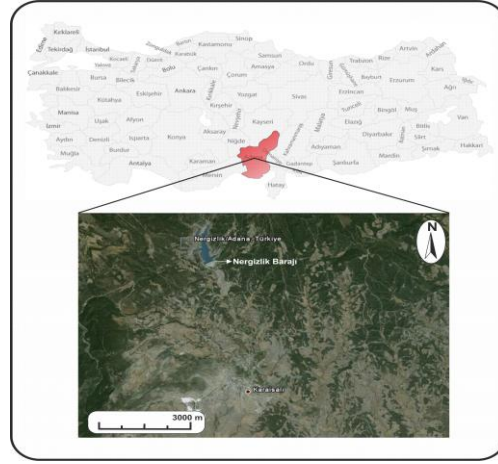
Keywords: Nergizlik Dam, Clay Core, Compaction, Permeability, Consolidation.

GİRİŞ

Karaisalı projesine ilişkin Nergizlik Barajı, Adana ilinin Karaisalı ilçesine bağlı Nergizlik köyünün 750 m güneydoğusunda Üçürge Suyu üzerine sulama ve

*Yüksek Lisans Tezi - M. Sc. Thesis

taşkın önleme amaçlı yapılmıştır (Şekil 1.). Barajın mühendislik jeolojisi ve jeoteknik incelemeleri 1978 yılında başlamış ve 1980 yılında bitmiştir. Nergizlik Barajının yapımına 1986 yılında başlanmıştır. 1992 yılında baraj gövdesinin bitimine 11 m kala inşaat durmuş ve 1994 yılında inşaata tekrar başlanarak 1996 yılında tamamlanmıştır. Barajda su tutmaya başlandıktan kısa bir süre sonra gövdeden su kaçağı olmuş ve barajın güvenliği için acil olarak su seviyesi düşürülmüştür. Sorun önce enjeksiyon ile çözülmeye çalışılmış bunun başarısız olması nedeni ile slurry-trench yöntemi uygulanmıştır.



Şekil 1. Nergizlik Barajı yer bulduru haritası (Google Earth programından değiştirilerek çizilmiştir.)

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada Adana ili Karaisalı ilçesinin yaklaşık 15 km kuzeyindeki Nergizlik Köyü sınırları içerisinde bulunan Nergizlik Barajı'nın kil çekirdeğinin iki farklı noktasından alınan örselenmemiş numuneler ve yine Nergizlik köyü civarında bulunan ve Nergizlik Barajı kil çekirdeğinde kullanılan malzemenin alındığı kil ocağından alınan örselenmiş numune materyal olarak kullanılmıştır.

Ayrıca bu numunelerin indeks ve mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla elek seti ve hidrometre, likit limit cihazı ve plastik limit plakası, piknometre deney seti, Standart Proctor deney aleti, düşen seviyeli permeabilite deney seti, konsolidasyon deney aleti ve muhtelif laboratuvar gereçleri materyal olarak kullanılmıştır.

Arazi çalışmalarında ise 1/25000 ölçekli topografik harita, baraj yerine ait 1/1000 ölçekli jeolojik harita, GPS cihazı, jeolog çekici, kürek, parafin – balmumu karışımı, numune torbaları, piknik tüpü, tülbent, fotoğraf makinesi gibi materyaller kullanılmıştır.

Metot

Bu çalışma; arazi öncesi çalışmalar, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi öncesi çalışmalar olarak, daha önce yapılmış çalışmalar araştırılmıştır. Arazi çalışması olarak, iyileştirme çalışmaları sırasında baraj kil çekirdeğinden örselenmemiş numune alınmış ve numune zarar görmeyecek şekilde paketlenme işlemi yapılmıştır. Ayrıca kil çekirdekte kullanılan malzemenin alındığı kil ocağından örselenmiş numune alınmıştır. Laboratuvar çalışması olarak, kil çekirdekten ve kil ocağından alınan numuneler Çukurova Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarı'na getirilerek, çalışma ile ilgili deneyler yapılmıştır. Son aşama olan büro çalışmasında da elde edilen tüm veriler derlenerek yazım aşamasına geçilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Numunelerin İndeks Özellikleri

Nergizlik Barajı kil çekirdeğinin 2 ayrı noktasından alınan örselenmemiş numuneler KÇ-1 ve KÇ-2 olarak isimlendirilmiştir. Ayrıca baraj kil çekirdeğinde kullanılan malzemenin alındığı kil ocağından da numune alınmış, laboratuvar ortamında sıkıştırılmış ve bu numune de KO-1 olarak isimlendirilmiştir. Deney numunelerinin indeks özelliklerinin belirlenmesi için Atterberg (kıvam) limitleri, özgül ağırlık tayini, tane boyu (hidrometre ve elek) analizleri yapılmıştır. Ayrıca kil ocağından alınan numune de KO-2 olarak adlandırılmış ve numunenin doğal haldeki tane boyu analizi yapılmıştır.

American Society of Testing Materials (ASTM) D 4318-00 (2003) standardına uygun olarak yapılabılan Atterberg (kıvam) limitleri deneyi sonucunda numunelerin kıvam limiti değerleri tespit edilmiş ve Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Atterberg limitleri deney sonuçları

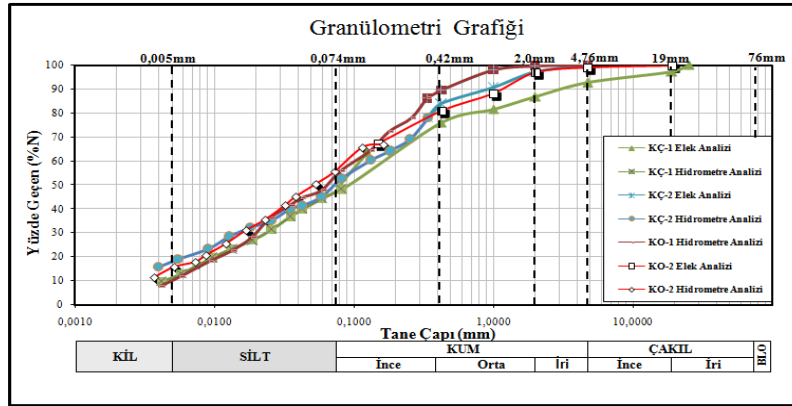
	KÇ-1	KÇ-2	KO-1
Likit Limit (LL)	%35,07	%36,30	%37,05
Plastik Limit (PL)	%20,43	%18,05	%20,12
Plastisite İndisi (PI)	%14,64	%18,25	%16,93
Zemin Tipi (USCS)	CL	CL	CL

Deney numuneleri üzerinde ASTM D 854-02 standartlarına göre özgül ağırlık deneyleri yapılmış ve KÇ-1, KÇ-2 ve KO-1 numunelerinin özgül ağırlık değerleri sırasıyla 2,65, 2,63 ve 2,66 olarak bulunmuştur.

Numuneler üzerinde American Society of Testing Materials (ASTM) D 422-63 (2003) standardına göre granülometri (tane boyu) tayini de yapılmıştır (Şekil 2.). Elek analizi ve hidrometre analizi olarak iki aşamada yapılan deneyler sonucunda numunelerin granülometri eğrileri çizilmiş ve zeminleri oluşturan tanelerin yüzdeleri hesaplanmıştır. Numunelerin içerisinde bulunan tane boyu yüzdeleri ve USCS sınıflama sistemlerine göre sınıfları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deney numunelerine ait tane boyu yüzdeleri ve USCS sınıfları

	KÇ-1	KÇ-2	KO-1	KO-2
Çakıl (%)	%8	%0	%0	%0,9
Kum (%)	%40,7	%51	%45	%43,4
Silt(%)	%39,3	%31	%44	%39,9
Kil(%)	%12	%18	%11	%15,8
USCS Sınıflaması	CL	SC	CL	CL



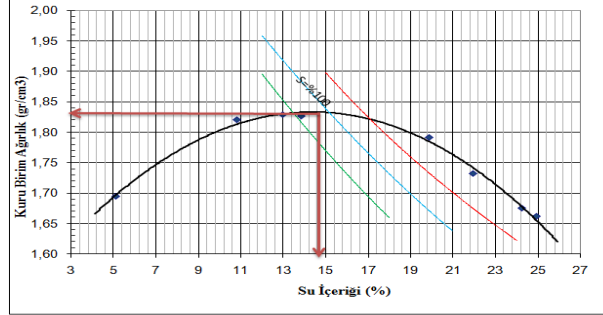
Şekil 2. Deney numunelerine ait granülometri grafikleri

Numunelerin Mühendislik Özellikleri

Çalışmanın bu bölümünde numunelerin bazı mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Baraj kil çekirdeğinde kullanılan malzemenin alındığı kil ocağından alınan numune ile standart proctor deneyi yapılmıştır. Standart proctor ile sıkıştırılan numunenin optimum su içeriği (W_{opt}) ve bu su içeriğine karşılık gelen maksimum kuru birim hacim ağırlığı ($\gamma_{k,max}$) belirlenmiştir. Bu su içeriği ve kuru birim hacim ağırlığı sağlayacak şekilde numune optimum su içeriğinde tekrar sıkıştırılmış ve çelik ring ile kompaksiyon moldu içerisinde numune alınmıştır. Kompaksiyon numunesi KO-1 olarak isimlendirilmiştir. Bu işlemlerin ardından KÇ-1, KÇ-2 ve KO-1 olarak isimlendirilen numunelerle, baraj gövdesinin farklı seviyelerini simüle edecek şekilde farklı yükler altında permeabilite ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır.

Standart Proctor Deneyi

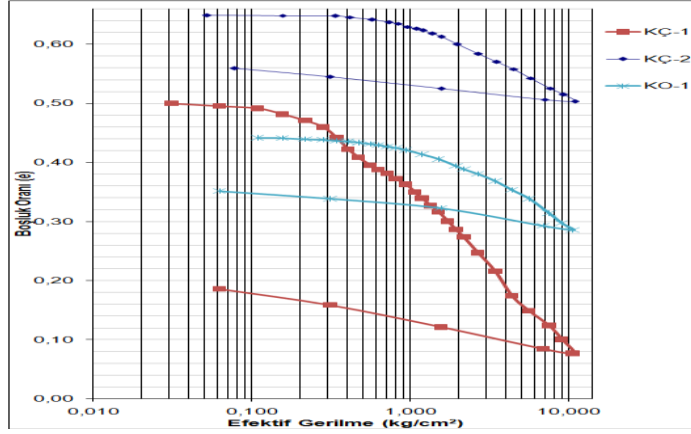
Kil ocağından alınan malzeme üzerinde (ASTM) D 698-00 (2003) yapılan standart proctor deneyi sonucunda numunenin optimum su içeriği (W_{opt}) %14,75 olarak bulunmuştur. Optimum su içeriğine karşılık gelen maksimum kuru birim hacim ağırlık değeri ($\gamma_{k,max}$) ise 1,834 olarak bulunmuştur. Numunenin maksimum sıkışmanın sağlandığı noktadaki doygunluk derecesinin %80 - %90 aralığında olduğu gözlenmektedir (Şekil 3.).



Şekil 3. KO-1 numunesine ait standart proctor deney grafiği

Konsolidasyon Deneyi

Bu aşamada KÇ-1, KÇ-2 ve KO-1 numuneleri çelik ring ile alınmış ve (ASTM) D 2435-03 (2003) standartlarına göre konsolidasyon deneyine tabi tutulmuştur. Tüm numunelerle yapılan konsolidasyon deney grafikleri Casagrande yöntemiyle çizilmiş ve yine Casagrande (1936) tarafından önerilen yöntemle ön konsolidasyon basınçları ($\sigma_{ön}$) bulunmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda KÇ-1 numunesinin ön konsolidasyon basıncı $0,47 \text{ kg/cm}^2$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.). KÇ-2 numunesinin ön konsolidasyon basıncı ise $1,1 \text{ kg/cm}^2$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4). Laboratuar ortamında sıkıştırılıp KO-1 olarak isimlendirilen numunenin ön konsolidasyon basıncı ise $2,05 \text{ kg/cm}^2$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.).

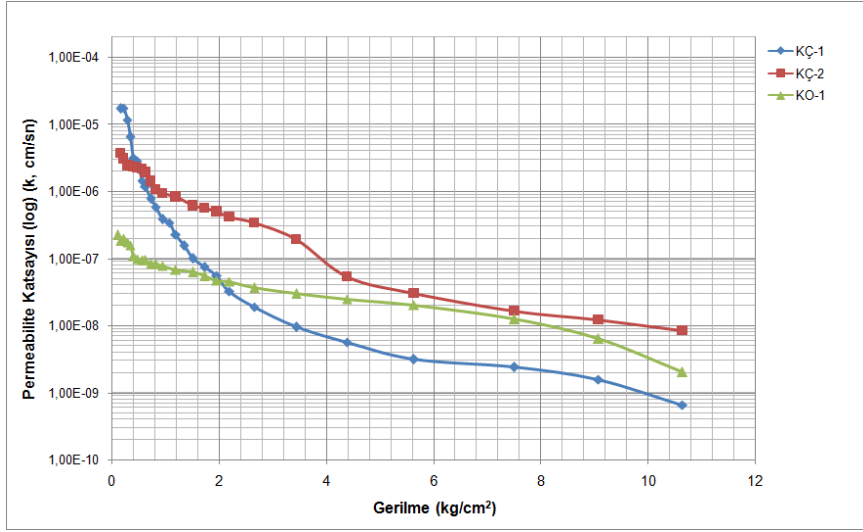


Şekil 4. Deney numunelerine ait konsolidasyon eğrileri

Permeabilite Deneyi

Deney numuneleri üzerinde ASTM D 5084 – 00 (2003) standartlarına göre düşen seviyeli permeabilite deneyi yapılmıştır. Şekil 5'te de gösterildiği üzere, KÇ-1

numunesi, deneyde uygulanan farklı yükler altında $1,71 \times 10^{-5}$ ile $6,56 \times 10^{-10}$ arasında değişen permeabilite değerleri sunmaktadır. KÇ-2 numunesi, deneyde uygulanan farklı yükler altında $3,69 \times 10^{-6}$ ile $8,46 \times 10^{-9}$ arasında değişen permeabilite değerleri sunmaktadır. KO-1 numunesi ise, deneyde uygulanan farklı yükler altında $2,25 \times 10^{-7}$ ile $2,01 \times 10^{-9}$ arasında değişen permeabilite değerleri sunmaktadır.



Şekil 5. Deney numunelerine ait permeabilite değerlerini gösterir grafik

Numune Özelliklerinin Karşılaştırılması

Bir dolguda, dolgunun sağlıklı çalışabilmesi için mühendislik özelliklerinin yanında, dolguda kullanılan malzemenin özelliklerinin de önemi oldukça büyüktür (Holtz & Kovacs, 1981).

U.S. Navy (1986)'ya göre CL sınıfı zeminler sıkıştırıldığında geçirimsizlik sağlanabilmektedir. Bu zeminler iyi sıkıştırıldığında ve doyunken kayma dayanımları ve sıkışabilirlikleri orta seviyededir. Bu zeminlerin çekirdek malzeme olarak kullanılabilirliği 3. seviyededir (1 en iyi, 14 en kötü). SC sınıfı zeminler ise sıkıştırıldığında geçirimsizdir. Sıkıştırıldığında ve doyunca kayma dayanımı orta-iyi, sıkıştırıldığında ve doyunca sıkışabilirlik karakteri düşüktür. Bu zeminlerin çekirdek malzemesi olarak kullanılabilirliği 2. seviyededir.

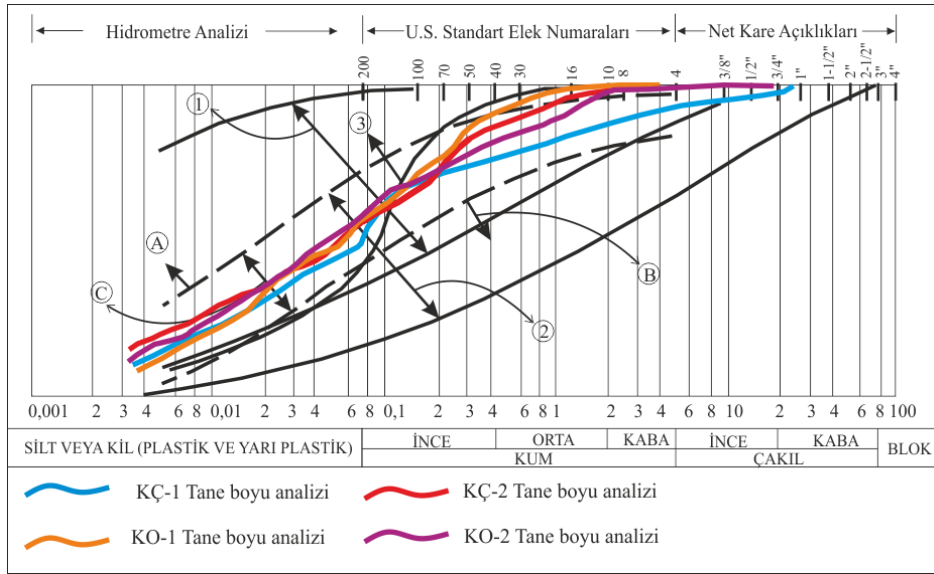
Sherard (1953) toprak dolgu barajlarda kullanılan malzemelerle ilgili yaptığı bir çalışmada zemin granülometrisi ile gövdede borulanma ve/veya çatlak olabilme ihtimali arasında bir ilişki kurmuştur ve bunu bir grafik haline getirmiştir. KÇ-1 numunesine ait granülometri eğrisi bu grafik üzerine çizildiğinde, söz konusu numunenin borulanmaya elverişlilik kategorisine göre 2. kategoriye girdiği görülmektedir (Şekil 6.). Buna göre numune orta dereceli borulanma direncine sahiptir. Gövdenin mansap bölümünün alt kısımlarındaki doyunluk durumunda,

kesin olmamakla beraber, güvenli bir dayanım gösterir. Fakat düşük yoğunluklu sızıntı veya gölcükler sebebiyle gövde kısa sürede yıkılabilir. Eğer yüksek yoğunluklu sızıntılar oluşursa, borulanma sebebiyle gövde kısa sürede yıkılabilir. Zemine çatlak oluşumuna elverişlilik açısından bakıldığında da zeminin "C" kategorisine girdiği görülmektedir. Buna göre inşa sonrasında orta-yüksek oturma ve çatlak oluşumuna elverişlilik vardır. Bu zemin, proje gereksinim sınırları içerisinde olabildiğince optimumdan yaş olarak sıkıştırılmalıdır.

KÇ-2 numunesinin borulanma karakterine bakıldığında numunenin 1. kategoriye denk geldiği görülmektedir (Şekil 6.). Buna göre zeminin borulanma direnci oldukça yüksektir. Gövde, küçük ve orta düzeyli kaçakları tölere edebilmektedir. $\frac{1}{2}$ feet³/sn (0,14 m³/sn)'nin üzerindeki yavaş ilerleyen sızıntılar, gövdenin yıkılmasına sebep olabilir. Numuneye gövdede çatlak oluşumuna elverişlilik açısından bakıldığında ise bu numunenin de KÇ-1 numunesi gibi "C" kategorisine girdiği görülmektedir.

KO-1 numunesinin, KÇ-1 numunesi gibi borulanma karakteri açısından bakıldığında 2. kategoriye, çatlak oluşumuna elverişlilik açısından bakıldığında ise "C" sınıfına girdiği görülmektedir (Şekil 6.).

KO-2 numunesine ait grafiğe bakıldığında, bu numunenin de borulanma karakteri açısından bakıldığında 2. kategoriye, çatlak oluşumuna elverişlilik açısından bakıldığında ise "C" sınıfına girdiği görülmektedir. Bu numunenin de KO-1 ve KÇ-2 numuneleri ile benzer özellik gösterdiği görülmektedir (Şekil 6.).



Şekil 6. Deney numunelerine ait çatlama ve borulanma direncini gösterir grafik

Bu tez çalışması kapsamında yapılan konsolidasyon deneyleri sonucunda zeminlere ait konsolidasyon eğrileri aynı grafiğe çizilerek karşılaştırma yapılmıştır

(Şekil 4.). Çizilen grafiğe göre KÇ-1 numunesinin gerilmeye bağlı olarak boşluk oranında ciddi bir değişim olduğu görülmektedir. Boşluk oranındaki yüksek değişim miktarı, zeminin arazide standartlara uygun sıkıştırılmadığının bir göstergesidir. KÇ-2 numunesine bakıldığında da numunenin KÇ-1 numunesinden daha yüksek ön konsolidasyon basıncı değerine sahip olmasına rağmen daha yüksek boşluk oranına sahip olduğu görülmektedir. Daha önce de belirtildiği üzere KÇ-1 numunesi CL olarak, KÇ-2 numunesi ise SC olarak sınıflandırılmışlardır. Bilindiği üzere kumlu zeminler yüksek boşluk oranına sahiptirler. Deney numunelerinin boşluk oranları arasındaki farklılığın, KÇ-1 ve KÇ-2 numunelerinin tane boyları arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Kompaksiyon deney numunesi (KO-1) üzerinde yapılan konsolidasyon deneyine ait eğriye bakıldığında kompaksiyon işlemi sonunda elde edilmesi gereken boşluk oranının daha düşük olması gerektiği görülmektedir.

Casagrande (1932), zemin mekaniğinin konusu olan jeolojik birimlerin (zeminlerin) hafızasının olduğunu, bu birimlere uygulanan gerilmelerin birimlerin dokularında hapsedildiklerini belirtmiştir. Bir jeolojik birim arazide daha önce etkisi altında kaldığı gerilmelerden daha yüksek bir gerilmeye maruz kalırsa, bu yeni gerilme etkisinde, dokuyu oluşturan taneler, gözenekler ve diğer bileşenlerin sıkışması ile değişime uğrayarak birimin dokusu daha sağlam hale gelir (Holtz ve Kovacs, 1981). Bu olaya jeolojide kompaksiyon, zemin mekaniğinde ise konsolidasyon denir. Zeminin veya birimin etkisi altında kaldığı en yüksek gerilmeye ise zemin mekaniğinde ön konsolidasyon basıncı denir (Voight, 1966; Hobbs ve diğ., 1976; Feda, 1978).

Çetin ve diğerleri (2000) yaptığı çalışmada, kompaksiyon işleminde 30 cm kalınlıkta serilmesi gereken tabakaların standarttan daha kalın serilmesi sonucunda karşılaşılabilecek ön konsolidasyon basıncı farkını ortaya koymuştur. Araştırmacı her standart proctor deneyinde, deney numunesini standartlara uygun olarak 3 eşit tabaka halinde sererek sıkıştırmış ve ön konsolidasyon basıncı değerini $3,65 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulmuştur. Aynı deneyi, deney numunesini tek tabaka halinde serip sıkıştırdığında da ön konsolidasyon basıncı değerini $0,67 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulmuştur.

Her üç numuneye bakıldığında, numunelerin kuru birim hacim ağırlıkları, ön konsolidasyon basınçları ve permeabilite değerleri arasında büyük farklılıklar olduğu görülmektedir (Çizelge 3.). "Zemin Hafızası" olarak açıklanan durum göz önünde bulundurulduğunda ve KO-1 olarak isimlendirilen laboratuarda sıkıştırılan numunenin özellikleri, olması gereken özellikler ve değerler olarak kabul edildiğinde, KÇ-1 numunesinin KÇ-2 numunesinden daha düşük bir gerilmeye (sıkışma enerjisine) maruz kaldığı düşünülmektedir. Bu düşük gerilmenin sebebinin de zeminin 30 cm'den kalın serilmesinden ve/veya silindire yeterli sayıda pas geçilmemesinden kaynaklandığı, diğer bir deyişle sıkıştırmanın standartlara uygun yapılmadığı düşünülmektedir.

Numunelerin maksimum kuru birim hacim ağırlık değerleri arasında da farklılıklar gözlenmektedir. Bir zemin numunesinde bir noktaya kadar su içeriği yükseltilecek, daha düşük kompaksiyon enerjisinde daha yüksek bir kuru birim

hacim ağırlık değeri sağlanabilir. Farklı sınıflardaki zeminler de farklı kompaksiyon özellikleri (maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su içeriği) sunabilmektedir. KÇ-1 numunesi, KÇ-2 numunesinden daha düşük ön konsolidasyon basıncına sahip olmasına rağmen daha yüksek bir kuru birim hacim ağırlık değerine sahiptir. Bu duruma, çekirdekte kullanılan malzemenin homojen olmamasının (numunelerden birinin CL, diğerinin SC olarak sınıflanmış olması) ve bu yüzden farklı kompaksiyon özellikleri sunmasının sebep olduğu düşünülmüştür. Buna bağlı olarak aynı kompaksiyon enerjisi uygulansa dahi dolgunun farklı yerlerinde farklı sıkışma miktarları ve kuru birim hacim ağırlık değerleri görülecektir. Dolgunun her noktasının aynı kompaksiyon özelliklerini taşıdığı düşünüldüğünde de serilen kil çekirdek malzemesinin su içeriğinin malzemenin her yerinde homojen olmadığı ve bu yüzden farklı birim hacim ağırlık değerleri bulunduğu düşünülmektedir.

Çizelge 3. Numunelere ait bazı mühendislik özellikleri

NUMUNE NO	KURU BİRİM HACİM AĞIRLIK (gr/cm^3)	ÖN KONSOLİDASYON BASINCI (kg/cm^2)	PERMEABİLİTE KATSAYISI (cm/sn)
KÇ-1	1,76	0,47	$2,82 \times 10^{-6}$
KÇ-2	1,61	1,10	$9,41 \times 10^{-7}$ ile $8,31 \times 10^{-7}$ arası
KO-1	1,83	2,05	$4,64 \times 10^{-8}$ ile $4,50 \times 10^{-8}$ arası

Çizelge 3'e bakıldığında, zemin numunelerinin permeabilite değerleri arasında da farklılıklar görülmektedir. Ulusay (2001) tarafından ortaya konan, geçirgenliğe göre yapılan tanımlamaya göre, her üç zemin de "Az geçirgen" olarak sınıflanmıştır. Casagrande (1938)'e göre de, zemin numuneleri üzerinde yapılan permeabilite deneylerine göre KÇ-1 numunesinin, Şekil 7.'deki "pratikte geçirimsiz" bölümünün alt seviyelerinde olduğu, KÇ-2 numunesinin hemen hemen orta seviyelerde olduğu görülmektedir. Laboratuarda sıkıştırılan numunenin ise üst seviyelerde olduğu görülmektedir. Çizelge 4.'te sunulan tabloda permeabilite katsayısına göre her üç numunenin de "az geçirgen" permeabilite derecesine sahip olduğu görülmektedir. Şekil. 4.'te gösterilen granülometri eğrisi – borulanma ilişkisi grafiğinin sonuçlarına göre KÇ-1 olarak adlandırılan zeminde sızıntı olması, gövde açısından büyük risk oluşturmaktadır. Şekil 4.'teki grafiğe göre de KÇ-2 olarak adlandırılan zeminin ise küçük sızıntıları tolere edebilecek yapıda olduğu görülmektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Öncelikle zemin numunelerinin alındığı malzeme ocağının Cingöz Formasyonu ile Güvenç Formasyonu'nun dokanağına oldukça yakın olmasından

ötürü zemin numunelerinde homojen bir yapı görülmemekte ve numunelerde yüzde olarak oldukça fazla miktarda kum boyu malzeme gözlenmektedir.

Numunelerin ön konsolidasyon basıncı değerleri arasındaki oldukça büyük farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıkların, zemine gerekli kompaksiyon enerjilerinin uygulanmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu hatanın:

- Kompaksiyon yapılacak malzemenin 30 cm'den daha kalın serilmiş olması
- Silindirle yeterli sayıda pas geçilmemiş olması

sebebiyle olduğu, yani sıkıştırmanın standartlara uygun yapılmadığı düşünülmektedir. Tane boyu – çatlak oluşumu ilişkisi, oturma olabileceğini destekler niteliktedir. Özellikle baraj kil çekirdeğinin aynı seviyesinden alınan iki numunenin oturmaya elverişlilikleri ve ön konsolidasyon basınçları arasındaki farkın ilerleyen zamanlarda farklı oturmaya sebep olabileceği düşünülmektedir.

Numunelerin ön konsolidasyon basıncı değerlerine karşılık gelen permeabilite değerleri de farklılık göstermektedir. Zeminlerin permeabilite değerleri ile ön konsolidasyon basınçları arasında ters orantıya dayalı bir ilişki gözlenmektedir. Özellikle KÇ-1 numunesi, geçirimsizlik sınıflamasında “toprak baraj ve seddelerin geçirimsiz bölümleri” ile ilgili bölüme göre limitlerin alt sınırına yakın bir noktadadır. Tane boyu – borulanma elverişliliği açısından da malzemenin borulanmaya elverişli olduğu görülmüştür. Bu durumun da uzun vadede borulanmaya sebep olarak barajı tehlikeye atma ihtimalinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- ASTM D 2435-03., 2003. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils, In:Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, p. 238-247.
- ASTM D 422-63., 2003. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, In: Annual Book of ASTM Standarts, Volume 04.08, West Conshohocken, pp. 10-17.
- ASTM D 4318-00., 2003. Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils, In: Annual Book ASTM Standarts, Volume 04.08, West Conshohocken, pp. 582-595.
- ASTM D 5084-00., 2003. Standard Test Method for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter ¹, In:Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, pp.1034-1056 .
- ASTM D 698-00., 2003. Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort, In:Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, pp.78-88.
- ASTM D 854-02., 2003. Standard Test Method for Specific Gravity of Soils, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, p. 93-99.

- CASAGRANDE, A., 1932. The structure of clay and its importance in foundation engineering. Proc. Contributions to Soil Mech., 1925-1940, Boston Society of Civil Engineers, Boston, Massachusetts, pp. 72-112.
- CASAGRANDE, A., 1936. The Determination of the Pre-Consolidation Load and Its Practical Significance, Discussion D-34, Proceedings of the First International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Cambridge, Vol. III. 60-64 pp.
- CASAGRANDE, A., 1938. Notes on Soil Mechanics – First Semester, Harvard University (unpublished), 129 pp.
- ÇETİN, H., LAMAN, M., ERTUNÇ, A., 2000. Settlement and slaking problems in the world's fourth rock-fill dam, the Atatürk Dam in Turkey. Engineering Geology 56:225–242
- FEDA, J., 1978. Stress in Subsoil and Methods of Final Settlement Calculation. Elsevier, Amsterdam.
- GOOGLE EARTH
- HOBBS, B.E., MEANS, W.D. and WILLIAMS, P.F., 1976. An Outline of Structural Geology: John Wiley & Sons, New York.
- HOLTZ, R. D. and KOVACS, W. D., 1981. (Çeviri: KAYABALI, K., 2002) Geoteknik Mühendisliğine Giriş, Gazi Kitabevi, Ankara 723 s.
- SHERARD, J.L., 1953. Influence of Soil Properties and Construction Methods on the Performance of Homogeneous Earth Dams, Technical Memorandum 645, U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation.
- ULUSAY, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No:38, 4. Baskı, Ankara, 335s.
- U.S NAVY, 1986. Foundations & Earth Structures, NAVFAC Design Manual DM-7, Washington DC
- VOIGHT, B, 1966. Interpretation of in situ measurements. Proc. Int. Soc. Rock Mech., Lisbon, Portugal, 3:332-348.