

## KANAK BARAJI (SİVAS – ŞARKIŞLA) İNŞAATINDA KULLANILACAK OLAN GEÇİRİMSİZ TOPRAK MALZEMELERİN MİNERALOJİSİ VE JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

### MINERALOGY AND GEOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF IMPERVIOUS SOIL MATERIALS TO BE USED FOR THE CONSTRUCTION OF THE KANAK DAM (SİVAS - ŞARKIŞLA)

Ergun KARACAN, Ahmet Turan ARSLAN

Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Bölümü, 58140 Sivas

**ÖZ:** Bu çalışmada, Sivas ili Şarkışla ilçesi sınırları içerisinde, kil çekirdekli kaya dolgu tipinde inşa edilmesi düşünülen Kanak barajının gövde inşaatında, geçirimsiz çekirdek olarak kullanılması önerilen toprak malzemelerin; mineralojik, jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi ve kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Belirlenen olası A ve D malzeme alanlarından alınan örselenmiş ve örselenmemiş toprak örnekleri üzerinde laboratuvarda tane özgül ağırlığı, tane boyu dağılımını belirlemeye yönelik elek ve hidrometre çözümlenmeleri, kıvam limitleri, kompaksiyon, kesme kutusu ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Ayrıca geçirimsiz olası malzeme alanlarından alınan toprak örneklerinde X ışınları yöntemi ile mineralojik incelemeler yapılmıştır. Arazi gözlemleri ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda; A malzeme alanında geçirimsiz kil çekirdeği yapımında uygun özelliklerde ve yeterli miktarda malzemenin olduğu, ancak D alanındaki malzemelerin uygun özellikleri tamamen karşılamadığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Kil, baraj, mineralojik, jeoteknik.

**ABSTRACT:** The aim of this study was to determine the mineralogical and geotechnical properties and to evaluate the possibility of the usage core of the soil materials as impervious for Kanak dam (Sivas – Şarkışla), which is planned to be constructed as a clay cored rock fill dam. On the disturbed and undisturbed soil samples from the potential material areas A and D, grain specific gravity, grain size distribution by sieve and hydrometer, consistency limits, compaction, shear-box and consolidation tests were carried out. Mineralogical analysis of the soil samples from the potential impervious material areas were made via XRD analysis. Based on the field observations and laboratory analyses data, it was concluded that the materials in A area were suitable for impervious clay core construction, on the other hand the ones in D area did not meet property requirements for the same purpose.

**Key words:** Clay, dam, mineralogical, geotechnical.

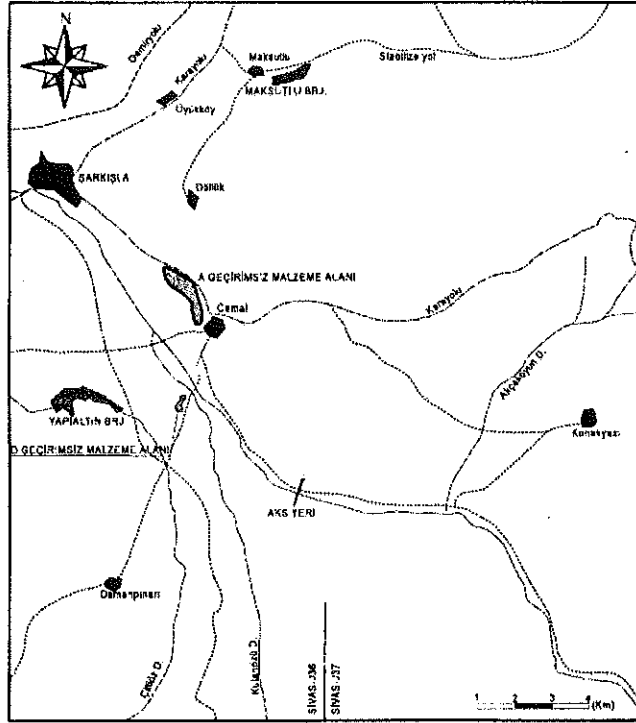
### GİRİŞ

Bu çalışmada, Sivas ili Şarkışla ilçesi sınırları içerisinde kil çekirdekli kaya dolgu tipinde inşa edilmesi düşünülen Kanak barajı gövdesinde geçirimsiz kil çekirdek yapımında kullanılması düşünülen malzemelerin jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi ve kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Kanak barajı Şarkışla ilçesinin güneydoğusunda Cemal köyünün 5 kilometre güneybatısında Kanak dereşi üzerinde yer almaktadır (Şekil 1). Barajın talvegden 52.50 m yükseklikte kil çekirdekli kaya dolgu tipinde inşa edilmesi düşünülmektedir. Baraj Şarkışla ovası sulama projesi kapsamında yer alan yapılardan biri olup proje ile ilgili çalışmalar Sivas DSİ XIX Bölge Müdürlüğü

tarafından ayrıntılı bir şekilde yürütülmektedir. Baraj projesi ile ilgili önemli mühendislik değerlendirme çalışmaları DSİ (1986, 1996, 1998a, 1998b, 1999) ve Arslan (1999) tarafından yapılmıştır. Baraj gövdesinin ortasında geçirimsiz kil çekirdek, dışa doğru filtre ve kaya dolgu malzemeler yer alacaktır. Yapılan hacim hesaplamalarına göre baraj inşaatı için 820575 m<sup>3</sup> kil dolgu, 279810 m<sup>3</sup> filtre malzemesi, 2422025 m<sup>3</sup> yarı geçirimli malzeme, 114565 m<sup>3</sup> riprap koruyucu malzeme kullanılacaktır (DSİ, 1999).

Baraj gövdesinde kullanılacak geçirimsiz malzeme sağlamak amacıyla olası A ve D geçirimsiz malzeme alanları olmak üzere, 2 adet malzeme alanı belirlenmiştir (Şekil. 1). Malzeme alanları barajın mansap böl-



**Şekil 1.** Baraj yeri ve geçirimsiz malzeme alanlarının yer bulduru haritası.  
**Figure 1.** Location map of the dam site and areas of the impervious soil material.

gesinde yer almakta olup, jeolojik olarak Kuvaterner yaşlı kahverengi alüvyonların ince taneli düzeylerinden oluşmaktadır. Olasıl malzeme alanlarının yer seçiminde baraj eksen yerine olan uzaklık ve malzeme miktarı göz önünde bulundurulmuştur. Malzeme alanlarında alanı karakterize edebilecek özellikteki lokasyonlarda örselenmiş ve örselenmemiş toprak örnekleri almak için araştırma çukurları açılmıştır. C.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mühendislik Jeolojisi ve MİPJAL (Mineraloji Petrografi ve Jeokimya Laboratuvarı) laboratuvarları ile DSİ XIX. Bölge Müdürlüğü malzeme laboratuvarlarında; önce malzeme alanlarından alınan örneklerinin mineralojik bileşimleri X ışınları çözümlenmeleri ile belirlenmiş ve daha sonra alınan örselenmiş ve örselenmemiş toprak örnekleri üzerinde tane özgül ağırlığı, tane boyu dağılımını belirlemeye yönelik elek analizi ve hidrometre çözümlenmeleri, kıvam limitleri, kompaksiyon, kesme kutusu ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır.

Arazi gözlemleri ve deneylerden elde edilen verilerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda Kanak barajının dolgu inşaatında kullanılabilecek miktar ve özellikle geçirimsiz toprak malzemelerin baraj ekseninin yakın civarında belirlenen A malzeme alanından ekonomik olarak sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

## MİNERALOJİ

Killi toprakların jeoteknik karakteristikleri mineralojik bileşim, özellikle de kil mineralojisi ile yakından ilişkilidir. Örneğin killi toprakların en önemli özellikleri olan plastisite sıklıkla sıkışabilirlik ve şişme potansiyelleri kil minerali içeriğinin miktarına ve türüne bağlıdır (Grim, 1949; Seed et al., 1962; Terzaghi and Peck, 1967; Gillot, 1987).

A ve D Malzeme alanlarındaki toprak zeminlerin mineralojik bileşimlerini belirleyebilmek amacıyla her bir alandan alınan 14 örnek üzerinde X – ışınları çözümlenmeleri (XRD) yapılmıştır. Tüm Kayaç (XRD-TK) ve Kil Fraksiyonu (XRD-KF) çözümlenmeleri Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümü MİPJAL (Mineraloji Petrografi ve Jeokimya Laboratuvarı) laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

## Tüm Kayaç (TK) Çözümlenmeleri

XRD - (TK) difraktogramları, Rigaku DMAX II-IC difraktometresinde 200 No.lu elek (0.074 mm) boyutundan daha küçük toz (öğütülmüş) örneklerden, CuK $\alpha$  ışınması ve Ni filtre kullanılarak gonyometre hızı 2°/dak, kayıt aralığı  $2\theta = 5^\circ - 35^\circ$  olmak üzere çekilmiştir. XRD - (TK) çözümlenmelerinden elde edilen difraktogramlar toplu olarak değerlendirilip sonuçlar Çizelge 1 ve Çizelge 2'de toplu olarak sunulmuştur.

**Çizelge 1.** A geçirimsiz malzeme alanı örneklerinde belirlenen mineral yüzdelerinin istatistiksel değerlendirme toplu sonuçları.  
**Table 1.** Results of the statistical evaluation of mineral percentages of soil samples in the impervious soil material area A.

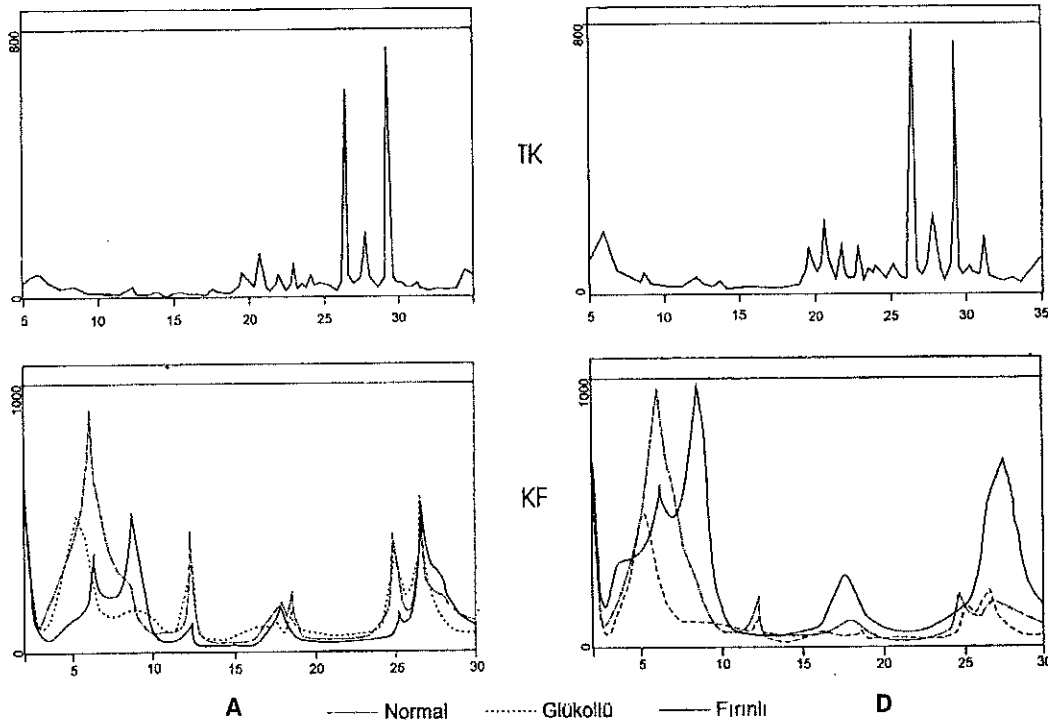
Mineraller	En Az	En Çok	Art. Ort.	Std. Sapma
Kalsit (%)	8,00	29,00	18,25	7,81
Kuvars (%)	4,00	11,00	7,50	2,33
Feldspat (%)	8,00	15,00	11,63	2,67
Kil (%)	49,00	69,00	61,50	6,23

**Çizelge 2.** D geçirimsiz malzeme alanı örneklerinde belirlenen mineral yüzdelerinin istatistiksel değerlendirme toplu sonuçları.  
**Table 2.** Results of the statistical evaluation of mineral percentages of soil samples in the impervious soil material area D

Mineraller	En Az	En Çok	Art. Ort.	Std. Sapma
Kalsit (%)	0,00	17,00	7,43	7,02
Kuvars (%)	5,00	9,00	7,14	1,21
Feldspat (%)	10,00	33,00	16,14	8,34
Kil (%)	46,00	83,00	69,29	12,30

A ve D malzeme alanından alınan örneklerin çözümlenmeleri sonucunda başlıca kalsit, kuvars, feldspat ve kil mineralleri saptanmıştır. Aritmetik ortalamalar göz önüne alındığında ağırlıklı olarak A malzeme alanında % 61,50, D malzeme alanında % 69,29 oranında

kil mineralleri gözlenmiş ve kil mineralleri diğer minerallere göre daha yüksek yüzdeye sahip mineraller olarak değerlendirilmiştir. A ve D geçirimsiz malzeme alanlarına ait tipik bir XRD (TK) difraktogramı Şekil 2'de sunulmuştur.



**Şekil 2.** A ve D malzeme alanı örneklerine ait XRD – (TK) ve XRD (KF) çözümlenmelerinden elde edilen tipik difraktogramlar.

**Figure 2.** Some typical diffraction diagrams of the XRD – (TR) and XRD (CF) analysis of soil samples in the soil material area A and D.

### Kil Fraksiyonu (XRD - KF) Ayrımı ve Çözümlenmeleri

Kil fraksiyonu ayırım işlemleri, C.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kil Ayırma Laboratuvarında toplam 14 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. XRD-KF çözümlenmelerinden elde edilen sonuçlara göre A ve D malzeme alanlarında egemen olan kil minerali smektittir. İkinci ve üçüncü derecede yaygın olarak gözlenen kil mineralleri ise klorit ve smektit-klorit olarak belirlenmiştir (Çizelge 3, Çizelge 4).

**Çizelge 3.** A Geçirimsiz malzeme alanı örneklerinin kil minerali yüzdelerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

**Table 3.** Results of the statistical evaluation of clay minerals percentages of the soil samples in the impervious soil material area A.

Kil Mineralleri	En Az	En Çok	Art. Ort.	Std. Sapma
Smektit (%)	20.00	40.00	32.50	6.55
Smektit-Klorit (%)	10.00	20.00	15.00	5.00
İllit-Smektit (%)	10.00	15.00	13.75	2.31
İllit (%)	10.00	15.00	11.25	2.31
Klorit (%)	15.00	40.00	27.50	7.56

**Çizelge 4.** D Geçirimsiz malzeme alanı örneklerinin kil minerali yüzdelerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

**Table 4.** Results of the statistical evaluation of clay minerals percentages of the soil samples in the impervious soil material area D.

Kil Mineralleri	En Az	En Çok	Art. Ort.	Std. Sapma
Smektit (%)	30.00	50.00	36.43	7.42
Smektit-Klorit (%)	10.00	25.00	15.00	5.77
İllit-Smektit (%)	10.00	25.00	17.14	4.88
İllit (%)	10.00	25.00	14.29	5.35
Klorit (%)	5.00	25.00	17.14	6.36

A ve D malzeme alanlarına ait tipik XRD (KB) normal (N), etilen glikollü (G) ve fırınlanmış (F) difraktogramları dizisi Şekil 2'de sunulmuştur.

### JEOTEKNİK ÖZELLİKLER

Barajların geçirimsiz kil çekirdeklerinin yapımında kullanılacak toprak malzemelerin uygun jeoteknik özelliklere sahip olması barajın geçirimsizliği ve duraylılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Uygun jeoteknik özellikler sahip olmayan geçirimsizlik malzemelerinin kullanılması durumunda, hizmet aşamasında, barajlarda önemli su kaçakları, borulanma ve gövdede önemli oturmalar meydana gelebilmektedir. Oturma sorunu ile karşı karşıya kalan barajlara en tipik örnek Atatürk barajı verilebilir. Bu kapsamda geçirimsiz malzeme olarak kullanılması düşünülen toprakların; tane özgül ağırlığı, tane boyu dağılımı, kıvam limitleri, kompaksiyon, konsolidasyon ve geçirimsizlik özellikleri, laboratu-

varda deneylerle belirlenmiş olup elde edilen veriler kullanılabilirlik açısından değerlendirilmiştir.

### İndeks Özellikler

Barajlarda geçirimsizlik çekirdeği olarak kullanılacak malzemelerin görevlerini en iyi şekilde yapabilmeleri için indeks özelliklerinin belirli değerlerin üzerinde olması gerekir. Bu kapsamda Kanak barajı gövdesinde geçirimsiz kil çekirdek olarak kullanılacak malzemelerin; tane özgül ağırlığı, tane boy dağılımı ve kıvam

limitleri ayrıntılı bir şekilde laboratuvar deneyleri ile saptanmış ve geçirimsizlik dolgusu olarak kullanılabilirlik açısından değerlendirilmiştir.

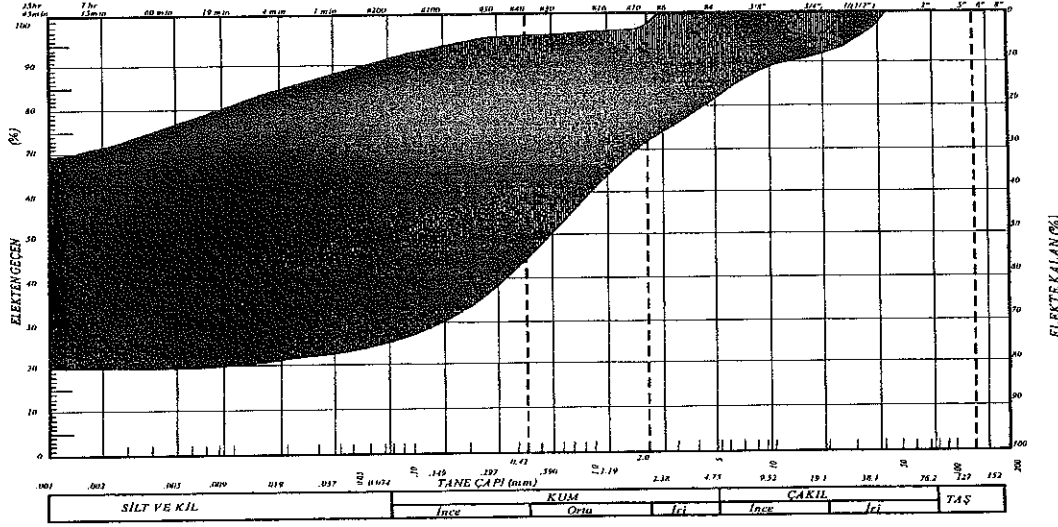
### Tane Özgül Ağırlığı

Malzeme alanlarının her birinden örselenmiş olarak alınan 15 örnek üzerinde toprak tanelerinin özgül ağırlıklarını (Gs) belirlemek için, piknometre deneyleri yapılmıştır. Piknometre deneylerinden elde edilen sonuçlara göre; A geçirimsiz malzeme alanında bulunan toprakların tane özgül ağırlığı değerlerinin en az 2.68, en çok 2.78, ortalama 2.72 ve D geçirimsiz malzeme alanında bulunan toprakların tane özgül ağırlığı değerleri ise en az 2.68, en çok 2.73, ortalama 2.71 arasında değişmektedir. Ortalama değerler göz önüne alındığında A ve D geçirimsiz malzeme alanı topraklarının Şekercioğlu (1993) tarafından önerilen kullanım sınırları içerisinde olduğu belirlenmiştir.

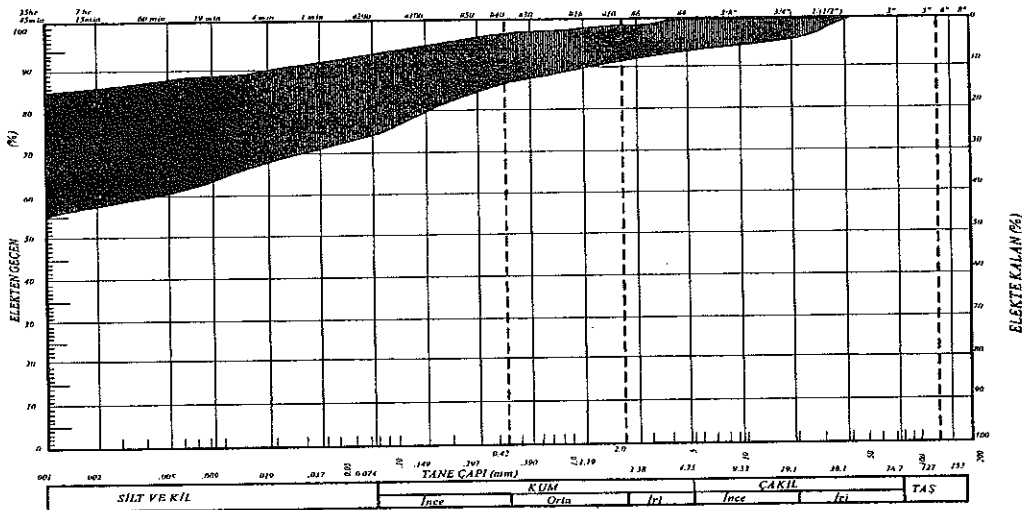
## Tane Boyu Dağılımı

Malzeme alanlarından alınan toprak örneklerinin tane boyu dağılımlarının belirlenebilmesi için toplam 33 örnek üzerinde elek ve hidrometre çözümlenmeleri yapılmıştır. Her bir olası geçirimsiz malzeme alanına ait örneklerin tane boyu dağılım eğrileri toplu olarak Şekil 3. de verilmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi A geçirimsiz malzeme alanındaki topraklarda kil ve siltin yanı sıra miktarda kum ve çakılda yer almaktadır. Şekil 3'te ise açıkça görüldüğü gibi D geçirimsiz malzeme alanındaki topraklar ince taneli olup silt ve kilden oluşmaktadır. Ay-

rıca, A ve D geçirimsiz malzeme alanındaki toprak zeminlerin çakıl, kum, silt ve kil tane çapı bileşenlerinin ağırlıkça yüzdelerinin genel istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge 5 ve Çizelge 6 da sunulmuştur. Bu sonuçlara göre, A geçirimsiz malzeme alanı içindeki topraklar ortalama ve yaklaşık yüzde ağırlık olarak % 22 Çakıl, % 5 kum, % 19 silt ve % 54 kil tane boyundaki malzemelerden, D geçirimsiz malzeme alanı içindeki topraklar ise ortalama olarak % 4 Çakıl, % 17 kum, % 12 silt ve % 67 kil tane boyundaki malzemelerden oluşmaktadır.



(A Geçirimsiz Malzeme Alanı)



(D Geçirimsiz Malzeme Alanı)

Şekil 3. A ve D geçirimsiz malzeme alanı örneklerinin tane boyu dağılımları.  
Figure 3. Particle size distributions of impervious soil material area A and D.

**Çizelge 5.** A Geçirimsiz malzeme alanı toprak örneklerinde çakıl, kum, silt ve kil yüzdelерinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

**Table 5.** Results of the statistical evaluation of gravel, sand, silt and clay percentages of soil samples in the impervious material area A.

Tane Boyu (%)	Değişim Aralığı		Aritmetik Ortalama (x)	Standart Sapma (S)
	En az	En çok		
Çakıl	5.00	57.00	21.62	12.95
Kum	1.00	16.00	5.14	5.16
Silt	6.00	30.00	18.81	22.34
Kil	16.00	86.00	53.48	18.69

**Çizelge 6.** D Geçirimsiz malzeme alanı toprak örneklerinde çakıl, kum, silt ve kil yüzdelерinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

**Table 6.** Results of the statistical evaluation of gravel, sand, silt and clay percentages of soil samples in the impervious material area D.

Tane Boyu (%)	Değişim Aralığı		Aritmetik Ortalama (x)	Standart Sapma (S)
	En az	En çok		
Çakıl	1.00	8.00	3.80	2.68
Kum	4.00	26.00	17.00	8.06
Silt	7.00	15.00	12.00	3.00
Kil	59.00	85.00	67.20	10.49

#### Kıvam Limitleri

Kıvam limitleri, ince taneli toprakların sınıflandırılmasında, aktivite ve şişme davranışlarının tahmin edilmesinde kullanılan temel parametrelerdir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında toplam 33 (23 adet A malzeme

alanından, 10 adet D alanından) toprak örneği üzerinde kıvam limitleri ve plastisite indeksi değerleri belirlenerek değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar toplu olarak Çizelge 7 ile 8'de sunulmuştur.

**Çizelge 7.** A geçirimsiz malzeme alanındaki toprak örneklerin kıvam limitleri ve plastisite indeksi değerlerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

**Table 7.** Results of statistical evaluation of the consistency limits and plasticity index values of the A impervious material area.

Kıvam Limitleri ve Plastite İndeksi (%)	Değişim Aralığı		Aritmetik Ortalama (x)	Standart Sapma (S)
	En az	En çok		
Likit Limit	30.10	56.60	43.78	8.76
Plastik Limit	19.40	32.60	23.70	2.78
Plastisite İndeksi	9.60	31.50	20.09	6.8

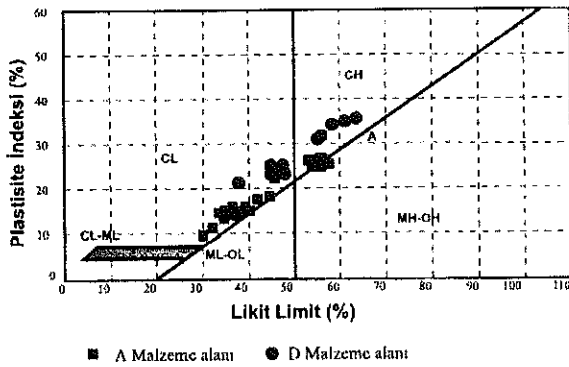
**Çizelge 8.** D geçirimsiz malzeme alanındaki toprak örneklerin kıvam limitleri ve plastisite indeksi değerlerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

**Table 8.** Results of statistical evaluation of the consistency limits and plasticity index values of the D impervious material area.

Kıvam Limitleri ve Plastite İndeksi (%)	Değişim Aralığı		Aritmetik Ortalama (x)	Standart Sapma (S)
	En az	En çok		
Likit Limit	38.90	63.20	52.90	7.16
Plastik Limit	21.30	36.40	28.20	5.02
Plastisite İndeksi	17.60	27.30	24.70	4.20

Bu çizelgelerdeki ortalama değerler göz önüne alındığında, A malzeme alanındaki toprakların daha çok düşük plastisiteli ve daha az kil minerali içerdiği, D malzeme alanındaki toprakların ise daha çok yüksek plastisiteli ve daha çok kil minerali içerdiği öne sürülebilir. Bununla birlikte, A ve D malzeme alanlarındaki topraklar genel olarak birbirine çok benzeyen killi topraklar olarak değerlendirilebilir.

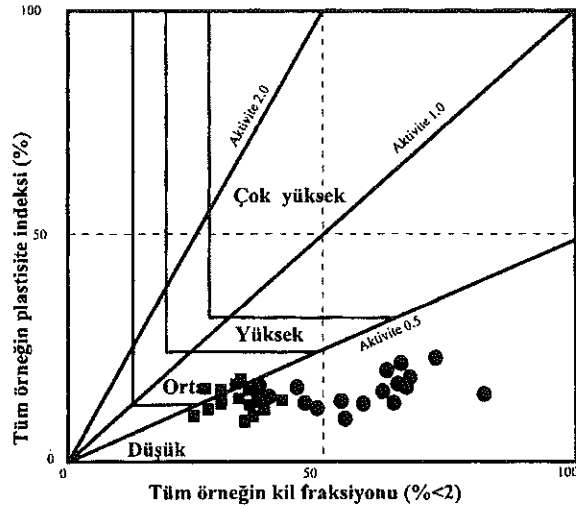
Kıvam limitlerinden likit limit ve plastisite indeksi değerleri kullanılarak örnekler Birleştirilmiş Toprak Sınıflama Sistemine göre sınıflandırılmıştır. Örneklerin plastisite kartındaki dağılımları Şekil 4.de sunulmuştur. Bu şekilden de görüldüğü gibi, her iki malzeme alanındaki örneklerin % 71' i CL, % 19' u CH, % 10' u ise MH-OH grubunda yer almaktadır.



Şekil 4. Geçirimsiz malzeme alanlarından alınan toprak örneklerinin plastisite kartı üzerindeki dağılımları.  
Figure 4. Distribution of soil samples taken from areas of the impervious soil material on the plasticity chart.

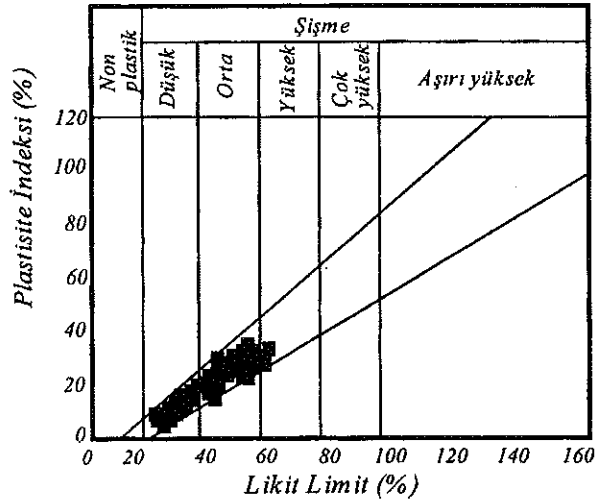
Örneklerin aktivite sınıflaması, Skempton (1953); Gillot (1987)' a göre yapılmıştır. Yapılan sınıflamaya göre örneklerin aktivite değerleri 0.22 ile 4.40 arasında değişmekte olup, % 85' i aktif olmayan, % 6'sı normal % 9'u ise aktif killer grubunda yer almaktadır.

Baraj inşaatında geçirimsizlik çekirdeği olarak kullanılacak killi toprakların bünyelerine su almaları durumunda şişme davranışlarını önceden tahmin edebilmek için şişme potansiyeli bakımından değerlendirilmesinde büyük yarar vardır. Bu düşünceden hareket edilerek, örneklerin Van der Merve (1964) ve Dakshanamantny and Raman (1973) şişme potansiyeli sınıflama abaklarındaki dağılımları Şekil 5. ve Şekil 6. da sunulmuştur. Her iki şekilde de görüldüğü gibi örneklerin yaklaşık olarak tamamı "düşük - orta şişme potansiyeli" bölgesinde yer almaktadır. Ayrıca O'Neil and Poormoyed (1980) tarafından önerilen şişme potansiyeli sınıflamasına göre de örnekler, diğer araştırmacıların sınıflamalarında olduğu gibi genelde "düşük ve orta şişme po-



Şekil 5. Geçirimsiz malzeme alanlarından alınan toprak örneklerinin VAN DER MERWE (1964)'ün Şişme Potansiyeli Abağı üzerindeki dağılımları (Van Der Merve, 1964).

Figure 5. Distribution of soil samples taken from the areas of the impervious soil material on the "swelling potential" chart of Van Der Merve (1964).



Şekil 6. Geçirimsiz malzeme alanlarından alınan toprak örneklerinin Dakshanaman and Raman (1973) ün şişme potansiyeli abağı üzerindeki dağılımı.

Figure 6. Distribution of soil samples taken from the areas of the impervious soil material on the "swelling potential" chart of Dakshanaman and Raman (1973).

tansiyelli" topraklar olarak tanımlanmışlardır. Bu nedenlerden dolayı, geçirimsiz malzemeler ile ilgili şişmeye bağlı duraysızlık ve geçirimsizlik problemleri ile büyük ölçüde karşılaşılacaktır.

### Kompaksiyon Özellikleri

Baraj inşaatlarında gövdede meydana gelebilecek oturmaları en az düzeye indirmek ve olası şev yenilmelerinde güvenlik faktörünü arttırmada, kompaksiyonun en iyi koşullarda yapılmasının önemli bir yeri vardır (Das, 1995). Arazide kompaksiyon işleminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için kompaksiyon karakteristiklerinin laboratuvarında standartlara uygun ve doğru bir şekilde belirlenmesi zorunludur.

Bu çalışma kapsamında A ve D geçirimsiz malzeme alanlarından alınan malzemeler üzerinde laboratuvarında, standart proctor kompaksiyon deneyleri, 15 örnek üzerinde yapılmış ve malzemelerin "maksimum kuru birim hacim ağırlık" ( $\gamma_{kmax}$ ) ve buna karşılık gelen "optimum su içeriklerinin" ( $\omega_{opt}$ ) istatistiksel değerlendirme sonuçları toplu olarak Çizelge 9. da verilmiştir.

Bu çizelgeden de görüldüğü gibi A ve D geçirimsiz malzeme alanındaki toprakların ortalama maksimum kuru birim hacim ağırlık ve ortalama optimum su içeriği değerleri sırası ile 16.45 kN/m<sup>3</sup> 14.92 kN/m<sup>3</sup> ve % 20.36, % 25.83 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre A geçirimsiz malzeme alanındaki topraklar, D geçirimsiz malzeme alanındaki topraklara göre daha iyi sıkıştırılabilir özelliklerine sahiptirler. Elde edilen bu değerler incelendiğinde A geçirimsiz malzeme alanındaki toprakların kompaksiyon karakteristikleri Şekercioğlu (1993) tarafından önerilen kabul edilebilir sınır değerler ( $\gamma_{kmax} > 15.70$  kN/m<sup>3</sup>,  $\omega_{opt} = \% 15 - 20$ ) içinde yer alırken, D geçirimsiz malzeme alanındaki toprakların kompaksiyon karakteristikleri ise bu sınır değerlerinin dışında kalmaktadır. Bu nedenle D geçirimsiz malzeme alanından sağlanacak malzemenin sıkıştırılması işlemlerinde sıkıştırılabilir performansını arttıran ekipman ve/veya katkı malzemesinin kullanılması gerekebilecektir.

### Makaslama Dayanımı

A Geçirimsiz malzeme alanındaki toprakların doğal ve sıkıştırılmış haldeki makaslama dayanımı parametrelerini belirlemek ve bu parametrelere göre kıvamlarını tanımlamak için laboratuvarında üç adet örselenmiş ve üç adet optimum su içeriğinde sıkıştırılmış örnek üzerinde drenajsız kesme kutusu deneyleri yapılmıştır.

Yapılan bu deneyler sonucunda doğal haldeki toprağın ortalama drenajsız kohezyon ( $c_u$ ) ve içsel sürtünme açısının ( $\phi$ ) sırası ile 61.78 kN/m<sup>2</sup> ve 14° düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Sıkıştırılan toprağın ortalama drenajsız kohezyon ( $c_u$ ) ve içsel sürtünme açısının ( $\phi$ ) sırası ile 73.55 kN/m<sup>2</sup> ve 27° düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Drenajsız kohezyon değerleri göz önüne alınarak doğal ve sıkıştırılmış haldeki kıvamları Anon (1981)'e göre katı olarak tanımlanmıştır.

### Konsolidasyon Özellikleri

A malzeme alanına ait killi toprakların konsolidasyon özelliklerini belirlemek amacıyla malzeme alanından üç adet örselenmemiş örnek alınmış ve bunlar üzerinde laboratuvarında konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda malzeme alanından alınan üç örneğe ait; ön konsolidasyon basıncı ( $P_c$ ), sıkışma indeksi ( $C_c$ ), hacimsel sıkışabilirlik katsayısı ( $m_v$ ), konsolidasyon katsayısı ( $c_v$ ), sıkışabilirlik katsayısı ( $a_v$ ) ve geçirimsizlik katsayısı ( $k$ ) değerleri hesaplanmış olup toplu sonuçlar Çizelge 10, 11 ve 12 de sunulmuştur.

Belirlenen ön yükleme basıncı değerleri; A-177 nolu örnek için 51.99 kN/m<sup>2</sup>, A-178 nolu örnek için 49.05 kN/m<sup>2</sup>, A-179 nolu örnek için 40.42 kN/m<sup>2</sup> olarak saptanmıştır.  $e - \log P$  eğrilerinden hesaplanan sıkışma indeksi ( $C_c$ ) değerleri 0.299, 0.327 ve 0.342 olarak hesaplanmış olup, Sowers and Sowers (1979) tarafından önerilen toprakların sıkışabilirliği sınıflamasına göre geçirimsiz malzeme alanında bulunan topraklar "orta derecede sıkışabilir" özelliğe sahip topraklar olarak değerlendirilmişlerdir.

Konsolidasyon deneyleri sonucunda geçirimsizlik katsayısı değeri ( $k$ ) A-177 nolu örnek için en az  $0.000997 \times 10^{-5}$  cm/s, en çok  $1.67 \times 10^{-5}$  cm/s, ortalama  $1.41 \times 10^{-5}$  cm/sn olarak belirlenmiş olup geçirimsizlik katsayısı değerlerine göre "geçirimsiz - az geçirimsizliğe" sahip topraklar, A-178 nolu örnek için en az  $0.000997 \times 10^{-5}$  cm/sn, en çok  $1.67 \times 10^{-5}$  cm/sn, ortalama  $1.41 \times 10^{-5}$  cm/sn "geçirimsiz - az geçirimsizliğe" sahip topraklar, A-179 nolu örnek için en az  $0.000997 \times 10^{-5}$  cm/sn, en çok  $1.67 \times 10^{-5}$  cm/sn, ortalama  $1.41 \times 10^{-5}$  cm/sn olarak belirlenmiş olup "az geçirimsizliğe" sa-

Çizelge 9. Kompaksiyon deneylerinden elde edilen parametrelerin istatistiksel değerlendirme toplu sonuçları.

Table 9. Results of statistical evaluation of the parameters obtained from compaction tests.

Malzeme Alanı	$\gamma_{kmax}$ (kN/m <sup>3</sup> )			$\omega_{opt}$ (%)		
	En az	En çok	Ort.	En az	En çok	Ort.
A	14.24	18.74	16.45	13.30	26.80	20.36
D	12.69	16,30	14,92	19.80	36.00	25.83



**Çizelge 10.** A Geçirimsiz malzeme alanından alınan A-177 nolu toprak örneğe ilişkin ön yükleme basıncı (Pc), sıkışma indeksi (Cc), sıkışabilirlik katsayısı ( $a_v$ ), hacimsal sıkışabilirlik katsayısı ( $m_v$ ), konsolidasyon katsayısı ( $c_v$ ) ve geçirimsizlik katsayısı (k) değerlerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

**Table 10.** Results of statistical of preloading pressure (Pc), compression index (Cc), coefficient of compressibility ( $a_v$ ), coefficient of volume compressibility ( $m_v$ ), coefficient of consolidation ( $C_v$ ), coefficient of permeability (k) values of soil sample No. A-177 taken from impervious soil material area A.

	Değişim aralığı		Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Sapma hatası
	En az	En çok			
Pc (kN/m <sup>2</sup> )	519,77		-	-	-
Cc	0.299		-	-	-
$a_v$ (m <sup>2</sup> /MN)	0.30	4.82	1.61	1.6	1.48
$m_v$ (m <sup>2</sup> /MN)	0.056	1.10	0.546	0.43	0.398
$c_v$ (x10 <sup>-4</sup> cm <sup>2</sup> /sn)	0.552	3.91	2.45	2.29	2.12
k (x10 <sup>-5</sup> cm/sn)	0.00099	1.67	1.41	2.80	2.59

**Çizelge 11.** A Geçirimsiz malzeme alanından alınan A-178 nolu toprak örneğe ilişkin ön yükleme basıncı (Pc), sıkışma indeksi (Cc), sıkışabilirlik katsayısı ( $a_v$ ), hacimsal sıkışabilirlik katsayısı ( $m_v$ ), konsolidasyon katsayısı ( $c_v$ ) ve geçirimsizlik katsayısı (k) değerlerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

**Table 11.** Results of statistical of preloading pressure (Pc), compression index (Cc), coefficient of compressibility ( $a_v$ ), coefficient of volume compressibility ( $m_v$ ), coefficient of consolidation ( $C_v$ ), coefficient of permeability (k) values of soil sample No. A-178 taken from impervious soil material area A.

	Değişim aralığı		Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Sapma hatası
	En az	En çok			
Pc (kN/m <sup>2</sup> )	490.385		-	-	-
Cc	0.327		-	-	-
$a_v$ (m <sup>2</sup> /MN)	0.9	2.36	1.07	0.88	0.82
$m_v$ (m <sup>2</sup> /MN)	0.063	1.24	0.590	0.459	0.425
$c_v$ (x10 <sup>-4</sup> cm <sup>2</sup> /sn)	2.46	7.07	4.74	1.82	1.68
k (x10 <sup>-5</sup> cm/sn)	0.308	8.58	3.32	3.04	2.82

**Çizelge 12.** A Geçirimsiz malzeme alanından alınan A-179 nolu toprak örneğe ilişkin ön yükleme basıncı (Pc), sıkışma indeksi (Cc), sıkışabilirlik katsayısı ( $a_v$ ), hacimsal sıkışabilirlik katsayısı ( $m_v$ ), konsolidasyon katsayısı ( $c_v$ ) ve geçirimsizlik katsayısı (k) değerlerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

**Table 12.** Results of statistical of preloading pressure (Pc), compression index (Cc), coefficient of compressibility ( $a_v$ ), coefficient of volume compressibility ( $m_v$ ), coefficient of consolidation ( $C_v$ ), coefficient of permeability (k) values of soil sample No. A-179 taken from impervious soil material area A.

	Değişim aralığı		Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Standart Sapma hatası
	En az	En çok			
Pc (kN/m <sup>2</sup> )	411.89		-	-	-
Cc	0.342		-	-	-
$a_v$ (m <sup>2</sup> /MN)	0.09	2.56	0.9	0.93	0.86
$m_v$ (m <sup>2</sup> /MN)	0.05	3.92	0.977	1.36	1.26
$c_v$ (x10 <sup>-4</sup> cm <sup>2</sup> /sn)	5.89	20.9	9.9	10.7	9.89
k (x10 <sup>-5</sup> cm/sn)	0.23	28.8	5.79	10.3	9.54

hip topraklar olarak değerlendirilmiştir.

#### Geçirimsizlik

Geçirimsizlik malzemesi olarak kullanılması düşünülen A geçirimsiz malzeme alanından toprak malzemelerin doğal ve sıkıştırılmış haldeki geçirimsizlik katsayılarını belirlemek için laboratuvarında 4 örnek üzerinde permeametre deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda doğal haldeki ortalama geçirimsizlik katsayısı  $1.3 \times 10^{-5}$  cm/sn ve sıkıştırılmış haldeki geçirimsizlik katsayısı  $5.8 \times 10^{-8}$  cm/sn olarak belirlenmiştir. Bu geçirimsizlik değerleri baz alındığında, Terzaghi and Peck (1967); Kulhawy and Mayne (1990); and Bardet (1997) tarafından önerilen geçirimsizlik sınıflamasına göre toprak malzemeler doğal halde "çok düşük geçirimsiz", sıkıştırılmış halde ise "pratik olarak geçirimsiz" olarak tanımlanmışlardır. Bu nedenle, bu malzemelerden uygun koşullarda sıkıştırılarak yapılacak geçirimsizlik çekirdeği görevini en iyi şekilde yapacak ve su sızıntısı meydana gelmeyecektir.

#### TARTIŞMA VE SONUÇLAR

A ve D malzeme alanlarındaki toprak malzemeleri genel olarak kil, kalsit, feldspat ve kuvars minerallerinden oluşmakta olup egemen mineral (% 60 - % 69) kil mineralleridir. A malzeme alanındaki topraklarda belirlenen kil mineralleri en çok bulunandan en az bulunana doğru sırası ile simektit, klorit, smektit-klorit, illit-simektit ve illittir. D malzeme alanı topraklarında ise simektit, illit - simektit, klorit, simektit, simektit-klorit ve illittir. Her iki malzeme alanındaki topraklar mineralojik içerik bakımından birbirlerine büyük ölçüde benzerlik göstermekle birlikte ortalama değerler göz önüne alındığında D alanındaki topraklar daha fazla miktarlarda kil minerali içermektedir.

A ve D malzeme alanındaki toprak malzemelerin ortalama tane özgül ağırlığı 2.70'in üzerinde (2.71 - 2.72) dir. A malzeme alanı toprakları ortalama % 22 çakıl, % 5 kum, % 19 silt ve % 54 kil tane boyutundaki malzemelerden oluşurken, D malzeme alanındakiler ise % 4 çakıl, % 17 kum, % 12 silt ve % 67 kil tane boyutlarından oluşmaktadır. Bu ağırlıkça yüzde bileşenlere göre her iki malzeme alanındaki topraklar ince taneli toprak karakterinde olup, A malzeme alanındakiler iri bileşenler açısından daha fazla çakıl içerirken D alanındakiler daha fazla kum içermektedir. Ayrıca D deki malzemelerin kil tane boyutundaki malzeme içerikleri A' ya göre ortalama % 13 kadar daha fazladır.

A malzeme alanındaki toprakların % 69'u CL, %31'i CH, D malzeme alanındaki topraklar ise % 40'ı CL, % 60'ı ise CH toprak grubunda yer almaktadır. D malzeme alanındaki toprakların kil minerali ve kil tane boyu içerikleri A alanındakine göre daha fazla olduğu için plastisite indeksleri ve likit limitleri de yüksek de-

ğerlerle temsil edilmektedir.

A ve D malzeme alanındaki topraklar genel olarak çeşitli şişme potansiyeli sınıflamalarına göre (Van der Merve, 1960; Dakshanamantny and Raman, 1973 ve O'Neil and Poormoayed, 1980) "düşük - orta şişme potansiyelli" topraklar grubunda yer almaktadır. A alanındaki toprakların şişme potansiyelleri D alanındakilere göre daha düşüktür.

Kompaksiyon karakteristiklerinden ortalama maksimum kuru birim hacim ağırlık ( $\gamma_{kmax}$ ) ve optimum su içeriği ( $\omega_{opt}$ ) sırayla A alanı malzemeleri için 16.35 kN/m<sup>3</sup>, % 20 ve 14.92 kN/m<sup>3</sup>, % 25.83 olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre A malzeme alanı topraklarının maksimum kuru birim hacim ağırlıkları D malzeme alanı topraklarından daha büyük olduğu için bunların daha iyi sıkıştırılabileceği sonucuna varılmıştır.

A geçirimsiz malzeme alanındaki toprakların doğal haldeki ortalama drenajsız kohezyon ( $c_u$ ) ve içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) 61.78 kN/m<sup>2</sup> ve 14° olarak belirlenmiştir. Sıkıştırılmış durumdaki ortalama değerler ise 73.55 kN/m<sup>2</sup> ve 27° olarak saptanmıştır. Sıkıştırma işlemi kohezyondan çok içsel sürtünme açısını artırmaktadır. Her iki durumdaki drenajsız kohezyon değerleri göz önüne alınarak toprak malzemelerin kıvamı Anon (1981)'e göre katı olarak tanımlanmıştır.

A malzeme alanından alınan örnekler üzerinde yapılan konsolidasyon deneylerinin sonuçlarına göre, toprak malzemelerin ön konsolidasyon basıncı ( $P_c$ ) değerleri ortalama 473.68 kN/m<sup>2</sup> düzeyindedir. Belirlenen  $P_c$  değerleri örneklerin alındıkları derinliklere (2 m) karşılık gelen örtü basınç değerlerinden çok yüksektir. Bu bulguya göre A malzeme alanındaki toprak malzemeler aşırı konsolide olmuş toprak özelliği taşımaktadır. Bu nedenle bu toprak malzemelerden yapılacak dolgulara daha az oturma meydana gelecektir. Ayrıca, e-log p eğrilerinden hesaplanan sıkışma indeksi  $C_c$  değerleri ortalama 0.322 düzeyinde olup, Sowers and Sowers (1979) tarafından önerilen sıkışabilirlik sınıflamasına göre toprak malzemeler "orta derecede sıkışabilir" özelliğe sahip topraklar olarak tanımlanmıştır.

A malzeme alanındaki toprak malzemelerin doğal haldeki (örselenmemiş durumdaki) geçirimsizlik katsayısını ortalama  $5.8 \times 10^{-8}$  cm/sn dir. Toprak malzemeler geçirimsizlik değerlerine göre doğal halde "çok düşük geçirimsiz" sıkıştırılmış halde ise "pratik olarak geçirimsiz" olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle A malzeme alanındaki topraklardan uygun koşullarda sıkıştırılarak yapılacak geçirimsizlik çekirdeği geçirimsizlik görevini iyi bir şekilde yapacaktır.

Toprak ve kaya dolgu barajların geçirimsiz kil çekirdeği zonunda kullanılacak toprak malzemeler için tane özgül ağırlığının ( $G_s$ ) > 2.60, maksimum kuru bi-

rim hacim ağırlığının ( $\gamma_{kmax}$ )  $> 15.70 \text{ kN/m}^3$ , optimum su içeriğinin ( $\omega_{opt}$ ) = % 15 – 20, likit limitin ( $\omega_L$ ) = % 40-50 ve plastisite indeksinin ( $I_p$ ) = % 14 – 20 arasında olması istenilen en uygun değerlerdir (Şekercioğlu, 1993). Bu önerilen sınır değerlerinin hepsini A malzeme alanındaki toprak malzemeler sağlayabilirken, D malzeme alanındaki topraklar sağlamamaktadır. Bu nedenle D malzeme alanındaki toprakların geçirimsiz kil çekirdek yapımında kullanılması uygun olmayacaktır.

A malzeme alanındaki toprak malzemelerin % 69 gibi büyük bir kısmı CL grubu killer (düşük-orta plastisiteli, çakıllı killer, kumlu killer, siltli killer) olarak tanımlanmıştır. Bu gruptaki killerin kaya ve toprak dolgu barajların geçirimsizlik çekirdeğinde kullanılabilmedeki öncelik sırası 3 gibi yüksek bir seviyede olup, bu malzemeler sıkıştırıldıklarında makaslama dayanımlarında önemli bir artış göstermemekle birlikte, tamamen geçirimsiz hale gelebilmektedirler (Wagner, 1957; Lambe and Whitman, 1979; Bardet, 1997).

Yapılan indeks, kesme kutusu, konsolidasyon ve geçirimsizlik deneyleri sonucunda A malzeme alanındaki toprak malzemelerin "orta-düşük şişme potansiyeli", doğal ve sıkıştırılmış halde; katı kıvamda, aşırı konsolide olmuş, orta sıkışabilir karakterde, sıkıştırıldıklarında tamamen geçirimsiz özellik kazanabildikleri belirlenmiştir.

Yukarıda belirtilen bulguların ışığında, A malzeme alanındaki toprak malzemelerin Kanak barajının geçirimsiz kil çekirdeğinde dolgu malzemesi olarak kullanılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, yapılan arazi ve rezerv çalışmaları sonucunda bu alandaki toprak malzemelerin kil çekirdek dolgu yapımı için yeterli miktarda olduğu saptanmıştır.

#### KATKI BELİRTME

Yazarlar, bu çalışmanın gerçekleşmesinde ekonomik destekten dolayı C.Ü. Araştırma Fonuna, bazı jeoteknik verileri sağladıkları için Jeoloji Yüksek Mühendisi Figen Yılmaz, Jeofizik mühendisi Fuat Erdem ve Jeoloji Mühendisi Yılmaz Özcan' a (DSİ XIX. Bölge Müdürlüğü) ayrıca, değerli eleştirileri ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Okay Gürpınar (İ.Ü.) ve Prof. Dr. Mustafa Erdoğan' a (İ.T.Ü.) teşekkür ederler.

#### SUMMARY

The aim of this study was to determine the mineralogical and geotechnical properties and to evaluate the possibility of the usage core of the soil materials as impervious for Kanak dam (Sivas – Şarkışla), which is planned to be constructed as a clay cored rock fill dam.

Grain specific weight grain size distribution and liquidity limits of the impervious core materials to be

used for Kanak dam were determined by laboratory tests and were evaluated the possibility of the usage for the above mentioned purpose. On the materials from A and D areas standart proctor compaction tests were carried and "maximum dry unit weight" ( $\gamma_{kmax}$ ) and "optimum water content" ( $\omega_{opt}$ ) values were calculated. To determine natural and compacted shearing strength values of materials in A impervious material area and to identify their consistency undrained shear box tests were carried out. Laboratory consolidation tests were carried out on undisturbed soil samples from A area. Pre consolidation pressure ( $P_c$ ), compressibility index ( $C_c$ ), volumetric compressibility coefficient ( $m_v$ ), consolidation coefficient ( $c_v$ ), compressibility coefficient ( $a_v$ ) and permeability coefficient ( $k$ ) were calculated from consolidation test data. Permeability tests were carried out to determine natural and compacted permeabilities of the impervious materials in A area. Whole Rock Composition (XRD – TK) and Clay Fraction (XRD – KF) analyses were performed on the soil materials in A and D areas. It was concluded that impervious soil materials to be used for Kanak dam can be supplied economically from A area located in the vicinity of dam site.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

**Anon 1981**, IAEG Commission on Engineering Geological Mapping, Rock and soil description and classification for engineering geological mapping, Bulletin of IAEG, No: 24, 235-274.

**Arslan, A.T., 1999**, Kanak barajı (Sivas – Şarkışla) baraj yeri ve göl alanının mühendislik jeolojisi incelemesi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 220 s, (yayınlanmamış).

**Bardet, J.P., 1997**, Experimental Soil Mechanics, Prentice Hall, Inc. 584 p.

**Dakshanamathy, V. and Raman, V., 1973**, A simple method of identifying an expansive soil. Soils and Foundations, 13 (1), 97 - 104.

**Das, B.M., 1995**, Principles of Foundation Engineering, third edition: PWS Publishing Company, Boston, 828 p.

**DSİ, 1986**, Şarkışla Merkez DSİ pompaj sulaması fizibilite raporu, DSİ XIX. Bölge Müdürlüğü, Sivas, (yayınlanmamış).

**DSİ, 1996**, Sivas – Şarkışla Kanak barajı mühendislik jeolojisi ön inceleme aşaması mühendislik jeolojisi raporu, DSİ XIX. Bölge Müdürlüğü, Sivas, (yayınlanmamış).

- DSİ, 1998a**, Sivas – Şarkışla Kanak barajı mühendislik jeolojisi proje aşaması mühendislik jeolojisi raporu, DSİ XIX. Bölge Müdürlüğü, Sivas, (yayınlanmamış).
- DSİ, 1998b**, Sivas-Şarkışla Kanak barajı deprem risk analizi raporu, Ankara, (yayınlanmamış).
- DSİ, 1999**, Sivas-Şarkışla Kanak barajı malzeme alanları raporu DSİ XIX. Bölge Müdürlüğü Sivas, (yayınlanmamış).
- Gillot, E. J., 1987**, Clay in Engineering Geology. Elsevier, Amsterdam, 468 p.
- Grim, R.E., 1949**, Mineralogical composition in relation to the properties of certain soils: Geotechnique, 1, 139-147.
- Kulhawy, F.H., and P.W. Mayne, 1990**, Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design, Report EL-9800 to electric Powwer Research İnstitute, Cornell Universty, Ithaca, New York.
- Lambe, T.W. and R.V. Whitman, 1979**, Soil Mechanics, SI Version, John Wiley & Sons, Inc., New York, 553 p.
- O'Neil M. W. and Poormoayed, N., 1980**, Methodology for foundations on expansive clays. Journal of Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers, 106, No. GT12, 1345 - 1367.
- Seed, H.B., Woodward, R.J., and Lundgren, R., 1962**, Prediction of swelling potential for compacted clays: Proc. ASCE Jour. Soil Mech. And Found. Division, 88, 57-87.
- Şekercioğlu, E., 1993**. Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi, TMMOB JMO Yayınları, 28, 58, Ankara.
- Skempton, A.W., 1953**, The colloidal activity of clays. Proc. 3rd Intl. Conf. Soil Mechs. Found. Eng., Zurich, I, 57-61.
- Sowers, G.B., Sowers, G.F., 1979**, Introductory Soil Mechanics and Foundations, 3rd ed. Mcmillan, New York.
- Terzaghi, K., and Peck, R.B., 1967**, Soil mechanics in engineering practice: New York, John Wiley and Sons, Inc., 729 p.
- Van Der Merwe, D.H., 1964**, The prediction of heave from the plasticity index and percentage clay friction of soils. Civil Engineers in South Africa, 6 (6), 103 - 106.
- Wagner, A.A., 1957**, "The use of the Unified Soil Classification System by the bureau Reclamation", Proceedings of the 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London, 1, 125.

**Makalenin geliş tarihi** : 28.11.2000  
**Makalenin yayına kabul tarihi** : 16.04.2001  
**Received** : November 28, 2000  
**Accepted** : April 16, 2001