

17700

T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATATÜRK BARAJINDA KULLANILAN MALZEMELERİN
JEOMÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

(Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji Programı)

Hamdi TÜREDİ

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Danışman : Prof.Dr. Okay GÜRPINAR

17700

ATATÜRK BARAJINDA KULLANILAN MALZEMELERİN JEOMÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

ÖZ: Bu araştırmada, Atatürk barajı gövde dolgusunda kullanılacak malzemelerinin jeomühendislik özellikleri belirlenmiştir.

Araştırma alanının en yaşlı birimini üst kretase yaşlı Karababa formasyonuna ait dolomitik kireçtaşları oluşturmaktadır. Bunların üzerinde uyumlu olarak yine üst kretase yaşlı, killi kireçtaşları ile temsil edilen Karaboğaz formasyonu vardır. Üst kretase-paleosen yaşlı Germav formasyonu ise karbonatlı kiltası, kiltası, kumtaşı ve killi kireçtaşı ardalanması ile temsil edilmekte olup, Karaboğaz formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunmaktadır. Altındaki Germav formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunan Midyat formasyonu, tebeşirli-resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Pliyosen yaşlı karasal, gevşek tutturulmuş çökeller ise diğer birimler üzerinde diskordan olarak bulunmaktadır.

İnceleme alanında, Karababa antiklinalinin yanında, Bozova ve Çeviktepe fayları ile çoğun bunlara bağımlı olarak gelişen birçok fay ve eklem takımı bulunmaktadır.

Atatürk barajı gövde dolgusunda kullanılacak malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılarak jeomühendislik özellikleri ortaya konulmuştur. Araziden sistemli olarak derlenen numuneler farklı laboratuvarlarda deneye tabi tutularak, bunlardan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

ENGINEERING PROPERTIES OF THE CONSTRUCTION
MATERIALS USED AT THE ATATÜRK DAMSITE

ABSTRACT: Engineering Properties of the construction materials. Used in the Atatürk dam have been determined in this study.

The oldest Rock unit is the Karababa formation consist of Upper Cretaceous dolomitic limestone in the study area Upper Cretaceous clayey limestone of Karaboğaz formation overlies in conformity Karababa formation. Germav formation which is also Upper Cretaceous-Paleocene is composed of alternating layers of calcareous claystone, claystone, sandstone and clayey limestone. This formation lies with conformity above Karaboğaz formation. Midyat formation is composed of chalky and coralien limestone, lies with conformity above Germav formation. All of the above formation are covered by Pliocene aged, loosely cemented terrigenous deposits with an unconformity.

Besides, Karababa anticline within the investigated area, there are Bozova and Çeviktepe faults-Many of secondary faults and joint sets were formed by these faults.

The samples systematically were taken from the field tested in the laboratory. The test results have been evaluated.

İ Ç İ N D E K İ L E R

SAYFA

ÖZ	
ABSTRACT	
GİRİŞ	
ARAŞTIRMANIN AMACI.....	1
ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ.....	1
TEŞEKKÜR.....	2
COĞRAFYA.....	3
DORUK AĞI.....	3
AKARSU AĞI.....	3
İKLİM.....	3
BİTKİ ÖRTÜSÜ.....	4
GEÇİM KAYNAKLARI.....	4
YERLEŞİM MERKEZLERİ.....	4
ULAŞIM.....	4
ESKİ İNCELEMELER.....	5
JEOLOJİ.....	7
KARABABA FORMASYONU.....	7
KARABOĞAZ FORMASYONU.....	8
GERMAV FORMASYONU.....	9
MİDYAT FORMASYONU.....	9
KEPRİCE FORMASYONU.....	10
KARAPINAR BAZALTI.....	11
ALÜVYON.....	11
YAMAÇ MOLOZU BİRİKİNTİ KONİLERİ (Qym).....	12
JEOTEKNİK.....	13
ATATÜRK BARAJININ ANA KAREKTERİSTİKLERİ.....	13
DOLGU MALZEMELERİ VE STANDARTLARI.....	18
MALZEME OCAKLARI.....	22

GEÇİRİMSİZ MALZEME OCAKLARI.....	22
GEÇİRİMLİ MALZEME OCAKLARI.....	23
KAYA DOLGU MALZEME ALANLARI.....	23
KARABOĞAZ FORMASYONUNUN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	25
MİNEROLOJİK ANALİZ VE DAĞILMA DENEYİ.....	25
AYRIŞMA DİRENCİ DENEYLERİ.....	26
KOMPAKSİYON DENEYLERİ.....	26
GEÇİRGENLİK DENEY SONUÇLARI.....	28
KESME DİRENCİ VE DEFORMASYON YETENEĞİ.....	28
DİREKT KESME DENEYİ.....	30
İÇSEL SÜRTÜNME AÇISININ SEÇİMİ.....	32
KARAPINAR BAZALTIN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	32
ÜÇ EKSENLİ DENEY.....	33
DİREKT KESME DİRENCİ.....	35
İÇSEL SÜRTÜNME AÇISININ SEÇİMİ.....	36
ALÜVYONUN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	37
GRANÜLOMETRİ, BİRİM HACİM AĞIRLIK, GEÇİRGENLİK....	37
KESME DİRENCİ.....	38
FİLTRE DENEYLERİ.....	38
KİL ÇEKİRDEK MALZEMESİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	40
İNDEKS ÖZELLİKLERİ.....	40
MİNEROLOJİK BİLEŞİMİ VE SUDA DAĞILMA.....	40
SIKIŞTIRMA DENEYLERİ.....	41
KONSALİDASYON VE ÜÇ EKSENLİ KESME DENEYLERİ.....	41
JEOTEKNİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	42
KİLLİ KİREÇTAŞI DOLGUSU.....	42
BAZALT DOLGUSU.....	43
FİLTRE MALZEMESİ.....	44
KİL ÇEKİRDEK MALZEMESİ.....	44
ÖZET.....	46
SONUÇLAR.....	47
YARARLANILAN KAYNAKLAR.....	49

ŞEKİLLER

1. İnceleme alanının mevkii haritası
2. Atatürk Barajı dolayının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti
3. Genel vaziyet plânı
4. Baraj gövdesi enkesiti ve zonları
5. Malzemelerin özelliklerini gösteren harita
6. Tek eksenli basınç mukavemetine bağlı olarak kaya dolgunun eş mukavemet grafiği
7. Kaya dolgunun porozitesine, malzemenin orijinine ve yuvarlaklık derecesine, parçaların düzgünlüğüne bağlı eşdeğer pürüzlülük
8. Dolguda kullanılan killi kireçtaşları üzerinde yapılan üç eksenli deney sonuçları ve içsel sürtünme açıları
9. Üç eksenli deneylerden eş pürüzlülük metoduyla elde edilen içsel sürtünme açıları
10. Alüvyon kesme direnci grafiği
11. Kesme deney sonuçlarına normal gerilmelere bağlı içsel sürtünme açısı
12. Filtre dolgu malzemelerinin test sonuçları
13. Filtre dolgu esnasında yapılan testlerin sonuçları
14. Filtre malzemesinin kullanma limitleri ve filtre için yapılan granülometrik deneyler
15. Optimum su muhtevası ile maksimum kuru birim hacim ağırlık arasındaki ilişkiler
16. Sam-Tekin kilinin plastisite kartındaki yeri ile optimum su muhtevasına bağlı olarak plastisite indisi değişimi

17. Kil-2A-2B-Killi kireçtaşları için toplam granülometri neticeleri

18. Nehir alüvyonu, ince alüvyon, ince bazalt ve bazalt için granülometri neticeleri.



ÇİZELGELER

1. Bazalt dolguda kullanılan malzemenin kalitesine göre kabul edilebilecek birim hacim ağırlığı, eş pürüzlülük, içsel sürtünme açısı ve Kohezyon limitleri.
2. Filtre ve drenaj için kullanılacak malzemede aranılacak granülometri limitleri.
3. Birleştirilmiş zemin sınıflandırılması
4. Geçirimsiz malzeme için istenilen granülometri
5. Karaboğaz formasyonunun jeoteknik özelliklerin belirlemek amacıyla Karlsruhe-DSİ.TAKK yapılan deney sonuçları
6. Karaboğaz formasyonunun dolgu sırasında arazi laboratuvarında belirlenen jeoteknik özellikler
7. Dane birim hacim ağırlığının(2,65 t/m³) olması için düzeltilmiş kuru birim hacim ağırlık
8. Geçirgenlik katsayısının malzemenin dane çapına bağlı olarak değişimi
9. Killi kireçtaşının jeoteknik özellikleri
10. Killi kireçtaşının kayma direnci
11. Killi kireçtaşında eş pürüzlülüğe ve normal gerilmeye bağlı olarak içsel sürtünme açısının değişimi
12. Bazalt için tabaka kalınlıklarına göre arazide yapılan deneyler ve sonuçları
13. Bazalt dolgu için DSİ-TAKK ve Karlsruhe'de yapılan deneyler ve sonuçları
14. Dolgu yapımı esnasında arazi laboratuvarında yapılan deneyler.

15. Kesme dirençlerinin içsel sürtünme açısına ve birim hacim ağırlığına bağlı olarak değişimi
16. Karlsruhe'de yapılan deneylerde kesme dirençlerinin içsel sürtünme açısına bağlı gerilme olarak değişimi
17. Karapınar bazaltının eş pürüzlülük değerlerine göre içsel sürtünme açılarının değişimi
18. Nehir alüvyonu için Karlsruhe ve DSİ TAKK da yapılan deneyler
19. Nehir alüvyonu ve 2A-2B filtreleri için Şantiyede yapılan deneyler ve sonuçları
20. Alüvyon filtre testlerinden elde edilen sonuçlar
21. Filtre malzemelerde yapılan test basınç deneyleri süreleri ve elde edilen toplam neticeler
22. Kil çekirdek malzemesinin kesme dirençleri
23. Kilin jeomühendislik özellikleri için DSİ-TAKK-Karlsruhe laboratuvarlarında yapılan deneyler
24. Kilin sınıflamaları ve deney sonuçları
25. DSİ Merkez(Şantiye) laboratuvarında yapılan deneylerin özeti.
26. Atatürk barajı dolgu malzemelerinin jeoteknik özellikleri sonuçları

EKLER

1. Atatürk Barajı ve dolayındaki malzeme alanları haritası
2. Baraj ile Batardo enkesit ve detayları

GİRİŞ

ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu araştırma 1990-1991 öğretim döneminde, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Programında Prof.Dr. O.GÜRPINAR'ın danışmanlığında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmada, Güneydoğu Anadolu projesinin kilit tesislerinden biri olan Atatürk barajının gövde dolgusunda kullanılacak olan malzemelerin standartlara uygunluğu araştırılmıştır.

ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırmaya daha önce yapılmış çalışmaların değerlendirilmesi ile başlanılmış olup, bölgenin jeolojisine kısaca değinildikten sonra gövde dolgusunda kullanılacak malzemelerin bulunduğu alanları gösterir 1/25000 ölçekli malzeme haritası hazırlanmıştır.

Malzeme ocaklarından elde edilen numuneler üzerinde gerçekleştirilen bir çok mineralojik analizlerin yanında laboratuarda yapılan ayrışma, geçirgenlik, su emme ve dayanım deneyleri ile bu malzemelerin jeoteknik özellikleri belirlenmesinden sonra bu verilerin değerlendirilmesi yoluna gidilmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezi niteliğinde olan bu çalışmayı yönetimlerinde gerçekleştirdiğim Uygulamalı Jeoloji Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Prof.Dr.Okay GÜRPINAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmalarım süresinde değerli yardımlarını gördüğüm Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Başkanı Prof.Dr. Okay EROSKAY'a ve Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Yrd.Doç.Dr. Ali Malik GÖZÜBOL'a, büyük yardımlarını gördüğüm araştırma görevlilerini Jeo.Yük.Müh. Atiye UĞURLU'ya, Jeo.Yük.Müh. Özkan CORUK'a, Jeo.Yük.Mühendisleri M.Turgut SAFA ve Zeynep Sayra SAFA, Jeo.Yük.Müh. Selahattin AYNA'ya, İnş.Mühendisleri A.Rıza ÖÇ, A.İhsan KARAHAN, M.Faruk KILIÇ ve Mehmet KARAÇOBAN'a, çalışmalarına olanak sağlayan Bölge Müdürü Erdoğan BASMACI ve Bölge Müdür Muavini Selami OĞUZ'a ayrı ayrı teşekkür ederim.

Tezimin yazımı ve çizimini özen göstererek gerçekleştiren Arazi Kontrol Teknisyeni Mevlüt KAYA'ya teşekkür ederim.

Ayrıca bana her türlü manavi destekte bulunan eşim Seda TÜREDİ'ye şükranlarımı sunarım.

COĞRAFYA

İNCELEME ALANININ YERİ VE ULAŞIMI

Güneydoğu Anadolu bölgesinin güneybatısında yer alan Atatürk barajı, Adıyaman İlinin yaklaşık 35 km güneyinde, Şanlıurfa İlinin Bozova İlçesine 24 km uzaklıkta ve Karakaya barajının 180 km mansabında yer alır. (Şekil-1)

DORUK AĞI

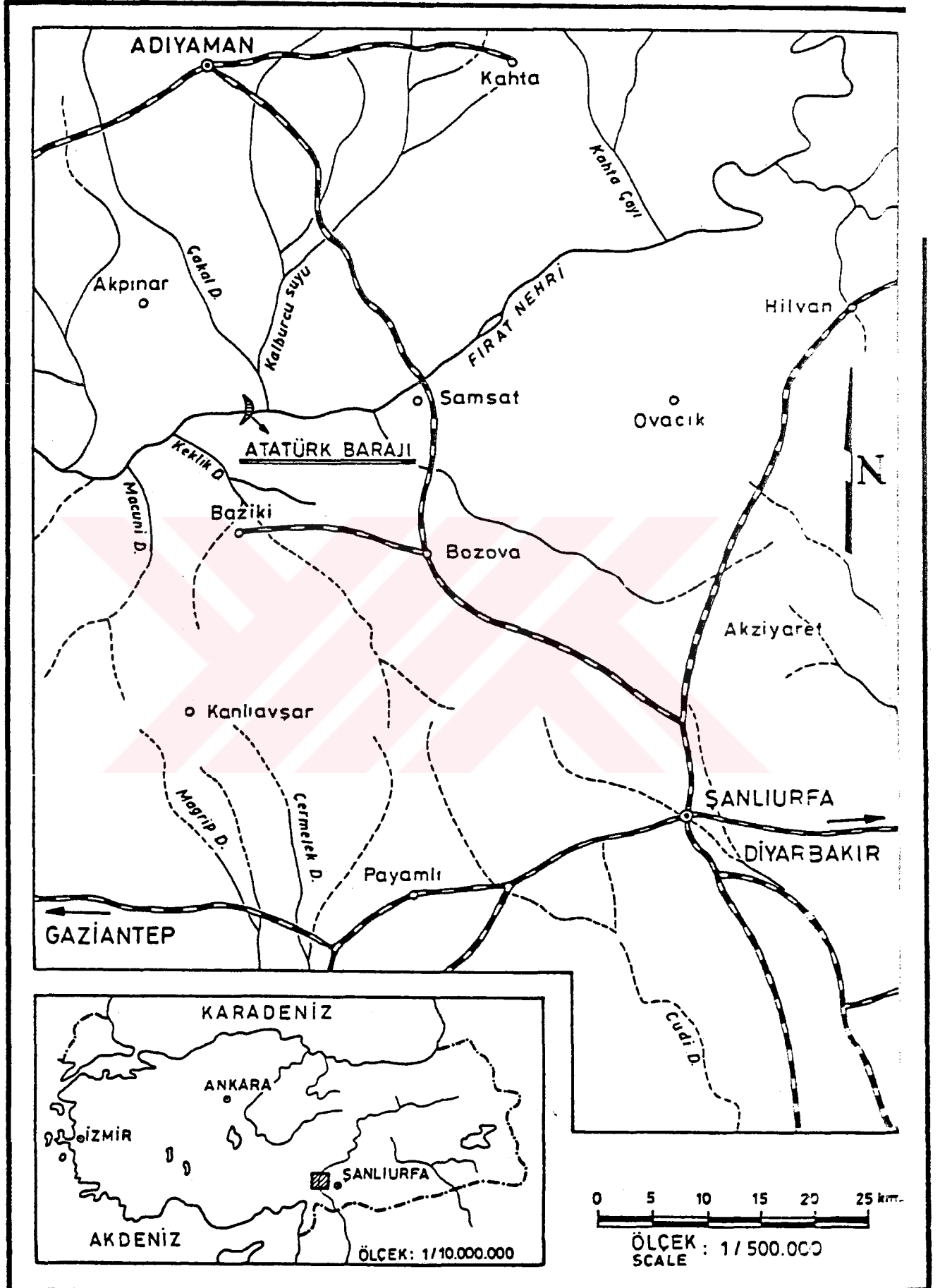
Bölgedeki en önemli yükseltiler inceleme alanının dışındaki Karababa (823 m) ve Gemrik dağı (732 m)'dir. Bunların arasında bulunan çalışma alanında bunlara paralel birçok doruk yer alır.

AKARSU AĞI

İnceleme alanında yaygın bir akarsu ağı bulunmaktadır. Burada bulunan akarsular, Fırat nehrinin 2,5-3 kilometrelik bir bölümü ile buna bağlanan yan derelerden meydana gelir. Fırat nehri dışında sahada bulunan diğer akarsular yazın kurudur.

İKLİM

Çalışma alanında karasal iklim egemendir. Kışlar serin, orta derecede nemli, baharlar nemli ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurudur. Çukurdaki ova ve vadilerde sıcaklık daha yüksektir. Kışın kar erimesi veya fırtınalı yağış sebebiyle Fırat nehri taşar.



Şekil 1- İnceleme alanının mevkii haritası

BİTKİ ÖRTÜSÜ

Araştırma alanında, karasal iklimin tipik bitki örtüsü olan bozkırlar yaygındır. Bunun yanında daha dar alanlarda ise fundalıklar mevcuttur. Yüksek kesimlerde bitki örtüsü azdır. Düzlük kesimlerde ise tarım yapılmaktadır.

GEÇİM KAYNAKLARI

Bölgedeki toprağın ve diğer iklim unsurlarının elverişli olmasına karşın çoğu yaz aylarındaki yağışın az olması tarımı olumsuz yönde etkilemektedir. Bunlara rağmen Fırat nehrine açılan vadilerin sulu kesimlerde sebzeçilik yapılmaktadır. Sanayii ve ticaretin gelişmediği bu bölgede hayvancılık oldukça gelişmiştir.

YERLEŞİM MERKEZLERİ

İnceleme alanında yerleşim dağınık köy yapıları şeklindedir. Yöredeki en önemli köyler Sam, Tekin, Kavşut, Karapınar ve Maşık köyleridir.

ULAŞIM

Atatürk barajı, Şanlıurfa İline bağlı Bozova kazasının 15 kilometre kadar kuzeybatısında, Karababa dağı ile Çeviktepe arasında oluşan boğazın girişinde yer almaktadır.

Şanlıurfa-Bozova asfalt yolu önceden yapılmış olup, Şanlıurfa-Baraj asfalt yolu ulaşımına açılmıştır. Bunların yanında köylerin arasında stabilize yollar mevcuttur.

ESKİ İNCELEMELER

Atatürk barajı ve yakın dolayında bugüne kadar farklı amaçlı birçok araştırmalar yapılmıştır.

Bu bölümde, önceki çalışmalardan konuyla ilgili olanlarına kronolojik sıralanım içerisinde değinilecektir.

ERGUVANLI(1964) sınırdan Karakaya geçidine kadar olan kesimde havzanın baraj yeri olabilme olanaklarına araştıran ilk çalışmacıdır. EİEİ adına yapılan "Fırat Halfeti barajı Rezervuar Etüdü kısım" bu çalışma inceleme alanını da içine alır. Araştırmacı bu çalışmada 1/25000 ölçekli Jeoloji haritasında kaya-stratigrafi birimlerini ayırtlamıştır. Karababa boğazındaki baraj olanaklarını değerlendirerek birimlerin Mühendislik özellikleri yanında göl alanının su tutma sorununu araştırmıştır.

TUNA(1973) "VI.Bölge litostratigrafi birimleri adlaması" isimli raporunda farklı araştırmacıların ayırtlayıp adladıkları kaya birimi adlarından kurallara uygun olanlarını seçerek topluca tanıtmıştır.

ATAKAN(1975) Değişik kurumlardaki birçok araştırmacı ile birlikte yürüttüğü jeolojik çalışmaları kati projeye hazırlık çalışması olarak derlemiştir. Karakayık boğazından, Karakaya barajına kadar olan bölgenin 1/50000 ölçekli Jeoloji haritasını hazırlamıştır. Araştırmacı ayrıca baraj yapımında kullanılacak malzeme alanlarını belirleyerek, bunların özelliklerini saptamıştır.

CORUK(1985) "Atatürk barajı Mühendislik Jeolojisi ve Enjeksiyon uygulamaları" isimli yüksek lisans tezinde 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlayarak, dolomitik ve plaketli killi kireçtaşlarının, karstik ve resifal-tebeşirli kireçtaş-

larla ile ilişkilerinin olmadığını savunmuştur. Bunların yanında, araştırmacı karstlaşmanın yapı denetiminde geliştiğini belirtmiştir.

SAFA(1989) "Atatürk Barajının Mühendislik Jeolojisi" adlı yüksek lisans tezinde, Atatürk barajı inşaatı sırasında yapılan ve yapılması gerekli tüm mühendislik jeolojisi uygulamalarından ayrıntılı olarak bahsetmiştir. Araştırmacı ayrıca plaketli-killi kireçtaşları üzerinde yaptığı fiziksel ve mekanik deneyler sonucunda kayanın dolgu malzemesi olarak kullanılabileceğini savunmuştur.

UĞURLU(1990),"Atatürk Barajı Enjeksiyon Galerilerindeki Kaya Niteliğinin Mukayeseli Sınıflaması" isimli yüksek lisans tezinde, killi kireçtaşları üzerinde yaptığı ayrıntılı litolojik ve yapısal analizlerin yanında arazi ve laboratuvar çalışmaları ile bu kayanın jeoteknik özelliklerine değinmiştir. Araştırmacı ayrıca sol sahilde bulunan galeri güzergahları boyunca yüzeyde ve yer altında kaya kütlesi sınıflamalarından RSR, RMR ve Q sistemlerini mukayeselerini yapmıştır.

JEOLOJİ

Çalışma alanında Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler yüzeylenmektedir. Ayırılan kaya birimleri ile kalınlıklar "Genelleştirilmiş stratigrafi kesiti"nde sunulmuştur (Şekil 2).

İnceleme alanında alttan üste doğru Karababa, Karaboğaz, Germav, Midyat, Kepirce formasyonları, Karapınar bazaltı ile alüvyon ve yamaç molozu ayırılanmıştır.

Bu bölümde inceleme alanında yer alan birimlerin ayrıntılı tanıtımı yapılacaktır.

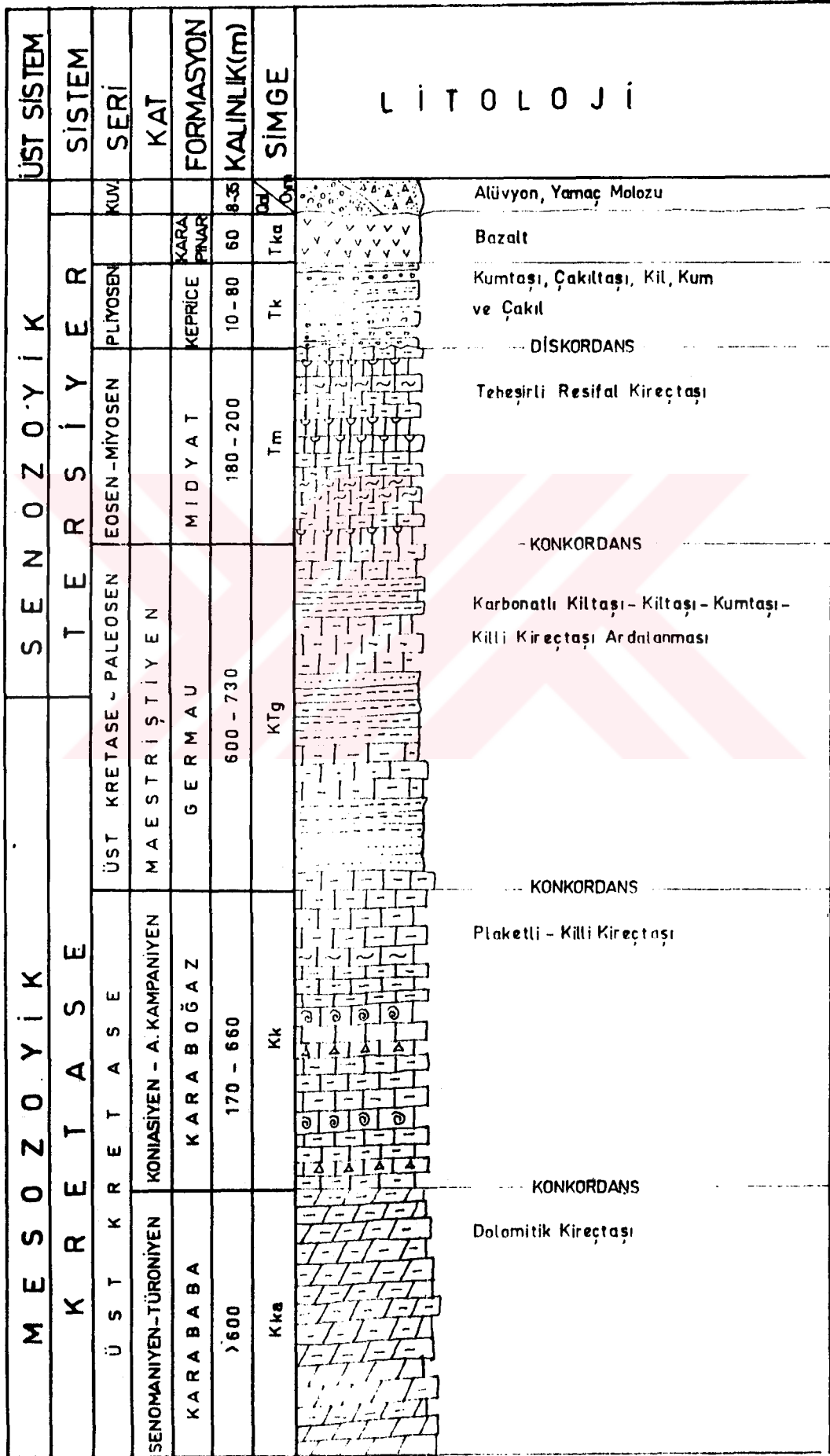
KARABABA FORMASYONU(Kka)

Birimi ilk olarak Amoseas Jeologları(Handfield, Bryant, Keskin, 1959) Karababa formasyonu olarak adlandırmıştır. Erguvanlı(1964) aynı birimi üstündeki plaketli-killi kireçtaşı ile birlikte incelemiş ve "dolomitik, plaket kalkerleri" olarak adlandırmıştır.

Karababa dağının güney yamacında en iyi mostmasını veren birim, saha gözlemlerine göre yer yer beyaz grimsi, bej renkli dolomitik kireçtaşları ile temsil edilmekte olup, aralarında 10-15 cm kadar kalınlığa erişen siyah sileks bantları ve çört yumruları içermektedir. Tabandan üst kesimlere doğru 0,5-1 m kalınlığında katmanlanma izlemek mümkündür.

Karababa formasyonunun alt dokunağı tektonik olup, üst dokunağı ise Karaboğaz formasyonu ile uyumludur. Önceki çalışmacılarca birimin kalınlığı 600 metreden fazla olduğu tahmin edilmektedir(Atakan 1975).

ŞEKİL 2 ATATÜRK BARAJ DOLAYININ GENELLEŞTİRİLMİŞ STRATİGRAFİ KESİTİ



L I T O L O J İ

Birim Güneydoğu Anadolu'da mostre verdiği yerlerdeki verilerden yararlanılarak formasyonun Senomaniyen-Alt Turoniyen yarlı olduğu tesbit edilmiştir(Sungurlu 1974).

Coruk(1985) ise birimin sığ denizel bir ortam ürünü olduğunu belirtmiştir.

KARABOĞAZ FORMASYONU(Kk)

Killi kireçtaşları ile temsil edilen bu birimi L.L. Fournier(Amoseas, 1958) Karaboğaz formasyonu olarak adlandırmıştır. Aynı birimi Erguvanlı(1964) "Plaket Kalkeri", Atakan(1975) ise "Plaketli-marnlı kalker" olarak adlandırmıştır.

Birim baraj aks yerinden Annep köyüne kadar uzanır. Ana yapıyı oluşturan Karababa antiklinalinin güney ve kuzey kanatlarını oluşturur. Birimin en tipik görüldüğü yer Karababa, Karaboğaz ve Gemrik dağlarıdır.

Birim ince katmanlı(Plaketli), yumuşak açık gri, beyazimsi killi tebeşirli kireçtaşıdır. 3-30 cm arasında katmanlanmaya paralel sileks pantları içerir. Birimin alt seviyeleri, araya girmiş bitümlü tabakaların yanında, yer yer dolomitleşmiş ara seviyeler ihtiva eder. Üst seviyelere doğru kil miktarı artar ve birim killi kireçtaşı-karbonatlı kiltasına geçer.

Killi kireçtaşı altında bulunan Karababa formasyonuna ait dolomitik kireçtaşı ile geçişlidir. Üstündeki karbonatlı kiltası, kiltası, kumtaşı ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşan Germav formasyonu ile uyumludur.

Birim pelajik foraminifera'larca zengin bir fauna içerir. Globotruncana sp. Globigerina sp. ve Gumbelina sp. birimin Koniasiyen-Kampaniyen zaman aralığında derinleşen bir ortamda çökelmiş olduğunu kanıtlar(Coruk 1985).

GERMAV FORMASYONU(KTç)

Birim ilk kez Maxon ve Tromp(1940), "Germav Formasyonu" olarak adlandırılmışlardır. Aynı birime Schmidt-Koşar(1961) "Holholik formasyonu" adını vermiştir. Altınlı(1961) tarafından Karaboğaz formasyonunun üst tarafı olarak kabul edilen bu birim için Erguvanlı(1964) "Yeşil kil, marn, bitümlü kumtaşı" adlamasına kullanmıştır. Atakan(1975) "Marn, kil, kumtaşı nöbetleşmesi olarak haritalamıştır.

Germav formasyonunun en iyi mostre verdiği yer, Gercüş İlçesinin 40 kilometre doğusunda bulunan Germav köyüdür. Birim baraj göl alanının güneyinde mostra vermektedir.

Karbonatlı kiltası, kiltası, kumtaşı ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşan Germav formasyonu arasında ince çakiltası ve kireçtaşı ara katkıları içerir. Üst seviyelerde kil oranının arttığı bu birimin yeşilimsi gri olan rengi, üst seviyelere doğru beyaz bir renk alır. Orta tabakalı, ufanır ve dağılgan olan karbonatlı kiltaları demirli çözeltiler tarafından yer yer boyanmıştır. Yeşil, boz renkli kiltaları çok ince tabakalı dilingen ve yüksek plastisitelidir. Açık gri, sarımsı boz renkli, az gözenekli, orta-ince tabakalı, köşeli kırıklı kumtaşları pürüzlü ve çoğun karbonat çimentoludur.

Kalınlığı 600-700 metre arasında olan Germav formasyonu altındaki Karaboğaz formasyonu ile geçişli, üstündeki Midyat formasyonu ile uyumludur.

Birim Maestrihtiyen-Paleasen yaşlı olup, duraysız, derinleşen bir ortamı karekteize eder.

MİDYAT FORMASYONU(Tm)

Maxon ve Tromp(1936) birimi, tipik mevkisinin Midyat İlçesinin civarı olmasından dolayı Midyat formasyonu olarak adlamıştır.

Midyat formasyonunun en iyi mostra verdiği yer Karababa boğazının sol yamacındaki Çeviktepe'dir.

Tebesirli-resifal kireçtaşları ile temsil edilen birim çoğun pembe, beyaz, boz renkli olup, genelde masif, yoğun eklemli ve karstiktir.

Midyat formasyonu altındaki Germav formasyonu üzerinde uyumlu olup, üzerine karasal Pliyosen çökelleri uyumsuz olarak gelir.

Birimin yaşı Eosen ve Oligosen'dir.(Coruk 1985), Atakan(1975) ise birimin üst seviyelerinin Miyosen yaşlı olabileceğini savunmuştur.

Birimin içerdiği fosillerden dolayı yüksek enerjili, sığ denizel bir ortam ürünü olduğu savunulmuştur(Tuna 1973).

KEPRİCE FORMASYONU(Tk)

Bu birim, Keprice dolayında tipik olarak görülmesinden dolayı yıldırım ve Akkuş(1987) tarafından Keprice formasyonu olarak adlandırılmıştır.

İnceleme alanında büyük alanları oluşturan bu formasyon çökelleri Belikan köyü, Çeviktepe güneyi, Sam ve Tekin kuzeyi ile Delik tepe dolaylarında görülür. Fırat boyunca membaya gidildikçe sağ ve soldaki düzlükleri örter.

Bu formasyonun çökmesi ince taneli malzemelerden kalın taneli malzemelere doğrudur. Formasyon açık renkli, gevşek tuturulmuş, çakıltaşı, kumtaşı çökelleri ile bunların üst kesimlerinde çoğun çakıl-kum-kil boyutundaki tuturulmamış taneler ile temsil edilir. Taneler çoğun kireçtaşı ve kuvars kökenlidir.

Birimin kalınlığı 10-100 metre arasında değişmektedir. Bu formasyon altındaki tebesirli-resifal kireçtaşlarını diskordan olarak örter. Üstten alüvyon ile örtülen bu formasyonun çökellerinin Pliyosen yaşlı olduğu düşünülmüştür(Coruk 1985)

KARAPINAR BAZALTI(Tka)

İnceleme alanının yüksek kotlarda yer alan bazaltların en iyi Karapınar bölgesinde görülmesinden dolayı, Karapınar bazaltı olarak adlandırılmıştır(Akkuş, Yıldırım 1987).

Yer yer curuf görünümünde, yer yer de sert sıkı olan bazaltların yüzeyinde soğuma çatlakları gelişmiş olup, derinlere doğru kapalıdır. Üstten itibaren 8-10 metrelik kesmi ayrılmış ve kırıklıdır. Rengi koyu gri ve siyahımsı olup oldukça sert ve dayanımlıdır.

Baraj yerinin güneyindeki Karapınar ve Karacaviran köyleri dolayında görülen birim, genelde yerel bir örtü şeklinde olup, kalınlığı 50-60 metre dolayındadır.

Karacadağ volkanizması ile baraj yerine kadar uzanan bazalt akıntıları birkaç devrede olmuştur. Ayrıca inceleme alanı içindeki bazaltların diğer Pliyosen'e ait çökel birimler ile geçişli olarak bulunması, Pliyosen yaşlı olduğunu, kısmende bu birimleri örtmesi ise Kuvaterner'de de akıntıların devam ettiğini göstermektedir(Atakan 1975).

ALÜVYON(Qal)

Fırat vadisi boyunca görülen alüvyon çökellerinin kalınlığı yer yer 8-17 metreye ulaşır. Alüvyon çökelleri tuturulmamış, oldukça kötü boylanmalı, ayrık haldeki çakıl, kum, kil birikimlerinden oluşmaktadır.

Fırat vadisi boyunca, baraj yerinin yakın dolayında nehir içinde, kum ve boyutunda adalar halinde alüvyon çökelleri bulunmaktadır. Bunlar Fırat nehrinin taşkın zamanlarında yukarı havzalarda sürükleyerek getirdiği malzemelerdir. Çakılların dane boyları 2-3 cm arasında olup, değişik kayalardan meydana gelmiştir.

YAMAÇ MOLOZU, BİRİKİNTİ KONİLERİ(Qym)

Fırat nehrinin her iki tarafında görülen, genelde 20-30 cm kalınlığa sahip yamaç molozu, killi-kireçtaşları ile temsil edilen Karaboğaz formasyonunu örter. Birim ince, keskin köşeli kireçtaşı parçaları ile gilit ve kilden meydana gelmiştir.

Yamaç eğimlerinin yüksek olduğu kesimlerde dolomitik ve killi kireçtaşları üzerinde kalın birikinti konileri gözlenmektedir. Baraj aks yeri yakın dolayında sondajlarla kalınlığı 27 metre olarak belirlenen birikinti konileri membaya doğru gidildikçe 35 metre kalınlığa varır.

JEOTEKNİK

GİRİŞ

Aşağı Fırat projesi kapsamında bulunan Atatürk barajı ve hidroelektrik santrali inşaatı, Güneydoğu Anadolu projesinin en önemli tesisidir.

Bu bölümde Atatürk Barajı ile ilgili genel bilgilerin verilmesinden sonra Atatürk Barajı gövde dolgusunda kullanılan yapı malzemelerinin jeomühendislik özelliklerine ayrıntılı olarak değinilecektir.

ATATÜRK BARAJININ GENEL KAREKTERİSTİKLERİ

Atatürk Barajı Keban ve Karakaya barajından sonra Fırat nehri sularını kontrol eden üçüncü kademe su yapısıdır. Temelden 169 metre yüksekliğe sahip olan bu baraj Türkiye'nin Keban, Altınkaya ve Oymapınar barajlarından sonra dördüncü en yüksek barajdır. Barajın gövdesi $84,5 \times 10^6$ m³ dolgu ile gövde hacmi bakımından dünyanın sayılı barajları arasında bulunmaktadır.

Atatürk barajının amacı; enerji üretimi ve sulamadır. Bu yüzden büyük bir enerji potansiyeline ve sulanabilir verimli topraklara ihtiyaç vardır. Doğu Anadolu'nun yüksek yaylalarından doğan Fırat nehri istenilen enerji potansiyeline sahiptir. Bunun yanında Harran ovasına da buradan sulama yapılacaktır. Ayrıca başta Urfa olmak üzere birçok yerleşim alanında içme ve kullanma suyu ihtiyacı karşılanmış olacaktır.

Atatürk barajının gövdesi killi kireçtaşları üzerine o-turtulmuştur. Vadi tabanı yamaç molozu, aşınmış ve ayrılmış

kaya parçaları ve nehir alüvyonu ile kaplıdır. Nehir yatağında, alüvyon kalınlığı 9 metre , vadi tabanındaki döküntü malzemenin kalınlığı ise yer yer 30 metreye erişmektedir. Baraj gövde temelinde kazı yapılarak baraj temeli killi kireçtaşları üzerine yerleştirilmiştir.

Atatürk barajı, zonlu ve eğri çekirdekli kaya dolgu tipindedir. Sol yamaçta tabii şev 440 metre kotuna kadar 1/8, baraj kretine kadar 1/3, sağ yamaçta ise bu şevler 1/10 ve 1/3 tür. Baraj gövdesinin ortasında kil çekirdek geçirimsiz tabakayı teşkil etmekte, memba ve mansabında filtreler yerleştirilmekte, filtreleri ince kaya dolgular takip etmekte, en dışta ise kabuk olarak tanımlanan bölgede kaya dolgu bulunmaktadır. Barajın mansab yüzüne Rip-rap kaplama yapılmaktadır.

Atatürk barajının enerji yapısı sağ sahilde 8 ana ve 5 yamaç bloğundan oluşmaktadır. Her blokta su alma yapısı cebri boruları ile bağlantılıdır(Şekil 3).

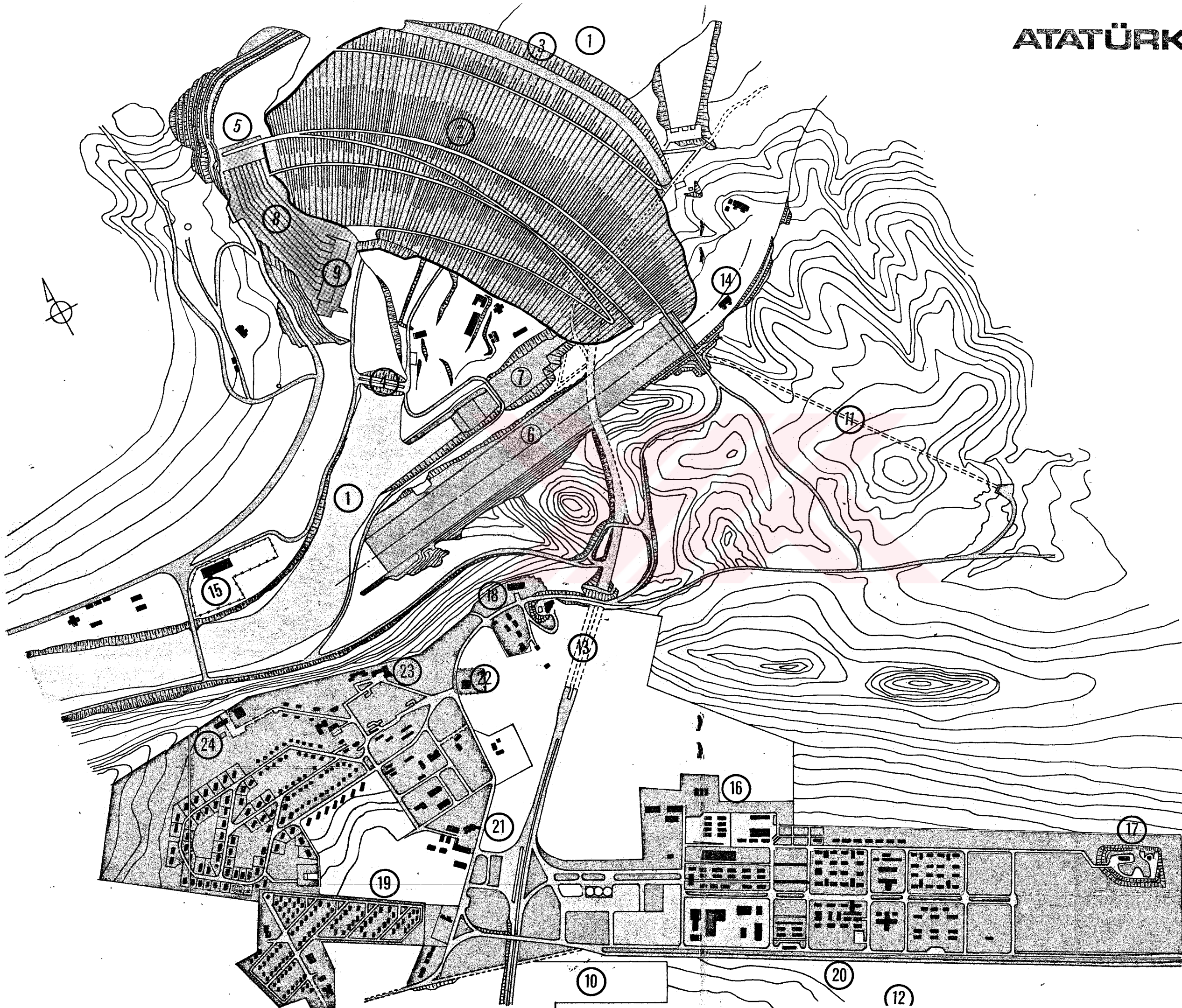
Dolusavak yapısı sol yamaçta oturtulmuştur. 154 metre uzunluğunda ve 56 metre yüksekliğinde olan dolusavak yapısı, suyun rahat akmasına uygun şekilde ve beton ağırlık tipindedir.

Derivasyon yapıları, iç çapı 8 metre olan 3 tane at nalı tipinde tünel ile memba ve mansab batardolarıyla temsil edilmektedir. 1326 ve 1396 metre uzunluğunda olan bu tüneller tamamıyla beton kaplamadır.

GENEL VAZİYET PLANI
GENERAL SITE PLAN

- 1- Fırat
Euphrates
- 2- Baraj Kreti
Dam Crest
- 3- Ön Batardo
Pre Cofferdam
- 4- Mansap Batardosu
D/S Cofferdam
- 5- Su Alma Yapısı
Water Intake Structure
- 6- Dolusavak
Spillway
- 7- Derivasyon Tünelleri
Diversion Tunnels
- 8- Cebri Borular
Penstocks
- 9- Santral
Power House
- 10- Şalt Sahası
Switchyard
- 11- Enjeksiyon Galerisi
Grouting Gallery
- 12- Kil Ocağı
Clay Quarry
- 13- Bazalt ve Kil Nakliye Yolu Tüneli
Basalt and Clay Transportation Tunnel
- 14- Beton Tesisleri
Concrete Plants
- 15- Demir Kesme ve Bükme Atölyesi
Cutting and Bending Workshop
- 16- Atölyeler
Workshops
- 17- Dinamit Deposu
Dynamite Store
- 18- ATA Ana Ofis
ATA Main Office
- 19- ATA Sitesi
ATA Housing
- 20- ATA İşçi Kampı
ATA Workers Campus
- 21- Okul
School
- 22- Cami
Mosque
- 23- DSI İdare Binaları
DSI Administration Buildings
- 24- DSI Sitesi
DSI Housing

SEKİL:3
GENEL VAZİYET PLANI



ATATÜRK BARAJININ ANA KARAKTERİSTİKLERİ

BARAJ GÖLÜ

Nehir yatağı kotu.....	: 382,00 m
Maksimum depo kotu.....	: 542,00 m
Maksimum taşkın kotu.....	: 544,15 m
Göl alanı.....	: 817 km ²
Göl depo kapasitesi.....	: 48,7 milyar m ³
Faydalı hacim.....	: 19,3 milyar m ³
Ölü hacim(513,00 kotu).....	: 29,4 milyar m ³

GÖL SEVİYESİ DEĞİŞİMİ

Normal.....	: 4 m
Minimum.....	: 16 m
İstisnai.....	: 29 m
Göl uzunluğu.....	: 180 km

BARAJ

Tipi.....	: Eğri kil çekirdekli kaya dolgu
Kret kotu.....	: 549,00 m
Temelden baraj yüksekliği.....	: 169,00 m
Talvegten baraj yüksekliği.....	: 166,00 m
Kret boyu(Beton yapı hariç).....	: 1664,00 m
Batarde tipi.....	: Kaya dolgu
Memba batarde kotu.....	: 432,00 m
Mansab batarde kotu.....	: 388,00 m
Memba batarde dolgu hacmi.....	: 900.000,00 m ³

DERİVASYON TÜNELLERİ

Max çevirme kapasitesi.....: 2100 m³/s
Tünel adedi.....: 3
Tünel kesiti.....: At nalı
Tünel iç çapı.....: 8,00 m

DİPSAVAKLAR

Dipsavak adedi.....: 3
Max. boşaltma kapasitesi.....: 3x500=1500 m³/s
Kapak tipi.....: Sürgülü
Kapak sayısı.....: 2x3=6 adet
Kapak ölçüleri.....: 2,75x4,15 m

DOLUSAVAK

Tipi.....: Kontrollü boşaltma kanalı
Taşkını max. boşaltma.....: 6x2800=16800,00 m³
Max normal depolama seviyesi....: 542,00 m
Ana kapak eşik kotu.....: 524,51 m
Yardımcı kapak boşaltma.....: 2x500=1000 m³/s
Savak şutu eğimi.....: % 14
Savak şutunda max hız.....: 35 m/s
Kapak tipi.....: Radyal kapak

ENERJİ SU ALMA YAPILARI

Tipi.....: Beton ağırlık
Enerji su alma adedi.....: 8
Yaklaşım kanalı kotu.....: 485,00 m
Min. normal su kotu.....: 538,00 m
Min. istisnai su kotu.....: 513,00 m

CEBRİ BORULAR

Tipi.....	: Çelik cebri boru
Cebri boru çapları.....	: 6600-7250 mm
Cebri boru boyları.....	: 537,00-662,00 m
Max proje yükü.....	: 190,00 m
Cebri boru max debisi.....	: 223,50 m ³ /s(1 ünite)
Toplam cebri boru ağırlığı.....	: 26.600 ton

HİDROELEKTRİK SANTRAL

Tipi.....	: Kapalı
Ünite sayısı.....	: 8
Ünite kapasitesi.....	: 300 MW
Toplam kurulu güç.....	: 2400 MW
Ortalama enerji üretimi.....	: 8,9 milyar kwh/yıl
Güvenilir enerji üretimi.....	: 7,5 milyar kwh/yıl
Hidrolik türbün tipi.....	: Düşey eksenli Francis

HİDROLİK TÜRBÜN NOMİNAL

Düşü.....	: 151,20 m
Nominal debi.....	: 218,3 m ³ /s
Nominal güç.....	: 30.600 d/dak.
Ünite max gücü.....	: 324.000 kw

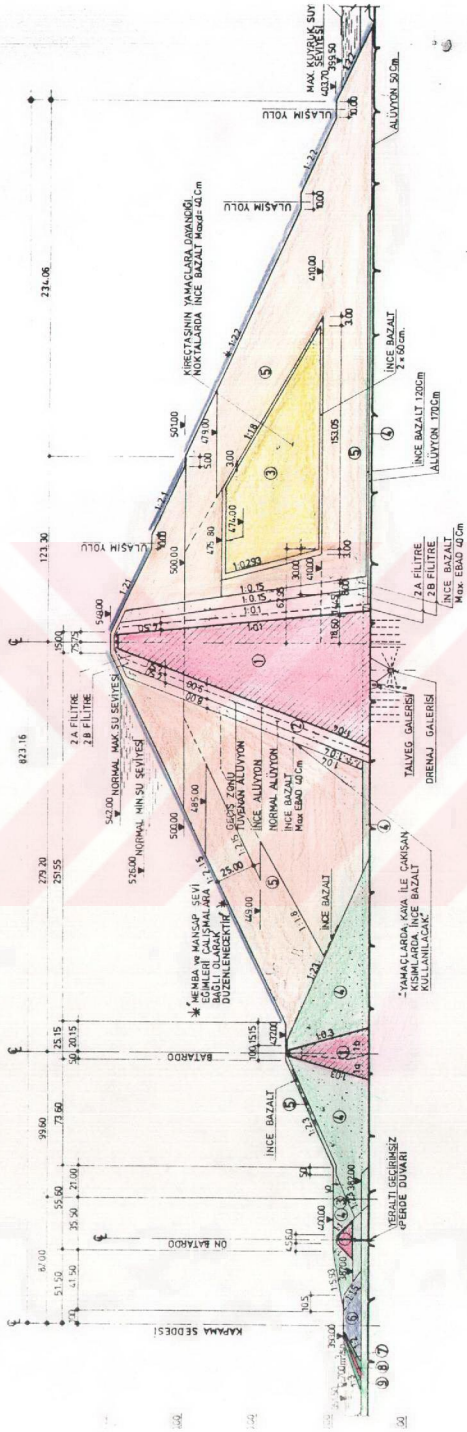
DOLGU MALZEMELERİ VE STANDARTLARI

84,5 milyon m³ dolgu hacmi ile dünyanın sayılı barajları arasında yer alan Atatürk barajı eğri kil çekirdekli kaya dolgu tipindedir. Baraj gövdesi 9 farklı zondan meydana gelmektedir(Şekil 4).

1 nolu zon kret kotunda 15 m, tabanda 96 metre genişliğinde olan kil çekirdektir. Memba yönünde 1/0,4 eğimli olup, mansab yönünde düşeydir. Geçirimsizliği sağlayacak olan zondur. Memba batardo çekirdeği ve ön batardo memba sevi bu zondan meydana gelmektedir. Dolguda çekirdekleri tümüyle saran, killi nehir alüvyonundan oluşan 2 nolu geçiş zonedir. Mansab yönünde geçiş zonu, 395 kotu üzerinde, yamaç sıyrımlarından alınan killi kireçtaşı 3 nolu zonu oluşturmaktadır. Dolguda en büyük kesimi, nehir alüvyonundan oluşan 4 nolu zon kaplamaktadır. 5 nolu zonu teşkil eden kaya dolgu ise bazaltlardan meydana gelmektedir. Ön batardo ana yapısını oluşturan 7 nolu zon, derivasyon tünelleri kazısından çıkarılan killi kireçtaşı ile boyutlardan oluşan iri kaya bloklarının karışımıdır. Çevirme seddesi memba seviyi kaplayacak 8 nolu geçirimsiz zon ise kil ve silt boyutlarındaki geçirimsiz malzemelerden oluşmaktadır. 9 nolu zonu teşkil eden ve dolguyu dalga etkisinden koruyacak olan rip-rap malzemeleri iri bazalt bloklarından oluşmaktadır. Baraj dolgu zonları detayları ve tipik kesitleri ek-1 de görülmektedir.

Baraj yapısında kullanılacak malzemelerin miktarları aşağıdaki gibidir.

Gövde dolgu hacmi.....:	84,5 x 10 ⁶ m ³
Geçirimsiz malzeme.....:	10 x 10 ⁶ m ³
Yarı geçirimsiz malzeme....:	2,3 x 10 ⁶ m ³
Filtre malzeme.....:	4 x 10 ⁶ m ³
Kaya dolgu malzeme.....:	48,7 x 10 ⁶ m ³
Karışık malzeme.....:	20 x 10 ⁶ m ³



İŞARETLER

- | | | | |
|----|-----------------------------------|---|---------------------|
| ① | ÇEKİRDEK | ④ | NEHR ALÜVYONU |
| 1a | SAM TEKİN KİL | ⑤ | KAYA DOLGU (BAZALT) |
| 1b | HAYAS BRİCK KİL | ⑥ | İRİ KAVA BLOKLARI |
| 1c | DEPOLANMIŞ MALZEME VEYA SAM TEKİN | ⑦ | KUM ÇAKIL |
| ② | GEÇİŞ ZONU - TÜVENAN ALÜVYON | ⑧ | GEÇİRİMSİZ |
| ③ | KARISIK İPLAKETLİ KIREÇ TAŞI | ⑨ | RİPRAP |

SEKİL 4. BARAJ GÖVDE ENKESİTİVE ZONLARI
ÖLÇEK : 1/2500

Dolguda kullanılacak malzemelerin aşağıdaki standartlara uygun olması istenmiştir.

Dolguda kullanılacak bazaltın granülometrisinin aşağıdaki gibi olması öngörölmüştür.

Dane boyutu(mm)	Ağırlık % geçen
800	100
600	10-100
300	40-95
150	20-60
75	10-45
50	5-40
25	0-25
10	0-10

Bazaltın granülometri eğrisinin yaklaşık olarak Nehir Alüvyonunun granülometri eğrisini paralel olması istenmektedir.

Rip-rap malzemenin ise iri bloklardan ve sağlam bazaltlardan olması istenmektedir. Bu rip-rap malzemenin;

En az % 25'i 1 tondan fazla olacaktır.

% 50'si 300 kg-1000 kg olacaktır.

% 25'i 300 kg olacaktır.

Bazalt dolgusunun ıslak durumda yerine konulup su muhtevasının % 10-20 arasında olması öngörölmüştür. Sıkışma testlerinde ise, labaratuarda elde edilen kuru birim hacim ağırlığı en az % 90'i istenilmektedir.

Kaya dolguda kullanılacak bazaltın içsel sürtünmesi ve Kohezyonu için çizelge-1 deki değerler kabul edilebilir.

Dolguda Kullanılan Bazaltın Kalitesi	Birim Hacim Ağırlık (t/m ³)	Eş Pürüzlülük (R) (o)	Ø 6 İçsel Sürtünme Açısı(o)	Kohezyon (C)
Sağlam ve çok yoğun bazalt	2,3	9	52	0
Altere olmuş sağlam bazalt	2,1	7	45	0

Çizelge 1 Bazalt Dolguda Kullanılan Malzemenin Kalitesine Göre Kabul Edilebilecek Birim Hacim Ağırlığı, Espürüzlülük, İçsel Sürtünme Açısı ve Kohezyon Limitleri.

Teknik şartnameye göre filtre ve drenaj malzemelerinin granülometrisi çizelge 2 deki gibi olacaktır.

Elek Boyutu (ASTM'ye göre)	Ağırlıkça % geçen
3 inç(76,2 mm)	85-100
1,5 inç(38,1 mm)	52,72
3/4" (19,1 mm)	36,56
1/2" (12,7 mm)	30-50
No-4 (4,78 mm)	18-38
No-5 (2,38 mm)	10-30
No-16(1,18 mm)	5-25
No-30(0,59 mm)	0-15
No-50(0,297 mm)	0-10
No-100(0,149 mm)	0-3
No-200(0,074 mm)	-

Çizelge 2 Filtre ve Drenaj İçin Kullanılacak Malzemede Aranılacak Granülometri Limitleri

Filtre ve drenaj malzemeleri dozerlerle 40-50 cm'lik tabakalar halinde serilip vibrasyonlu silindirler ile sıkıştırılır.

rılmalıdır. Malzemenin ıslak olarak dolguya yerleştirilmesi tercih edilmektedir. % 2-6 su muhtevası önerilebilir. Max su muhtevası % 10 olmalıdır. Arzu edilmeyen segregasyonların önüne geçilebilmesi için malzeme dozerle gürüklenmemeli, boşaltma esnasında segregasyonun önlenbilmesi için dip-ten boşaltmalı kamyonlar tercih edilmelidir.

ASTM D.2049-64T'ye göre rölatif sıkılığın minimum % 80'i kadar sıkışma sağlanmalıdır. Tam ölçekteki sıkıştırma testinde elde edilecek maksimum kuru yoğunluğun % 90'i kadar sıkışma sağlanmalıdır. Sıkıştırılmalar tabakalar birbirine 50 cm binecek şekilde yapılmalıdır. Filtre ve drenaj zonları çekirdek ve bazalta paralel olarak yükseltilmelidir.

Permeabilite katsayısı $k=10^{-8}$ cm/s'den düşük, likit limitleri % 50'nin üstünde olan malzeme geçirimsiz malzeme olarak dolguda kullanılabilir.

Birleştirilmiş zemin sınıflamasına(Casagrande 1948) göre GM, GC, SM, SC, ML, CL, CH türü malzemeler geçirimsiz malzemeler geçirimsiz malzeme olarak kullanılabilirler(Çizelge 3).

Geçirimsiz malzeme teknik şartnameye göre Çizelge 4 deki granüloometriye uygun olmalıdır.

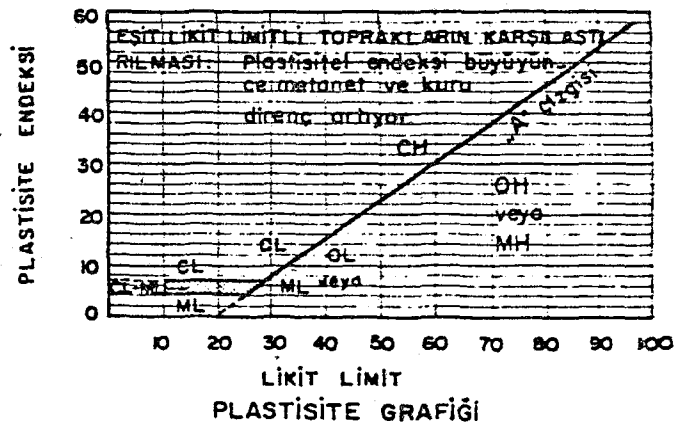
Maksimum boyut	40 mm	10 mm
12 mm	max % 20	
200 nolu elekten geçen	max % 50	Min % 70
Kil muhtevası	min % 15	Min % 25
Plastisite indisi	min % 15	Min % 20

Çizelge 4 Geçirimsiz Malzeme İçin İstenilen Granülometri

Baraj geçirimsiz kil dolgusuna başlanılmadan evvel, zemin uygun şartlara getirilmelidir. Ana kaya üzerindeki nehir alüvyonu ve yamaç molozu tamamen kaldırılmalıdır. Ana kayada herhangi bir bozuşma var ise yeterli sağlamlıktaki kayaya ulaşana kadar kazıya devam edilmelidir. Bu aşamada mümkün

BİRLEŞTİRİLMİŞ TOPRAK SINIFLAMASI
Tanımlama ve açıklama

ARAZİ TANIMLAMA İŞLEMLERİ		GURUP	SINIFSA ADLAR	TOPRAKLARIN TASVİRİ İÇİN LÜZÜMLÜ BİLGİLER	LABORATUVAR SINIFLAMA KRİTERLERİ			
1 İNÇ (7.5)cm. DEN BÜYÜK ZERRELER HARİC VE KISIMLARIN TAHMİN AĞ. GÖRE AYRIL.		SEN- BOL- LERİ +						
KAHA DANELİ TOPRAKLAR Malzemenin yarıdan fazlası 200 nolu elek çapından büyük (küçük zerreler.)	ÇAKILLAR Kaba daneli kısmın yarıdan fazlası 4 nolu elek çapından büyük (Görme halini için 1/4" boyutu 5mm.) büyük 4 nolu elek boyutuna denk olduğu kabul edilebilir.	GW	Dane boyutunda geniş mertebe ve bütün ara büyüklüklerden külliyetli miktarlar bulunması	iyi derecelenmiş çakıllar, çakıl-kum karışımları az ince daneli veya hiç ince daneli	Sınıfsal adın verilmesi, kum ve çakılın yaklaşık yüzdelerinin, maks. boyutun, köşelliliğin, kaba danelerin yüzeyel hal ve sertliğinin, yerel veya jeolojik adın ve diğer ilgili açıklayıcı bilgilerin ve sembolün gösterilmesi	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \geq 4$ $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ 1 ile 3 arası}$ <p>GW için istenen bütün şartları karşılamıyor</p>		
		GP	Bir veya bir dizi boyutların çoğunlukla olması ve bazı ara büyüklüklerin eksikli bulunması	Zayıf derecelenmiş çakıllar, kum-çakıl karışımları az ince daneli veya hiç incesiz			<p>Afterberg limitleri "A" çizgisinin altında veya PT 4 ten az.</p> <p>Afterberg limitleri "A" çizgisinin üstünde ve PT 4 ile 7 arasında da olursa sınıfta kullanılması icap eder.</p>	
		GM	Plastik olmyan ince daneliler. (Tanımlama işlemleri için aşağıda ML'e bak.)	Milli çakıllar, zayıf dereceli kum-çakıl-mil karışımları				
		GC	Plastik ince daneliler (Tanımlama işlemleri için aşağıda CL'ı bak)	Killi çakıllar, zayıf dereceli kum-çakıl-kil karışımı	Bozulmamış topraklarda tabakalaşma, sıklık derecesi, çimentalaşma, nem durumu ve drenaj karakterleri fiği hakkında bilgi verilmesi		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \geq 4$ $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ 1 ile 3 arasında}$ <p>SW için istenen bütün şartları karşılamıyor</p>	
	KUMLAR Kaba daneli kısmın yarıdan fazlası 4 nolu elek çapından küçük (Görme halini için 1/4" boyutu 5mm.) büyük 4 nolu elek boyutuna denk olduğu kabul edilebilir.	SW	Dane boyutlarında geniş mertebe ve bütün ara büyüklüklerden külliyetli miktarlar olması	iyi derecelenmiş kumlar, çakıllı kumlar az ince daneli veya hiç incesiz	ÖRNEK : Milli kum; takriben %20 sert, maksimum $\frac{1}{2}$ " boyutunda köşeli çakıl daneleri, kabadan ince daneliye kadar yuvarlak ve az köşeli kum daneleri %15 civarında düşük kuru dirençli plastik olmyan inceler, yerinde iyi sıkılmış ve nemli alüvyal kum. (SM)	<p>Afterberg limitleri "A" çizgisinin altında veya PT 4 den az.</p> <p>Afterberg limitleri "A" çizgisinin üstünde ve PT 4 ile 7 arasında ve çift sembol kullanılması icap eder.</p>		
		SP	Bir veya bir dizi boyutların çoğunlukla olması ve bazı ara büyüklüklerin eksikli bulunması	Zayıf dereceli kumlar, çakıllı kumlar az ince daneli veya hiç incesiz				
		SM	Plastik olmyan ince daneliler (Tanımlama işlemleri için aşağıda ML'e bak.)	Milli kumlar, zayıf dereceli kum-mil karışımları				
		SC	Plastik ince daneliler (Tanımlama işlemleri için aşağıda ML'e bak)	Killi kumlar, zayıf dereceli kil-kum karışımları				
		40 Nolu ELEK ÇAPINDAN KÜÇÜK KISIMLARDA TANIMLAMA İŞLEMLERİ	MILLER VE KILLER Likit limiti 50 den az.	KURU DİRENÇ (Ezilme karakteristiği)	GENLEŞME (Sızma reaksiyonu)		METANET (Plastik kıvam)	
				Yoktan hafife kadar.	Çabuktan yavaşça kadar.		Yok	ML
MILLER VE KILLER Likit limiti 50 den fazla	MILLER VE KILLER Likit limiti 50 den fazla	Ortadan yükseğe kadar	Yoktan çok çabuşa kadar	Orta	CL	Düşük plastisiteden orta plastisiteliye kadar olan organik olmyan killer, çakıllı killer, kumlu killer milli killer, saf killer.		
		Hafiften ortaya kadar	Yavaş	Hafif	OL	Organik miller ve düşük plastisiteli organik mil-killler.		
		Hafiften ortaya kadar	Yavaştan yavaşça kadar	Hafiften ortaya kadar	MH	Organik olmyan miller, mikroistli veya diatomel ince kumlu veya milli topraklar, elastik miller		
		Yüksekten çok yükseğe kadar	Yok	Yüksek	CH	Yüksek plastisiteli organik olmyan killer, yağlı killler.		
YÜKSEK ORGANİK TOPRAKLAR	MILLER VE KILLER Likit limiti 50 den fazla	Ortadan yükseğe kadar	Yoktan çok yavaşça kadar	Hafiften ortaya kadar	OH	Orta dereceden yüksek dereceye kadar plastisiteli killer		
		Renk, koku, süngerimsi doku ve lifsel bünyesi ile çoğunlukla kolayca tanımlanır.	PT	Turba ve diğer yüksek organik topraklar				



ÇİZELGE:3 BİRLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN SINIFLAMASI (Casagrande 1948)

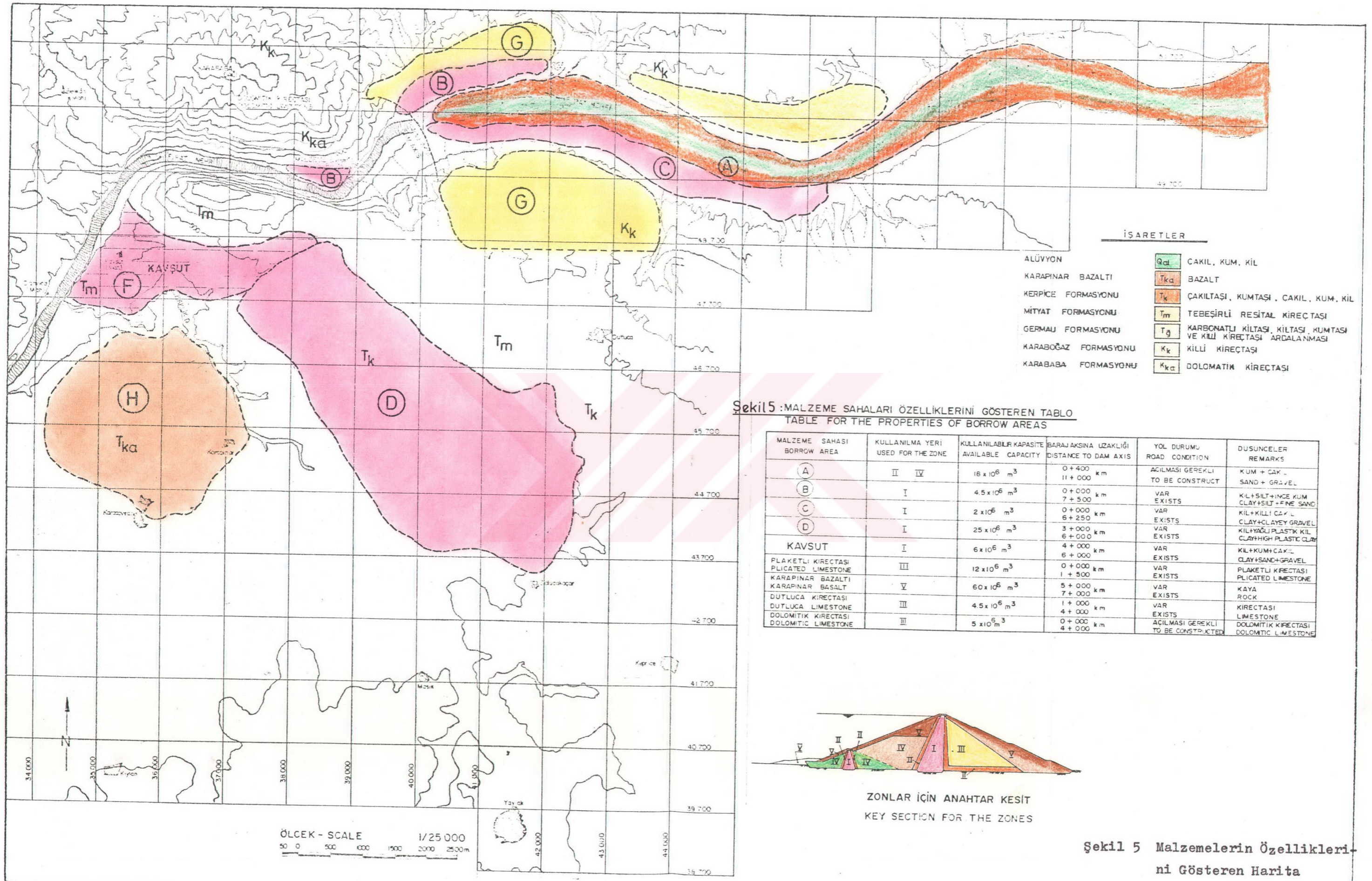
olduğunca patlayıcı kullanılmamalıdır. Geçirimsiz dolgu temelini düz olmalıdır. Bu bölgede bir takım sivriliklerin, küçük tepeciklerin, oynakların olmaması lazımdır. Bu amaçla temelde şekil verme kazıları yapılır. Ana kayadaki küçük oynaklar uygun dozlu betonla, bazen de bu tür girinti ve çıkıntılar püskürtme betonu ile doldurulur. 30-40 cm'lik tabakalar halinde serilip uygun gereçlerle sıkıştırılan kil malzeme yamaçlarda ana kaya ile kontak hatlarında tabaka kalınlığı itibariyle incelik. Ağır sıkıştırma ekipmanları ince kilin üzerinde seyrederse kayada kırılmalar olabileceği için kil tabakalarının ucu yamaç kontaklarında yukarıya doğru kalınlık olmalı, lastik tekerlekli sıkıştırma araçları, el kompaktörleri ile sıkıştırılmalıdır.

MALZEME ALANLARI

Atatürk barajının, dolgu hacminin büyük olması, malzemenin yakın çevrede ve yeterli derecede olmasını zorunlu kılmıştır. Bu yüzden malzeme araştırmaları 1977 yılından sonra daha da ayrıntılı olarak sürdürülmüştür. Farklı zonlar için uygun malzeme alanlarının belirlenmesi, alınabilecek malzeme miktarı için birçok yerinde ve laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Değişik zonlarda kullanılacak malzeme alanları haritası ek 1 de gösterilmiştir.

GEÇİRİMSİZ MALZEME ALANLARI

Bu malzeme için üç alan belirlenmiştir. Bunlardan birincisi sağ sahilde nispeten yakın jeolojik dönemlerde oluşmuş, ince daneli silt-kum ve inorganik orta plastik killi alüvyon teraslarından oluşan (B) gereç alanıdır. İkincisi Fırat'ın sol yakasında bulunan Bostancık kil ocağıdır. (C alanı), baraj eksenine en yakın yere 300 metredir. Bu malzeme ocağından yaklaşık 2.000.000 m³ malzeme alınacaktır. Üçüncüsü ise



Şekil 5 Malzemelerin Özelliklerini Gösteren Harita

Sam ve Tekin killi ocağıdır(Dalana). Çevik tepenin güney doğusundaki büyük alanda bulunur. Baraj yerine uzaklığı 3-5 kilometredir. Kırmızı renkli plastik killerdir. Bunların yanında Kavşut gereç alanında yapılan araştırmalar neticesinde bu sahanın geçirimsiz malzeme olarak kullanılabilceği saptanmıştır. Bu alanlarda kullanılabilir toplam rezerv 25.000.000 m³ olarak belirlenmiştir.

GEÇİRİMLİ MALZEME ALANLARI

Filtre malzemesi için 2 ocak tesbit edilmiştir. Bunlardan biri Çevik tepenin güneydoğusundaki Kavşut ve Sam köyleri arasındaki kum, çakıl ve silt depolarıdır. İkincisi ise baraj yerinin 500 metre mansabında başlayıp, 10 kilometre uzanan Fırat nehri alüvyonlarıdır. Buradan ortalama 25.000.000 m³ malzeme alma olanağı vardır. (A) malzeme sahası ise 2 ve 4 nolu zonda kullanılacak nehir alüvyonu sahasıdır. Bu zonların dolguda toplam hacmi 30 milyon m³ tür. Ancak bu alanlardan temin edilecek kullanılabilir malzeme kapasitesi 18 milyon m³ olarak saptanmıştır. 12 milyon m³ eksikliğin tamamlanabilmesi için Kalburcu çayı ve Göksu çayı alüvyon sahalarında malzeme araştırmaları yapılmıştır. Kalburcu çayı alüvyonu dolguda kullanılacak kalitede değildir. Göksu çayı ise baraj yerine uzaklığı, malzeme sağlanmasında düzenli nakliye güçlükleri oluşturmaktadır. 2 nolu geçiş zonu için gerekli killi nehir alüvyonu için uygun malzeme alanı yoktur. Bu zonun oluşturulması için nehir alüvyonu ile kilin belirli oranda karıştırılması düşünülmüştür.

KAYA DOLGU MALZEME ALANLARI

Kaya dolgu gereci olarak üç ocak tesbit edilmiştir. Karapaba formasyonuna ait dolomitik kireçtaşı ocağı, sağ sa-

hilde baraj aksininin mansabında bulunur. Dolomitik kireçtaşı ocağındaki bu kireçtaşları yer yer marn ve killi kireçtaşı aralanmalı çok kırıklı ve ince katmanlı bir yapı gösterir. Bazı bölgelerde, oldukça iri bloklar verecek görünümündedir. Baraj aks yerine yakın olmasından dolayı kaya dolguda kullanılması düşünülmüştür. Ancak patlatmalardaki verimlilik ve sondaj neticelerine dayanılarak dolomitik kireçtaşının dolguda kullanılamayacağı saptanmıştır.

Midyat formasyonuna ait tebeşirli refisal kireçtaşlarının oluşturduğu ocak ise baraj yerinin güneyinde ve sol sahilde bulunur. Bu kireçtaşı sıkı, iri kristalli ve dış etkenlere karşı dayanımlı bir malzemedir. Patlatma deneyleri neticesinde aralarındaki marnlı ve tebeşirli zonlar temizlendikten sonra kaya dolguda kullanılabileceği tesbit edilmiştir. Bu ocaktan 4-5 milyon m³ malzeme alınabilir.

Karapınar bazalt ocağı ise baraj yerinin güneybatısında ki Karapınar köyü dolayındadır (Ek 1). Karababa kireçtaşının kullanılma olasılığının ortadan kalkmasından sonra ve Midyat kireçtaşının yetersiz kalması sebebiyle bu ocak belirlenmiştir. Baraj yerine 4-5 km kadar uzaklıkta olan bazaltlar cuf görünümünde bazen sıkı bazen de gözenekli yapı gösterirler. Çok gözenekli bazaltların dolguda kullanılmamasından dolayı karapınar bazalt ocağındaki bu gözenekli zonlar ocak işletmesi sırasında ayıklanmaktadır. Bu ocaktan 50.000.000 m³ kaya gereci alınabilir. Bu ocağın kapasitesini belirlemek amacıyla ayrıca sondaj kuyuları açılmıştır. Bu kuyularda karot yüzdesi ve RQD belirlenmiştir. Yapılan araştırmalardan, üst zonlarda RQD değerinin % 0-33 oranında iken alt zonlarda % 40 tan fazla olduğu ortaya çıkarılmıştır.

MALZEMELERİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde, Atatürk barajı gövde dolgusunda kullanılacak malzemelerin jeoteknik özelliklerine ayrıntılı olarak değinilecektir.

KARABOĞAZ FORMASYONUNUN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Karaboğaz formasyonuna ait killi kireçtaşları barajın mansabına rastgele dolgu olarak yerleştirilmiştir. Orta sertlikte bir kaya olup, yüzeyleri parlaktır. Araştırmalarda ve inşaat esnasında bu malzemenin ayrışmaya karşı direncinin düşük olduğu gözlenmiştir. Bozuşma, donma-çözülme periodlarında ince ve kırılğan düzlemlere ayrılma şeklinde olmaktadır.

Killi kireçtaşlarının jeoteknik özelliklerini belirleme amacıyla aşağıdaki araştırmalar yapılmıştır.

- 1- Minerolojik analiz ve dağılma deneyi
- 2- Ayrışma direnci deneyleri
- 3- Kompaksiyon deneyi
- 4- Permeabilite deneyleri
- 5- Kesme mukavemeti ve formasyonun araştırılması
- 6- Direkt kesme deneyi
- 7- İçsel sürtünme açısının seçimi

Bu araştırmalardan elde edilen tüm veriler çizelge 5 ve 6 da sunulmuştur. Aşağıda bu araştırmalara ayrıntılı olarak değinilecektir.

1- MİNEROLOJİK ANALİZ VE DAĞILMA DENEYİ

Kayanın minerolojik bileşimi 4 numune üzerinde analiz edilmiştir. Açık yeşil-beyaz renkli numuneler % 65-75 ara-

ÇİZELGE- 6: Karaboğaz Formasyonunun Dolgu Sırasında Arazi
Laboratuvarında Belirlenen Jeoteknik Özellikleri

TARİH	LAB. NO.	YERİ	KOT(m)	GRANÜLOMETRİ (mm)					Dolgu γ_d t/m ³	W %	Yerinde permabilite k(cm/sn)	BASINÇ DENEYLERİ (Merkez Laboratuvarı)				
				ϕ_{max} (mm)	<100 %	<10 %	<2 %	<0.074 %								
21.8.1986		Sağ Sahil B	411.20	450	65	13	10	6	2.04	4.0						
25.8.1986		"	412.40	450	74	22	2	-	2.05	4.4						
01.9.1986		"	413.60	450	92	32	10		2.12	3.1						
11.9.1986		"	415.40	203	86	27	8		1.96	4.8						
17.9.1986	a-846	"	417.20	450	82	30	17	1	1.856	7.2						
22.9.1986	a-850	"	419.00	300	92	50	24	-	1.99	6.2						
01.10.1986		"	422.60	-	-	-	-	-	1.92	5.8						
12.3.1987		Sağ Sahil E	412.00	150	90	16	8	2	2.18	8.9						
17.3.1987	b-1	"	412.75	150	87	24	9	1	2.11	10.4						
20.3.1987	a-1	"	413.40	100	100	45	18	3	2.07	5.8						
30.3.1987	b-3	"	415.80	-	-	-	-	-	2.12	9.1						
24.3.1987		Sağ Sahil	415.00	300	64	21	17	3	-	-						
02.4.1987	a-6	Sağ Sahil E	416.40	-	-	-	-	-	2.02	5.7						
DENEY SAYISI n				10	10	10	10	6	12	12	4					
ORTALAMA \bar{x}				300	83.2	28	12.3	2.67	2.04	6.28	5.15×10^{-3}					
STANDART SAPMA σ_n				135.79	11.37	11.24	6.15	1.7	0.089	2.13	0.003607					
											γ_L t/m ³	γ_f t/m ³	Toplam Oturma % $\sigma = 0-3.2 \text{ MN/m}^2$	DEFORMASYON MODÜLÜ $\sigma = 0-1 \text{ MN/m}^2$ $\sigma = 1-2 \text{ MN/m}^2$		
6.8.1986	A	Granülom.		76.20	100	55	30	12	-	-	-	1.832	1.909	0.49	41	182
"	"	"		"	"	"	"	"	-	-	-	1.89	1.94	0.14	164	547
"		Granülom.B		76.20	100	31	14	0	-	-	-	1.56	1.69	0.709	29	47
"	"	"		"	"	"	"	"	-	-	-	1.80	1.85	3.76	83	83

sı kalsit, % 20 kuvarz, % 3-10 kaolint, koyu renkli numuneler ise % 55-65 arası kalsit, % 20-40 arası kuvarz, % 0-5 arası kaolint simectit ihtiva etmektedir. Bu az farklı mine-rolojik bileşimin jeoteknik araştırmalar neticesinde elde edilen verilere etkisi fazla değildir. Malzemenin ayrışmaya karşı düşük mukavemette oluşu kaolinin ve simectit'in varlığından kaynaklanmaktadır. Ayrıca yapılan pinhole deneyleri rastgele dolguda kullanılan ince malzemenin suda dağılgan olmadığını ortaya koymuştur.

2- AYRIŞMA DİRENCİ DENEYLERİ

Los-Angles deneyinde 500 devirden sonra malzeme kaybı % 85 olmuştur. Sağlamlık deneylerinde min % 20, max % 65 malzeme kaybı tespit edilmiştir. Bu değerler killi kireçtaşının mukavemetinin düşük olduğunu ve çok değişken olduğunu göstermiştir.

Laboratuardaki sıkıştırma deneyleri esnasında çakıl sınıfına giren malzemenin ayrışmayı % 5-10 arasında artırdığı gözlenmiştir.

Ayrışma 5. ıslatma-kurutma periodunda meydana gelmiştir. Malzemenin yapılan üç eksenli kesme deneylerinde de kırılma oldukça yüksek olmuştur. % 15-25 ki bu değer oldukça yüksektir.

3- KOMPAKSİYON DENEYİ

Sıkıştırmadan sonra kaba daneli malzemelerin birim hacim ağırlığı, granülometriye, sıkıştırma için verilen basınç enerjisine, maksimum dane çapına, toplam ince malzemeye ve üniformluluk derecesine bağlıdır.

Karlsruhe-DSİ. TAKK da yapılan deney sonuçlarına göre \emptyset 32 mm den geçen standart proctor ile sıkıştırılmış malzemenin kuru birim hacim ağırlığı ($\emptyset k$)=1,80-1,90 t/m³ arasında

değişmektedir. Modifiye proctor enerjisi tatbik edilmiş, deneylerin kuru birim hacim ağırlığı ise $1,85 \text{ t/m}^3 - 2,04 \text{ t/m}^3$ 'e kadar çıkar.

Labaratuar deney sonucu elde edilen değerler aşağıda belirtilen formülle düzeltilmelidir. Zira yukarıdaki değerler yalnız $\emptyset 32$ lik elekten geçen malzemeler için geçerlidir. Arazideki malzemenin içinde iri malzeme vardır. Ve bu miktar birim hacim ağırlığı etkileyen en önemli faktördür.

$$\delta'_k = \frac{\delta_k \times \delta_s}{\bar{u} \times \delta_k + (1 - \bar{u}) \delta_s}$$

δ'_k = Düzeltilmiş kuru birim hacim ağırlık

δ_k = Maksimum dane çapı belli kuru birim hacim ağırlık (Labaratuar değerleri)

\bar{u} = İri malzeme (kabul edilen elek çapı $\emptyset 32$ lik eleğin üzerinde kalan malzeme)

δ_s = Dane birim hacim ağırlığı

Malzemenin dolguya konulması esnasında elde edilen granulometride elek üstü % 40'lara ulaşmaktadır. Özgül ağırlığın 2,65 olması için düzeltilmiş kuru birim hacim ağırlık çizelge 7 de gösterilmiştir.

Labaratuar max kuru birim hacim ağırlığı $\emptyset = 32$		Düzeltilmiş birim hacim ağırlığı dolguda kullanılan killi kireçtaşı malzemelerinin tamamı için	
Standart Proctor	Modifiye Proctor	Standart Proctor	Modifiye Proctor
$1,80 \text{ t/m}^3$	$1,85 \text{ t/m}^3$	$2,06 \text{ t/m}^3$	$2,10 \text{ t/m}^3$
$1,90 \text{ t/m}^3$	$2,04 \text{ t/m}^3$	$2,19 \text{ t/m}^3$	$2,25 \text{ t/m}^3$

Çizelge 7 Dane Birim Hacim Ağırlığın $2,65 \text{ t/m}^3$ Olması İçin Düzeltilmiş (δ'_k) Kuru Birim Hacim Ağırlık

Malzemenin dolguya yerleştirilmesinden sonra, modifiye proctor deneyinde belirtilen sıkıştırmanın % 91-97 si elde edilmiştir.

4- GEÇİRGENLİK DENEYİ

Labaratuarlarda yapılan deneyler sadece düşey geçirgenliği kapsamaktadır. Arazide yapılanlarda ise yatay geçirgenlik söz konusudur. Yatay geçirgenliğin düşey geçirgenliğe göre 10 kat fazla olduğunu arazide yapılan deney gözlemlerine dayanarak söylenebilir. Bu nedenle yukarıda tesbit edilen $10^{-3} - 10^{-2}$ cm/s lik arazi geçirgenlik değerleri doğru kabul edilebilir. Geçirgenlik değerlerinin lokal bazı bölgelerde düşük çıkması bu bölgelerde ince malzeme oranının yükselmesi ile açıklanabilir.

Deney	Malzeme D 15 mm	Geçirgenlik(k) (cm/s)
Ankara Labaratuari	0,07	$2 \times 10^{-6} - 7 \times 10^{-6}$
Karlsruhe Lab.	0,35-0,5	$1 \times 10^{-5} - 8 \times 10^{-5}$
Arazi deneyleri (Yerleştirdikten sonra)	1-10	$10^{-3} - 10^{-2}$

Çizelge 8:Geçirgenlik Katsayısının Malzemenin Dane Çapına Bağlı Olarak Değişimi.

Bu deney sonuçları maksimum dane çapının geçirgenliğe olan etkisini açıkça göstermektedir(Çizelge 8).

5- KESME DİRENCİ VE DEFORMASYON YETEĞİ

Deney neticeleri, killi kireçtaşının, ayrışma, bozulma direncinin düşük olmasına karşılık kesme direncinin oldukça yüksek olduğunu göstermiştir.

Elde edilen minimum ve maksimum değerler çizelge 9 da gösterilmiştir.

ϕ (Dane çapı)	Birimi	Ankara ϕ Max 19 mm	Karlsruhe ϕ Max 100 mm
Malzeme ϕ 200	%	22 - 23	0 - 7
ϕ_{Max}	($^{\circ}$)	38,5 $^{\circ}$	42,4 $^{\circ}$
c	MN/m 2	0,16	0,03
ϕ_{Min}	($^{\circ}$)	38 $^{\circ}$	39,6 $^{\circ}$
c	MN/m 2	0,1	0

Çizelge 9 Killi Kireçtaşının Jeoteknik Özellikleri

Deney neticeleri birbirine yakın değerler verdiği için güvenilirlerdir. Killi kireçtaşları % 35 kil ve silt ihtiva etmelerine rağmen kesme mukavemetleri oldukça yüksek bulunmuştur.

Deviatör gerilimlerini meydana getiren direnç değerleri malzemenin % 6-10 arasında uzama yaptığı andaki gerilmelerdir. Maksimum Deviatör gerilmelerinin oluşabilmesi için % 16 nın üstünde deformasyon gerekmektedir.

Kırılma noktaları düzgün bir doğru olarak tahmin edilmiştir. Kayma direnci ise kohezyona(C) ve içsel sürtünme açısına (ϕ) bağlıdır.

Baraj dolgularının dış yüzlerinde meydana gelen kayma gerilmeleri hesaplanırken içsel sürtünme açısı $\phi=0$ kabul edilmektedir. Bu nedenle deneylerde de içsel sürtünme açısı $\phi=0$ alınabilir.

Killi kireçtaşının kayma mukavemet değerleri aşağıda(Çizelge 10) verilmiştir.

σ_3 (MN/m ²)	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$	φ°	σ_N'
0,3	0,72	1,02	44,9	0,51
0,6	1,33	1,93	43,6	1,00
0,9	1,95	2,85	43,1	1,52
1,2	2,46	3,66	42,2	2,01

Çizelge 10 Killi Kireçtaşının Kayma Direnci

$$\sigma_N' = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cdot \sin \varphi$$

σ_N' = Kayma düzlemindeki normal gerilme

6- DİREKT KESME DENEYİ

Direkt kesme deneyleri malzemenin esas içsel sürtünme açısını tayin etmek için killi kireçtaşının geometrik olarak kesilmesiyle elde edilen numuneler üzerinde yapılmıştır.

Esas sürtünme açısı (ϕ) Burton-kzaernasky'nin(1975) önermiş olduğu eş pürüzlülük metodu ile bulunmaktadır. Bu yöntem şev yüzlerinde herhangi bir yük ve bir basınç olmadan tam drene edilmiş bir ortamda tatbik edilmektedir.

Eş Mukavemet: Daha sonra kullanılması düşünülen malzemenin kayma mukavemetine tekabül edecek dirençtir. d50(malzemenin % 50 sinin geçtiği dane çapına) ve malzemenin tek eksenli basınç mukavemetine bağlı olarak tayin edilir. Killi kireçtaşı için eş mukavemet şekil 6 da belirtilmiştir.

Eş Pürüzlülük: Daha sonra kullanılması düşünülen malzemenin pürüzlülüğüne tekabül edecek pürüzlülük demektir. Malzemenin orijinine, yuvarlaklık derecesine, kayganlığına ve sıkılaşmada sonraki poroziteye bağlı olarak Barton-Ksaernsli tarafından hazırlanan şekil 7 deki tablodan bulunur. Tablo öncelikle malzemenin elde edilişi ki bunlar ocak kayası, yamaç

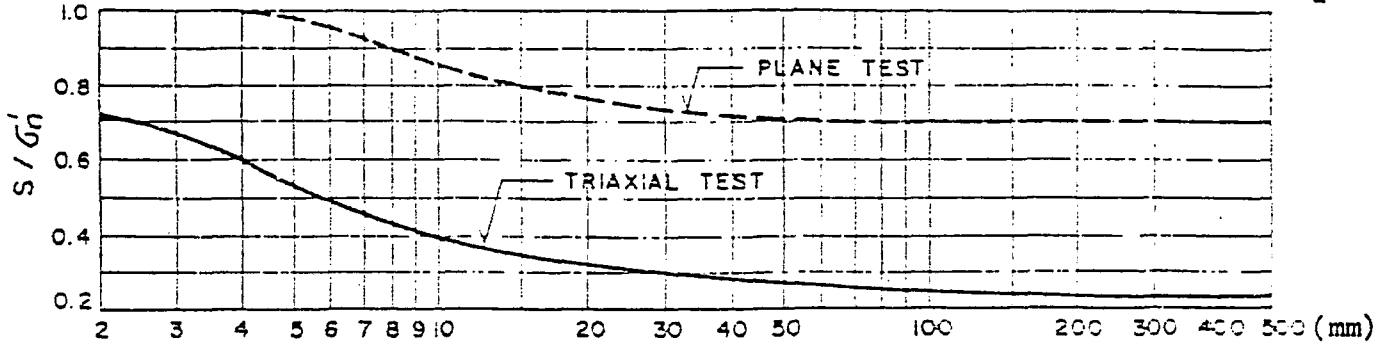
$$\phi' = R \cdot \log\left(\frac{S}{\sigma_n'}\right) + \phi_b$$

S = KESME DİRENCİ

σ_n' = Efektif normal gerilme.

ϕ_b = Esas içsel sürtünme açısı.

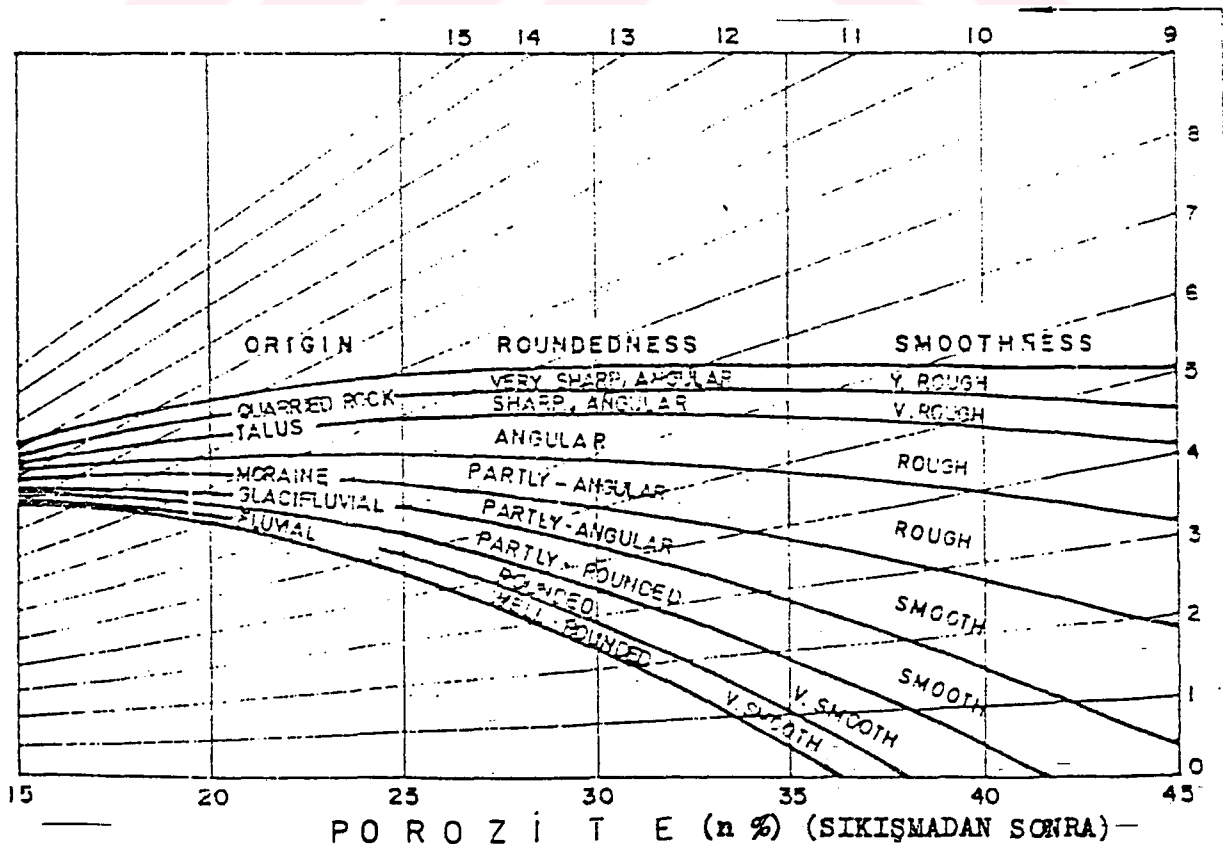
(N. BARTON B. KJAERNSLI Temmuz 1981)



d50 PARÇA BÜYÜKLÜĞÜ (mm)

Şekil-6 = Tek eksenli basınç mukavemetine bağlı olarak kaya dolgunun eş mukavemet grafiği.

(Malzemenin % 50 sinin geçtiği dane çapına göre belirlenmiştir.)



POROSİTE (n%) (SIKIŞMADAN SONRA)

Şekil 7 Kaya dolgunun porozitesine Malzemenin orijinine ve yuvarlaklık derecesine,

molozu, Buzul moreni, Buzul nehri çökeltileri, nehir alüvyonu oluşuna göre, malzemenin yuvarlaklık derecesine göre, çok keskin köşeli, keskin köşeli, köşeli, kısmen köşeli, mevzii köşeli, kısmen yuvarlak, yuvarlak, tam yuvarlak, düzgünlük(kayganlık) aşırı derecede pürüzlü, çok pürüzlü, pürüzlü, düzgün, çok düzgün oluşuna göre o bölgede sıkıştırılmadan sonraki porrozite ile kesiştirilir. Yukardan veya sağ kadrandan okunur. Killi kireçtaşı için eş pürüzlülük şekil 7 de belirlenmiştir.

Killi kireçtaşıyla yapılan rastgele dolgu için aşağıdaki değerler kabul edilebilir.

Esas sürtünme açısı(ϕ); Karlsruhe de 40° olarak tesbit edilmiştir. Ancak yüksek görülmektedir.

Efektif içsel sürtünme açısı ϕ nün emniyetli bir değer olabilmesi için(ϕ)'= 35° alınması önerilebilir.

Eş mukavemet(S); ortalama dane çapı d50 ve 7-9 mm olması halinde $\frac{s}{c}=0,25$ olur. Basınç mukavemetinin $20-40 \text{ MN/m}^2$ olması halinde eş mukavemet $5-10 \text{ MN/m}^2$ olmaktadır.

δ_n = Ortalama : n= % 23

δ_n = Max : n= % 30

Kaygan ve çok kaygan arasındaki dane yüzleri için eş pürüzlülük değerleri R=3-6 arasında elde edilmiştir. Bu değerlere dayanarak içsel sürtünme açıları elde edilmiştir(Çizelge 11).

Normal Gerilme $\sigma = \text{MN/m}^2$	İçsel Sürtünme Açısı		
	$\phi=35^\circ$	35°	40°
	s=5 MN/m ² R=3	10 MN/m ² 6	10 MN/m ² 6
0,1	40°	47°	52°
1,0	37°	41°	46°
10,0	34°	35°	40°

Çizelge 11 Killi Kireçtaşında Eş Pürüzlülüğe ve Normal gerilmeye bağlı olarak İçsel Sürtünme Açısının Değişimi

7- İÇSEL SÜRTÜNME AÇISININ SEÇİMİ

İçsel sürtünme açıları üç eksenli deney sonuçlarına göre eş pürüzlülük metodu ile hesaplanmıştır(Şekil 8).

Üç eksenli deneyden elde edilen içsel sürtünme açısı(ϕ) kısmen gerilmelere bağlıdır. Üç eksenli deney neticeleri ile eş pürüzlülük metodu ile elde edilmiş içsel sürtünme açısı arasında iyi bir korelasyon vardır. Deney sonuçları birbirine yakın değerler verdiği için güven vericidir. Ortalama içsel sürtünme açısı minimum ve maksimum gerilmelere bağlı 42° ile 50° arasında değişmektedir. En düşük içsel sürtünme açısı 40° nin altındadır.

Malzemenin ayrışma direncinin düşük olduğu gözönüne alınarak deney neticelerinin daima en düşük sınırdaki değerlerinin kullanılması önerilebilir. Mohr zarfında gördüğümüz kayma ve normal gerilmeler arasındaki ilişki aşağıdaki formülle gösterilmiştir.

S= Kesme direnci

C= Kohezyon

σ_N = Efektif gerilme

ϕ_1 = Atmosfer basıncı altında kayma açısı($0,1 \text{ MN/m}^2$)

$\Delta\phi$ = Her logaritmik devredeki içsel sürtünme açısının azalması.

$$s = c + \sigma_N' \cdot \text{tg} \left(\phi_1 - \Delta\phi \log \frac{\sigma_N'}{P_a} \right)$$

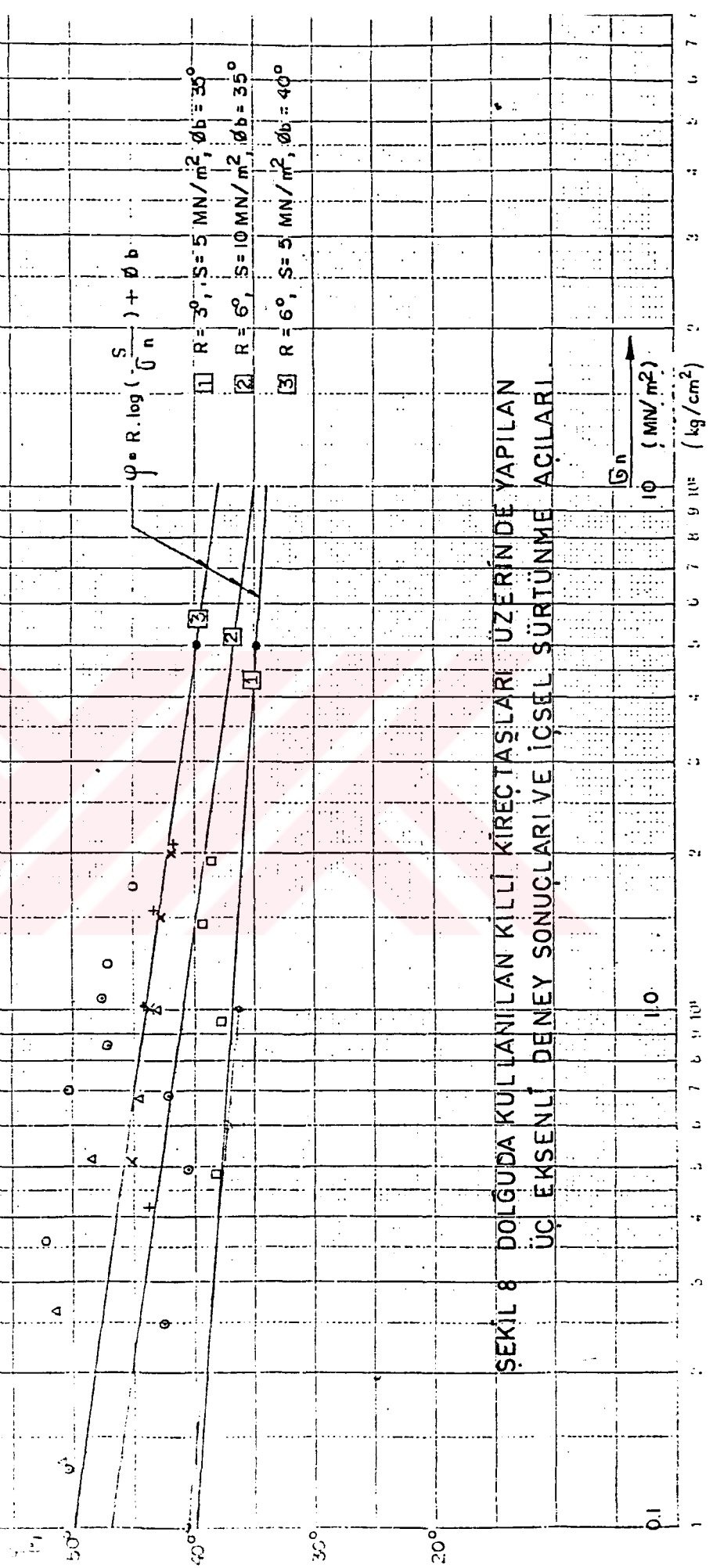
P_a = Atmosfer basıncı

Killi kireçtaşı için bütün deney sonuçlarının alt sınırı alınarak bulunan $c=0$, $\phi_1=40^\circ$, $\Delta\phi=3$ değerlerinin kullanılmasını önerilebilir.

KARAPINAR BAZALTININ JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Bazalt dolgusu ile ilgili laboratuvar çalışmaları daha ziyade malzemenin kesme direncinin belirlenmesi doğrultusunda

kartısyha numune A1
 " " A2
 " " B1
 " " B2
 " " 41
 " " 49
 ANKARA



ŞEKİL 8 DOLGUDA KULLANILAN KILLİ KIREÇTAŞLARI ÜZERİNDE YAPILAN ÜÇ EKSENLİ DENEY SONUÇLARI VE İÇSEL SÜRTÜNME AÇILARI.

aşağıdaki araştırmalar yapılmıştır. Deney sonuçları çizelge 13-14 de özetlenmekle birlikte yorumlama çizelge 12 yapılmıştır.

Deney için numune alınan dolgu yeri ve tabaka kalınlığı	Granülometri			Birim hacim ağırlığı n t/m ³	Geçirgenlik k(cm/s)
	Ø max(cm)	50 mm(%)	10 mm (%)		
Serbest drenajlı bazalt mansab kabuk dolgusu 410 kotu altında tabaka kalınlığı 1,5 m	60-90	20-40	4-13	2,09-2,49	>10 ⁰
Altere bazalt memba kabuk dolgusu tabaka kalınlığı 0,80 m	40-70	20-50	3-15	2,17-2,40	~10 ⁻¹
Sağlam bazalt tabaka kalınlığı 1,2 m	60-80	15-40	2-10	2,07-2,44	~10 ⁻¹
İnce bazalt tabaka kalınlığı 0,60 m	30-60	45-60	10-17	2,16-2,49	~10 ⁻¹

Çizelge 12 Bazalt için Tabaka Kalınlıklarına Göre Arazide Yapılan Deneyler ve Sonuçları

1- ÜÇ EKSENLİ DENEY

İki seride yapılan üç eksenli kesme deneyinde malzeme birim hacim ağırlığının kesme gerilmesine ve gerilme uzama hareketine tesiri büyük oranda belirlenmiştir. İlk deney serisinde malzemenin ortalama birim hacim ağırlığı 2,28 t/m³ iken içsel sürtünme açısı $\phi=40,3^{\circ}$ bulunmuştur.

Düşük basınç altında maksimum kesme direncine ve % 3-4 oranında eksenel uzamaya ulaşılmıştır.

ÇİZELGE - 13: Bazalt Dolgu için D.S.i-TAKK ve Karlsruhe'de Yapılan Deneyler

Laboratuvar Yeri	GRANÜLOMETRİ (mm)					ÜÇ EKSENLİ DENEY		DİREK KESME DENEYLERİ									
	Ø _{max} (mm)	<150 %	<50 %	<10 %	<2 %	χ _d t/m	φ (°)	C MN/m	DOYMA MIŞ φ (°)		DOYGUN φ (°)						
KARLSRUHE E	üç eksenli deneylerden önce																
	100	100	80	11	2	2.30	40.3	0.25		44							
	üç eksenli deneylerden sonra																
D.S.i-TAKK	100	100	83.90	25.34	9.11	2.06	36.8	0.09		41							
								GURUP	I	28	32	29	26	19	27	30	23
									II	23	24	19		33	30	29	
									III	32.5	23.5	32		31.5	28	27	
									IV	28	28	22		31	30	34	
							V		27.5	31.5	26		31	32	24		

ÇİZELGE-14 : Dolgu Yapımı Esnasında Arazi Laboratuvarında Yapılan Deneyler

	TABAKA KALINLIĞI (m)	G R A N Ü L O M E T R İ (mm)					DOLGUDAKİ ÖZELLİĞİ	
		Ømax (mm)	< 150 %	< 50 %	< 10 %	< 2 %	d t / m	k cm/sn
Mansap kabukta 410 kotunur altında serbest drenajlı BAZALT	1.50	600-900		20-40	4-13		2.09-2.49	>10°
DENEY SAYISI n		6	6	6	6		6	2
MIN-MAX SINIR		900	35-66	25-47	5-13		2.09-2.49	
ORTALAMA \bar{x}		66.4	53	30	7		2.29	10°
STANDART SAPMA σ_n		12.3	10.5	7.90	3.0		0.15	0.04
Mamba kabukta kullanılan az bozmuş BAZALT	0.80	400-700		20-50	3-15		2.17-2.40	~10 ⁻¹
DENEY SAYISI n		23	23	23	23		22	6
MIN-MAX SINIR		700	42.5-76	18-25	3-11		2.17-2.40	
ORTALAMA \bar{x}		59.3	63	35	7		2.29	~10 ⁻¹
STANDART SAPMA σ_n		9.7	11.3	8.0	3.10		0.09	0.04
SAĞLAM BAZALT	1.20	600-800		15-40	2-10		2.07-2.44	~10 ⁻¹
DENEY SAYISI n		21	21	21	21		21	4
MIN-MAX SINIR		800	40-70	17-37	2-11		2.07-2.44	
ORTALAMA \bar{x}		66.3	55	27	6		2.23	~10 ⁻¹
STANDART SAPMA σ_n		6.7	8.9	7.9	3.0		0.09	0.06
İYİ BAZALT	0.60	300-600		45-60	10-17		2.16-2.49	~10 ⁻¹
DENEY SAYISI n		12	12	12			12	1
MIN-MAX SINIR		600	70-89	45-60	10-17		2.16-2.49	
ORTALAMA \bar{x}		45	79	51	13		2.37	10 ⁻¹
STANDART SAPMA σ_n		14.3	5.9	5.8	4.3		0.11	0

Uzamanın artması kesme mukavemetinin azalmasıyla ortaya çıkmıştır. İkinci seri deneylerinin başlangıcında numune 2,06 t/m³ birim hacim ağırlıkta iken içsel sürtünme açısı $\phi=36,8^{\circ}$ elde edilmiştir.

Deneyler aksenal uzamanın % 10'a ulaşmasıyla maksimum kayma direncine ulaşılmadan neticelendirilmiştir.

Numune içindeki küçük parçalar yüksek basınç altında kırılmıştır. Malzemenin granülometrisinde test öncesine göre % 10-20'ye varan granülometrik değişimler gözlenmiştir. Bunu malzemenin temini esnasında ince parçaların daha fazla muameleye tabi tutulması ve malzemenin yorulmasıyla açıklanabilir.

Karlsruhede yapılan deney raporunda verilen kesme direncinin içsel sürtünme açısı sabit değeri ile belirtilmiştir. Bu durumda ancak çok yüksek basınçta yeterli doğruluk elde edilebilmektedir.

Numunenin Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³)	σ_3 (MN/m ²)	q (MN/m ²)	p (MN/m ²)	ϕ (°)	σ_N (MN/m ² (1 MN/m ² =10 bar))
2,25	0,2	0,91	1,11	51,1	0,36
2,25	0,4	1,18	1,58	48,3	0,70
2,13	0,7	1,61	2,31	44,2	1,19
2,28	1,0	2,36	3,36	44,6	1,70

Çizelge 15 Kesme Dirençlerinin İçsel Sürtünme Açısına ve Birim Hacim Ağırlığına Bağlı Olarak Değişimi.

Düşük Sürtünme Açısı düşük birim hacim ağırlığına bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Çizelge 15-16 de ölçümü yapılan kesme direnci, sürtünme açısına ve birim hacim ağırlığına bağlı olarak ifade edilmiştir.

Numunenin Birim Hacim Ağırlığı (t/m ³)	σ_3 (MN/m ²)	q (MN/m ²)	P (MN/m ²)	φ (°)	σ_N (MN/m ²)
2,04	0,2	0,49	0,69	45,2	0,34
2,08	0,4	0,78	1,18	41,4	0,66
2,07	0,7	1,24	1,94	39,7	1,15
2,04	1,0	1,57	2,57	37,6	1,61
$P = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3) \quad q = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) \quad \sigma_N = P - q \cdot \sin \varphi$					

Çizelge 16 Karlsruhe'de Yapılan Deneylerde Kesme Dirençlerinin İçsel Sürtünme Açısına Bağlı Olarak Değişimi

2- DİREKT KESME DİRENCİ

Esas içsel sürtünme açısı Karlsruhe laboratuvarında iki numune üzerinde 44° ve 41° olarak tesbit edilmiş olup bu değerler Ankara'da bulunan =28° (ortalama) ye göre oldukça yüksektir.

Deney neticelerinin % 75'i 26°-34° arasında, % 19'u 22°-24° arasındadır. İki deney neticesi % 6 (çok düşük 19°) verilmiştir.

Eş Pürüzlülük metodu için aşağıdaki değerler kabul edilebilir.

Esas İçsel Sürtünme Açısı $\phi_b = 28^\circ / 30^\circ$

Eş kesme mukavemeti (s)

S=100 MN/m² d50=15 mm (Lab. Granülometri testi) s=40

d50=100 mm (Yerinde test) s=25

Eş Pürüzlülük

2,06-2,30 t/m³ birim hacim ağırlığı ve 2,85 ortalama özgül ağırlık için porozite % 28-% 20 olarak elde edilmiştir. Pürüzlülük ve dane şekli itibariyle bazalt dolgusunda pürüzlülük değerleri R=7-9 kabul edilebilir.

Bu değerlere dayanarak içsel sürtünme değerleri elde edilmiştir(Çizelge 17).

Normal Gerilme (MN/m ²)	İçsel Sürtünme Açısı	
	Øb=28°	Øb=30°
	R= 7	R= 9
	S= 25	s= 25 MN/m ²
0,1	45°	52°
1,0	38°	43°
10,0	31°	34°

Çizelge 17 Karapınar Bazaltının eş pürüzlülük değerlerine Göre Sürtünme Açılarının Değişimi

3- İÇSEL SÜRTÜNME AÇISININ SEÇİMİ

Üç eksenli deneylerde ve eş pürüzlülük metodundan elde edilen içsel sürtünme açıları şekil 9 da gösterilmiş ve aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

- İçsel sürtünme açısı kesinlikle gerilmelere bağlıdır.
- İki farklı metodla elde edilmiş içsel sürtünme açıları birbirine çok yakındır.
- İçsel sürtünme açıları birim hacim ağırlığına bağlıdır.

Kesme direnci şu formülle bulunur.

s= Kesme direnci

c= Kohezyon

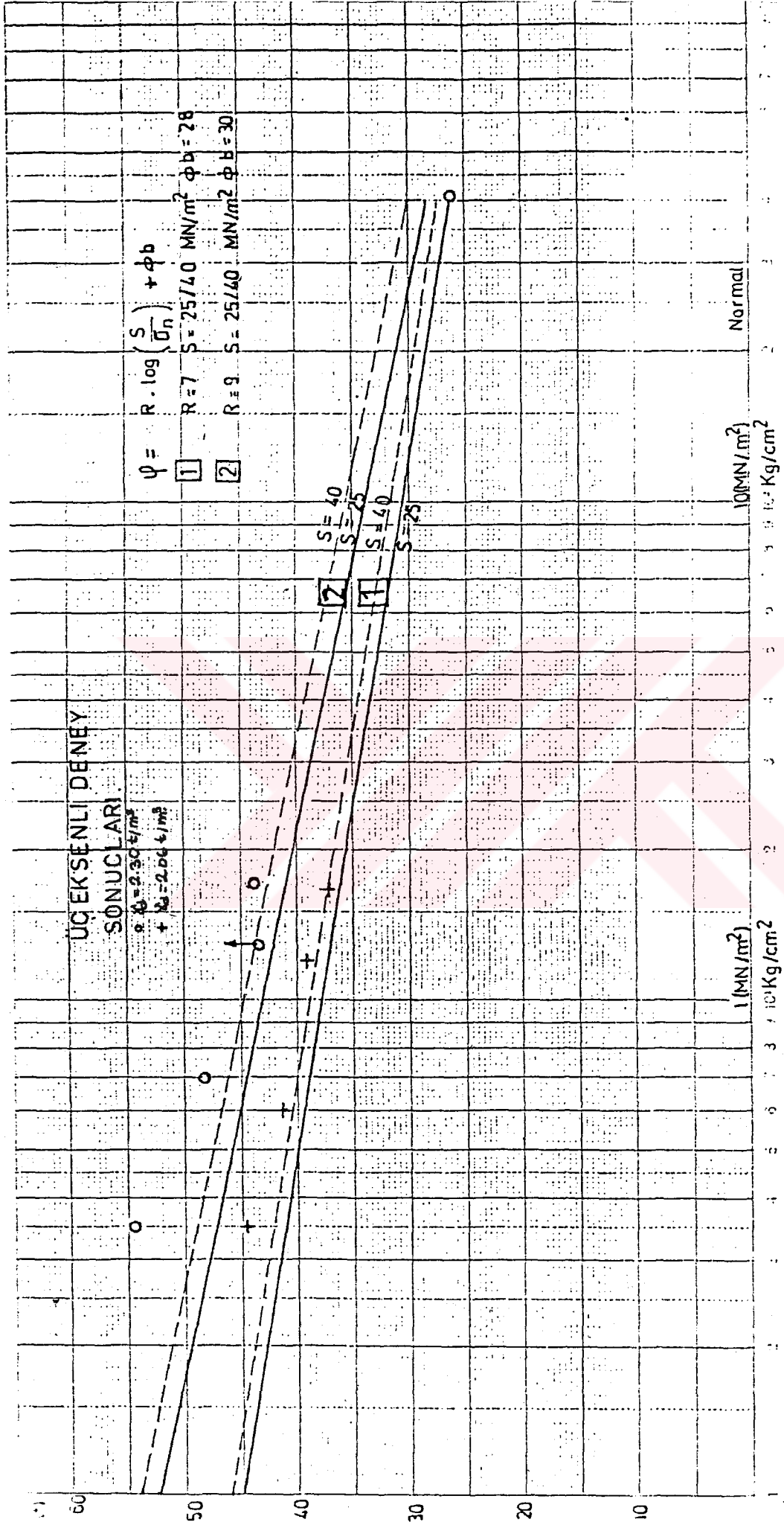
σ_N' = Efektif normal gerilme

C= Atmosfer basıncı altında malzemenin içsel sürtünme açısı(0,1 MN/m²)

ÜÇ EKSENLİ DENEY
SONUÇLARI

$\phi_b = 2.30 \text{ t/m}^2$
 $+ \phi_b = 2.06 \text{ t/m}^2$

$\psi = R \cdot \log \left(\frac{S}{\sigma_n} \right) + \phi_b$
1 $R=7$ $S=25/40$ MN/m^2 $\phi_b=28$
2 $R=9$ $S=25/40$ MN/m^2 $\phi_b=30$



Teilung | 1 - 1000 Einheit | 50 mm
Logar. Division | 1 - 1000 Einheit | 50 mm

SEKİL 9 = ÜÇ EKSENLİ DENEYLERDEN EŞ PÜRÜZLÜK ME TUDUY LA
ELDE EDİLEN İÇSEL SÜRTÜNME AÇILARI.

$\Delta\phi$ = içsel sürtünme açısı düzeltme katsayısı

P_a = Atmosfer basıncı

$$S = c + \sigma_N' \cdot \text{tg} (\phi - \Delta\phi \cdot \text{Log} \frac{\sigma_N'}{P_a})$$

ALÜVYONUN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Alüvyonun jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla aşağıdaki araştırmalar yapılmıştır.

- 1- Granülometri, birim hacim ağırlık, geçirgenlik
- 2- Kesme direnci
- 3- Filtre deneyleri

Bu araştırmalardan elde edilen tüm veriler çizelge 18-19 da sunulmuştur.

1- GRANÜLOMETRİ, BİRİM HACİM AĞIRLIK, GEÇİRGENLİK

Kontrol için arazide yapılan elek analizlerine dayanılarak nehir alüvyonu birleştirilmiş sınıflandırmaya (Casagrande 1948) göre iyi derecelenmiş kum çakıl (GW, SW) olarak tanımlanabilir. İçinde az miktarda veya yok kabul edilecek miktarda kil, sil boyundaki ince malzemeye rastlanmıştır. Bu malzemenin özelliği gradasyon çizgisinin 0,5-1,5 mm civarında sapma yapmasıdır. Kalın kum olarak isimlendirdiğimiz 0,5-1,5 mm dane çapındaki malzemenin az olduğu gözlenmiştir.

Birkaç labaratuarda yapılan min. ve max birim hacim ağırlık deneylerinde elde edilen değerler birbirine yakındır.

Bu değerlerle dolguya yerleştirildikten sonra yapılan deney sonuçlarının karşılaştırılmasındaki çok tatmin edici birim ağırlıklar elde edilmiştir. Bu değerler aşağıda gösterilmiştir.

DENEY YAPILAN YER	G R A N Ü L O M E T R İ						Kuru birim hacim ağırlık			KONSOLİDASYON DENEYLERİ				ÜÇ EKSENLİ DENEYLER		
	Ømax (mm)	< 32 %	< 4 76 %	< 2.38 %	< 0.59 %	< 0.074 %	Ø _{kmin} t/m ³	Ø _{kmax} t/m ³	W %	Ø _i t/m ³	Deformasyon Mod MN/m ²		k cm/sn	Ø (°)	C MN/m ²	Ø _d t/m ³
											Ø=0.4-0.8	Ø=1.6-3.2				
KARLSRUHE(Nehir Alüvyonu)	63-100	70-81	30-33	21.27	16.18	1	2.10	2.42	0					39.6	0	20
							1.78	2.26	3.4							22.5
ANKARA (Nehir Alüvyonu)	76	89	25	20	12	2		2.44								
	20	100	34-43	23-32	15-23	0-3				2.04	50	121	1.10 ⁻³			
	20	100	59-61	42-47	25-28	4-6				2.07	55	177	4.10 ⁻⁵			
	20	100	90	68	45-46	0.8				2.09	45	144	7.10 ⁻⁵			
KALBURCU	76	90	29	22	11	3								38	0.195	
ALÜVYON	20	100	43	32	19	6										

ÇİZELGE-18: Nehir Alüvyonu için KARLSRUHE ve DS.İ-TAKK da Yapılan Deneyler.

CİZELGE-19: Nehir Alüvyonu ve 2A 2B Filtreleri için

Şantiyede Yapılan Deneyler

TARİH	LAB NO	YER	KOT	G R A N Ü L O M E T R İ (mm)						DOLGUDAKİ ÖZELLİKLERİ			MIN-MAX. YOĞUNLUK		
				Ømax (mm)	< 32 %	< 4.76 %	< 2.38 %	< 0.59 %	< 0.074 %	δ _d t/m ³	W %	k cm/sn	δ _{dmin} t/m ³	δ _{dmax} t/m ³	W %
14.1.1987	170		425	102	75	33	27	21	1						
22.6.1987	253			75	85	54	51	46	0						
"	"			"	92	60	58	48	1						
"	252		405.50	"	92	45	36	20	1						
DENEY SAYISI n				12		16	11	11	16						
ORTALAMA \bar{x}				102		34	30	20.5	0.6						
STANDART SAPMA $\sqrt{\sigma_{n-1}}$				2.7		9.77	10.5	10.5	0.20						

Ana Gövde
Batardo

ALÜVYON

MERKEZ LABORATUARI	G R A N Ü L O M E T R İ (mm)										DOLGUDAKİ ÖZELLİKLERİ			MIN-MAX YOĞUNLUK		
	Ømax (mm)	< 9.52 %	< 4.76 %	< 2.38 %	< 1.19 %	< 0.59 %	< 0.297 %	< 0.149 %	< 0.074 %	< 0.02 %	δ _d t/m ³	W %	k cm/sn	δ _{dmin} t/m ³	δ _{dmax} t/m ³	W %
DENEY SAYISI n	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	125	125				
MIN-MAX SINIR	19.1											2.8 - 9.1				
ORTALAMA \bar{x}	19.1	88.3	73.7	63.2	56	45	21	7	1		2.06	5.3	10 ⁻²	1.74	2.10	3.8
STANDART SAPMA $\sqrt{\sigma_{n-1}}$	0	1.4	2.0	2.8	3.4	4.5	3.3	2.1	0.5		0.60	1.4				

2A FİLTRE

MERKEZ LABORATUARI	G R A N Ü L O M E T R İ (mm)							DOLGUDAKİ ÖZELLİKLERİ			MIN-MAX YOĞUNLUK		
	Ømax (mm)	< 38.1 %	< 19.1 %	< 9.52 %	< 4.76 %	< 2.36 %	< 1.19 %	δ _d t/m ³	W %	k cm/sn	δ _{dmin} t/m ³	δ _{dmax} t/m ³	W %
DENEY SAYISI n	12	12	12	12	12	12	12	21	21				
MIN-MAX SINIR	76.2	75-83	50-74	23-43	10-14	0-7.5	0-2.5		1.1-2.0				
ORTALAMA \bar{x}	76.2	85	61	34	15	4	1	2.16	1.38	10 ⁻¹	1.85	2.20	1.80
STANDART SAPMA $\sqrt{\sigma_{n-1}}$	0		8.4	6.8	4.2	2.7	1.3	0.10	0.08				

2B FİLTRE

Max. t/m ³	Min. t/m ³	Yerinde Birim Hacim Ağırlık t/m ³	Rölativ Sıkılık Dr. %	Tanımlama
2,42	1,78	$\bar{x}' : 2,36$	93	Çok Yoğun
		$\bar{x}' - : 2,26$	80	Yoğun

Alüvyon dolguya konduktan sonra geçirgenlik sürekli olarak $1 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-3}$ cm/s olarak ölçülmüştür.

2- KESME DİRENCİ

Alüvyon üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre bulunuşu içsel sürtünme açıları. Şekil 10-11 de gösterilmiştir.

Ankara DSİ TAKK dairesinde yapılan deneylerde 1 MN/m² gibi yüksek basınç uygulamasında 45-49° arasında değer verdiği halde 0,25 MN/m² lik normal basınç uygulaması altında 52°-56° lik değerleri vermiştir. Bütün deneyler d=20 mm dane çapındaki malzeme üzerinde yapılmış bu malzemenin rölatif sıkılığı yüksek tutulmuştur.

Karlsruhe'de yapılan kesme deneyleri daha iri (d=100 mm) daneli malzeme üzerinde yapılmış ki bu malzemenin rölatif sıkılığı düşüktür. Bu nedenle içsel sürtünme açıları düşük çıkmıştır. Deney yapılan malzeme orta sıcaklıkta ve 0,3-0,6 MN/m² lik çevresel basınç altında yapılmıştır.

İyi sıkıştırılmış nehir alüvyonu üzerinde yapılan deneyler için uygun görülen gerilmelere bağlı olarak içsel sürtünme açısının $\phi_1=44^\circ$ ve $\Delta\phi=4^\circ$ olarak alınması tavsiye edilir.

3- FİLTRE DENEYLERİ

Karlsruhe Üniversitesinde yapılan filtrelerin granülometrik eğrileri şekil 12 de ve çizelge 20 de görülmektedir.

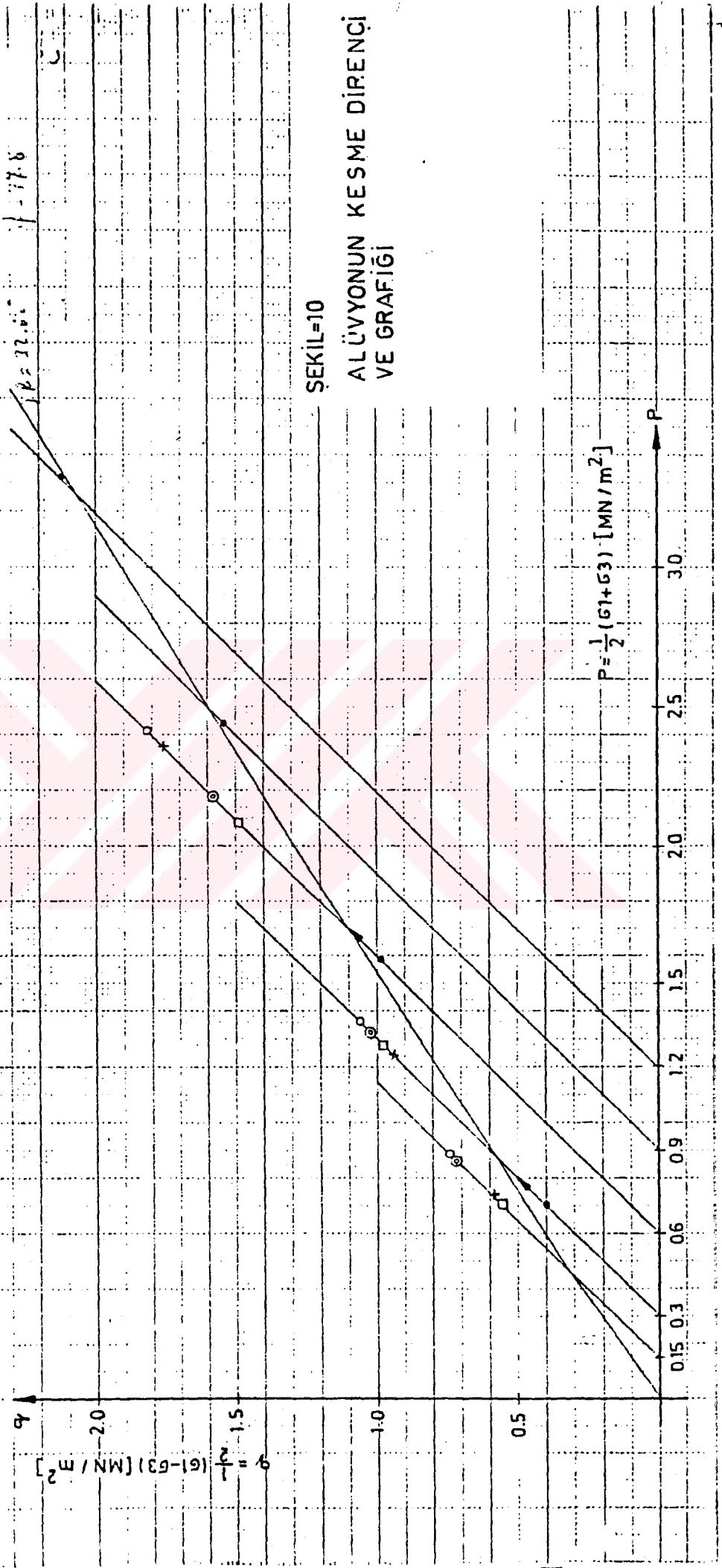
Bu deney neticesinde görülmüştür ki esas malzeme olarak alınan (2A) filtresinin granülometrisi 2B filtresine göre da-

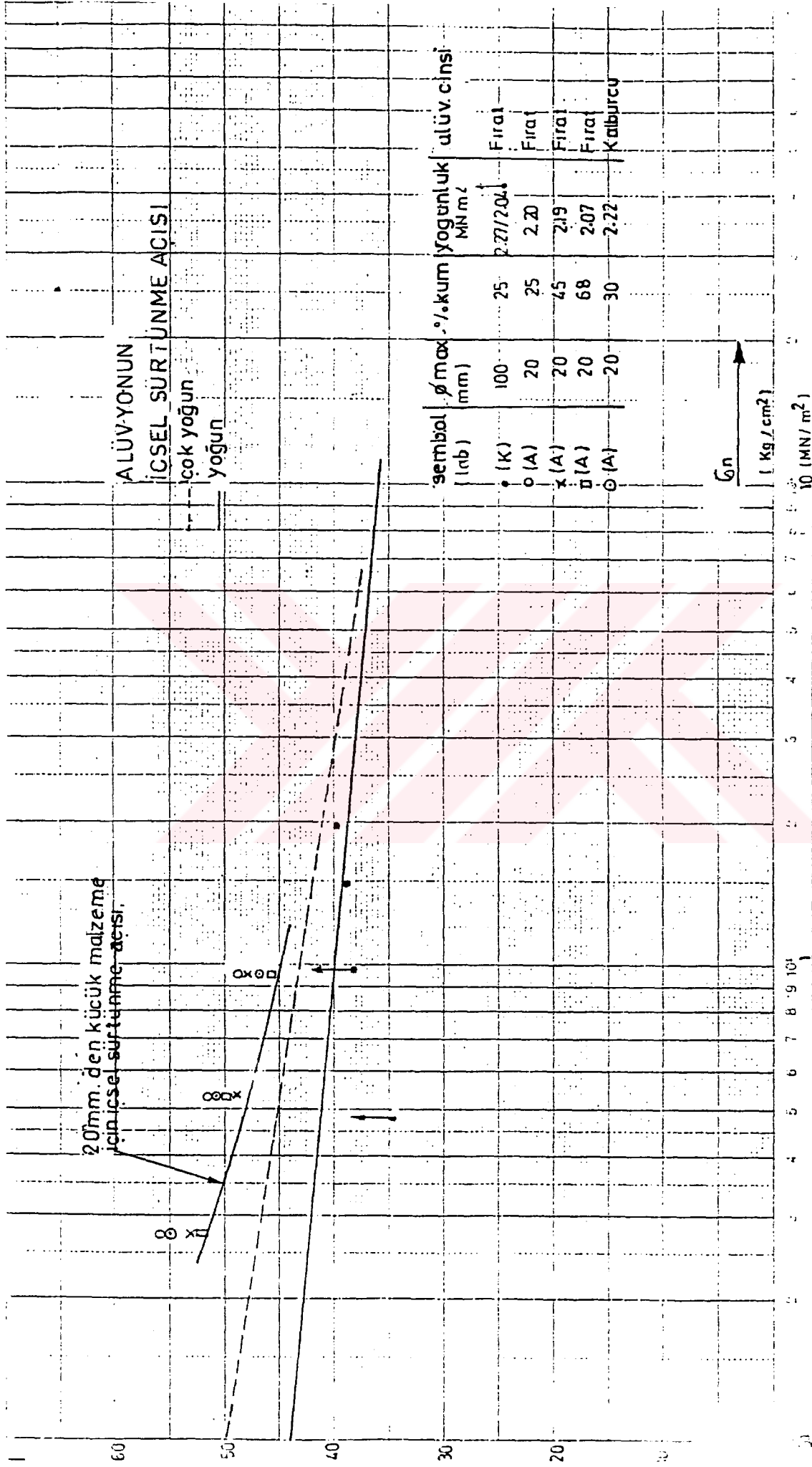
G3.9 [MN/m²] . δ [t/m³]

FIRAT ALLUVIUM

KALBURCU ALLUVIUM

G3	0.15			0.30			0.90			1.20					
	q	γ	δ	q	γ	δ	q	γ	δ	q	γ	δ			
K.25% SAND •	0.73	56°	2.20	0.40	34.8°	2.07	0.99	38.5°	2.01	1.55	39.2°	2.29	2.19	39.6°	2.26
A.25% SAND ◦	0.73	56°	2.20	1.05	51.1°	2.19	1.81	48.7°	2.20						
A.45% SAND x	0.59	52.8°	2.14	0.94	49.3°	2.19	1.76	48.2°	2.20						
A.68% SAND □	0.56	52.1°	2.07	0.97	49.8°	2.07	1.49	45.5°	2.07						
A.30% SAND ⊙	0.72	55.8°		1.01	50.5°		1.68	47.4°							



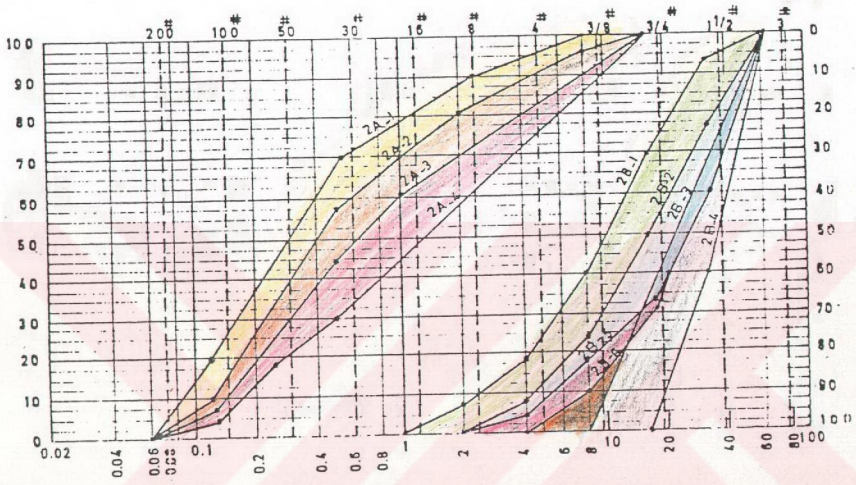


Teilung 1 - 1036 Einheit 1 90 mm
Logar. Division 1

ŞEKİL=11 KESME DENEY SONUÇLARINA NORMAL GERİLMELERE BAĞLI İÇSEL SÜRTÜNME AÇISI.

Kel

SEKİL 12 FİLTRE DOLĞU MALZEMELERİNİN TEST SONUÇLARI.
(karışırta)



ÇİZELGE 20:ALÜVYONUN FİLTRE TESTLERİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLARI.

	2A_1 (gr)	2A_2 (gr)	2A_3 (gr)	2A_4 (gr)
2B_1	69	39	40	34
2B_2	148	133	35	8
2B_5	211	85	35	94
2B_6	238	197	106	117
2B_3	1260	1315	1351	359
2B_4	2500	1880	1011	653

ha emniyetli tarafta kalmaktadır. 2B-3 ve 2B-4 numuneleri genellikle iri malzemelerden oluşmaktadı. Deney sonucunda başarılı görülmemişlerdir. Buna rağmen 2B filtre malzemesinin 8 mm'lik elekten geçen bölümü % 15'e ulaştığında bu malzeme kullanılabilir. Bu beklenilmeyen sonuç şu şekilde açıklanabilir. 2A ana malzemesinin granülometrisinde sapma vardır (Malzemenin dane çapı 0,1-10 mm arasında değişmektedir).

Arazide yapılan deneylerin sonucu şekil 13 ve çizelge 21 de verilmiştir. Ancak arazi deneyleri Ankara ve Karlsruhe kadar hassas değildir. Deney esnasında su basıncı sabit tutulmaktadır. Basınç 2-4 bar arasında değişmektedir. Buna rağmen arazi deneylerinden elde edilen neticeler Karlsruhedeki neticelere yaklaşmaktadır. Bu testlerde malzemenin zamana bağlı olarak oturmadığı tesbit edilmiştir. Üiform malzeme için netice bir kaç dakika içinde alınabilir.

Granülometrisi düzgün olmayan malzemelerde netice elde edilmesi uzun zaman almaktadır. Bu tür malzemelerin çekme kriterini elde etmek kolay olmamaktadır.

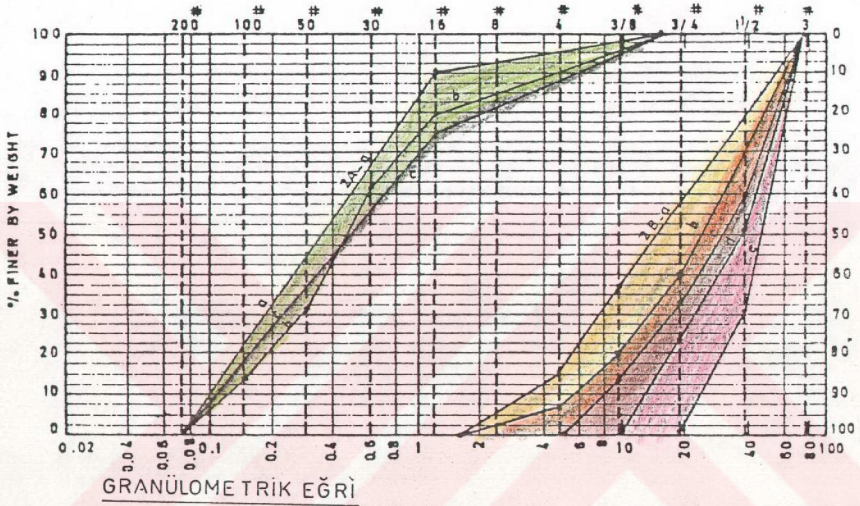
Karlsruhe raporunda Sherard tarafından malzemenin kriterleri önerilmiş (50-100 mm'lik test makinası) dane boyutu artıkça test makinasının da büyütülmesi gerekmektedir.

Dolguda kullanılan 2A-2B filtre malzemelerinin uyması gerekli şartlar ve filtre için yapılan deneylerin neticeleri şekil 14 te görülmektedir. 2B filtresi için önerilen dane büyüklüğü daha önce testi edilen 2B5 ve 2B6 limitleri arasındadır. 2A filtre malzemesinin granülometrisi, deney neticeleri bu malzemenin belirtilen limitlere yakın olduğunu göstermektedir (Az sapma ile).

2A filtresinin dane büyüklüğü uygundur. Ayrıca ince alüvyonu filtre şartlarına yetirmektedir (% 40 kumlu alüvyon).

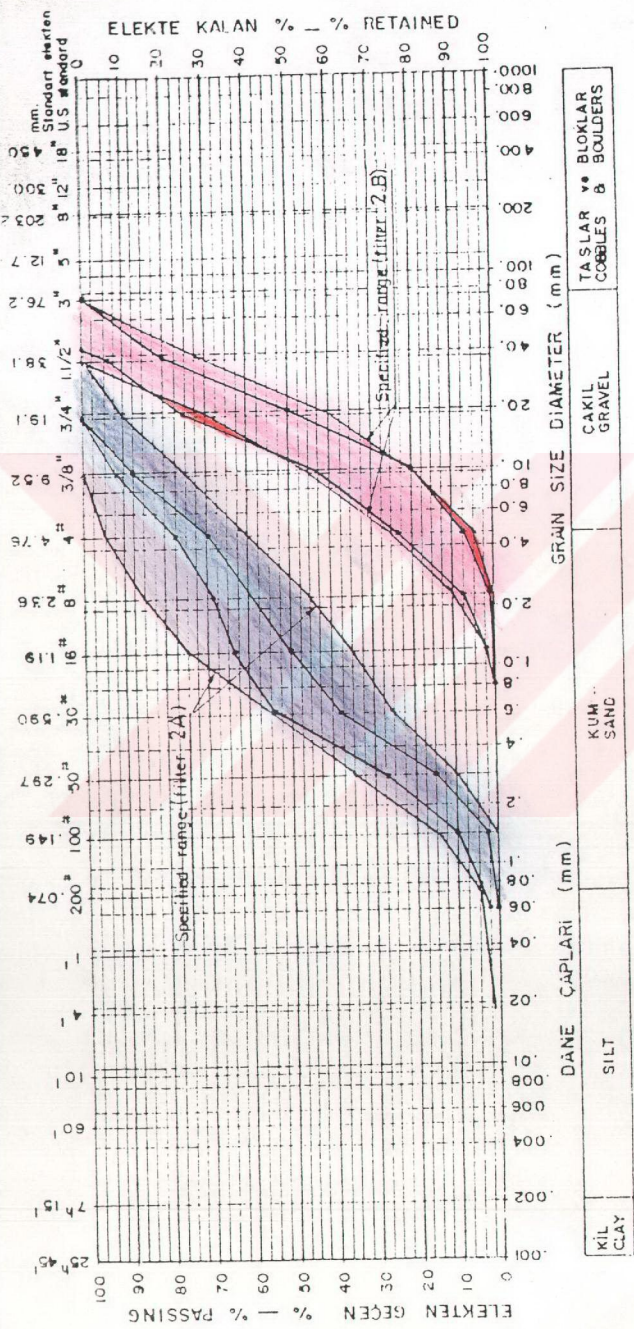
2B filtre malzemesinin dane büyüklüğü kritik limittedir. Bunun için önerilen şartlara kesinlikle uyulması gerekmektedir. İrilik oranının az da olsa artması sakıncalıdır.

ŞEKİL 13 = FİLTRE DOLĞU ESNASINDA YAPILAN TESTLERİN SONUÇLARI.
(arazi lab)



ÇİZELGE 21 Filtre malzemelerde yapılan test basınç deneyleri süreleri ve elde edilen toplam neticeler.

FİLTRE MALZE.	2A_a			2A_b			2A_c		
	miktar (gr)	süre (dk)	basınç (kg/cm ²)	miktar (gr)	süre (dk)	basınç (kg/cm ²)	miktar (gr)	süre (dk)	basınç (kg/cm ²)
2B_a	9	20	3,2 ~ 3,7	-	-	-	50	20	3,2 ~ 3,7
2B_b	15	20	3,2 ~ 3,5	-	-	-	100	25	1,7 ~ 2,8
2B_c	-	-	-	640	20	3,2	-	-	-
2B_d	2800	40	1,5 ~ 3,8	-	-	-	950	50	3,8 ~ 4
2B_e	-	-	-	-	-	-	malz. yarısı yıkandı	60	11 ~ 3



SEKIL 14 FİLTRE MALZEMİNİ KULLANILAN LİMİTLERİ VE FİLTRE İÇİN YAPILAN GRANÜLOMETRİK ANALİZLER.

KİL ÇEKİRDEK MALZEMESİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Atatürk barajı geçirimsiz inşaat malzemesi için Sam Tekin killi toprakları kullanılmaktadır. Malzeme için Arazi Laboratuvarlarında, DSİ TAKK ve Karlsruhe Üniversitesinde yapılmıştır(Çizelge 23,24,25 ve Şekil 15-16).

Kilin kazı ve yerine konulması aşamasında arazi laboratuvarınca her 30 cm de birçok çeney yapılmıştır.

Aşağıda bu araştırmalardan elde edilen verilere kısaca değinilecektir.

1- İNDEX ÖZELLİKLERİ

Sam-Tekin kili tam olarak orta-yüksek plastisiteli siltli kil diye tanımlanabilir(Casagrande 1948) malzeme ince dereceli % 75 den fazlası 200 nolu elekten geçen ve kil muhtevası % 20-40 arasındadır. Şartname limitleri içerisindedir.

Kilin plastisitesine göre üç ayrı bölüme ayırabiliriz;

Likit limiti % 55-80 arasındaki malzemeler

Likit limiti % 40-55 arasındaki malzemeler

Düşük plastisiteli, likit limiti % 30-35 arasındaki malzemeler.

Kilin aktivitesi 0,5-1,4 arasında değişir, kireç muhtevası yüksek olan(20-45) ve özgül ağırlığı 2,65-2,81 arasında değişen "Kaolinitik" yapı ile "İllitik" arasında değişmektedir.

2- MİNEROLOJİK BİLEŞİMİ VE SUDA DAĞILMA(DİSPERSİVİTY) ÖZELLİĞİ

Sam-Tekin kilinin mineralojik bileşimi çok değişkendir. Mineralojik analize göre kil kalçitçe zengin olup yüksek oranda şişen kil minerallerini ihtiva eder. Bu şişme potansiyeli inşaat esnasında da gözlenmiş olup laboratuvarında % 3-5

ÇİZELGE - 23: KİLİN Jeomühendislik Özellikleri için DSI-TAKK ve
KARLSRUHE Laboratuvarlarında Yapılan Deneyler

LABORATUAR NO	GRANÜLOMETRİ(mm)				MALZEME İNDEKSLERİ						Kireç Miktarı V _{ca} %	Organik Madde V _o %	PROKTOR SIKIŞTIRMA				KONSOLIDASYON DENEYİ					ÜÇ EKSENLİ KESME DENEYİ						
	Ø _{max} (mm)	2 (%)	0.075 (%)	0.002 (%)	W _L %	W _p %	I _p %	A	W _s %	γ _s t/m ³			STANDART		MODIFIED		γ _{di} t/m	W _i %	Deform. Mod. mm/m ²		C	k cm/s	φ' o	c' MN/m ²	φ o	c MN/m ²	γ _{d ort}	W _{ort}
													γ _d t/m	W %	γ _d t/m	W %			σ=0.4-0.8	δ=16-32								
F1	4	99	78	20	42.7	16.7	26			2.65			1.63	21.5	1.71	18.0	1.60	22.2	11.2	37.2	4.10 ⁻⁴		21.3	0.054	13.3	0.05	1.65	21.8
																1.71	18.0	17.8	44.4	8.10 ⁻⁴		23.8	0.038	16.3	0.04	1.71	18.4	
F2	16	94	83	29	60.1	20.5	39.6			2.72			1.58	20.5	1.65	20.5	1.64	20.7	11.6	37.3	2.10		20.1	0.037	6.7	0.06	1.47	20.3
																1.62	20.2	12.9	41.0	1.10		17.8	0.053	11.5	0.02	1.65	20.0	
F3	16	90	84	24	58	25.4	32.6			2.68			1.47	27.0	1.50	25.0	1.34	25.3	8.3	32.0	9.10		19.6	0.021	11.5	0.02	1.37	23.4
																1.43	26.7	8.6	30.2	4.10		24.2	0.033	13.3	0.03	1.51	24.3	
25/1	10	94	83	39	73.7	29.8	43.9			10.5					1.67	24.8	1.67	24.8	6.6		(1-7)10 ⁻⁷			9	0.075	1.44	25.7	
																1.67	20.8	4.6										
25/2	10	97	89	37	66.8	29.3	37.5			12.4					1.55	25.8	1.55	25.8	5.4					12	0.092	1.45	25.7	
																1.55	21.8	6.3										
35/1	20	97	90	40	54.5	30.1	24.4	0.61	14.2	2.71	32.3	0.8	1.66	20.1	1.67	19.8								12	0.14	1.64		
35/2	20	96	90	35	50.3	26.6	23.7	0.68	14.3	2.74	35.8	0.9	1.64	21.2	1.63	21.0								4	0.15		21.4	
																								5	0.14			
36/1	20	95	86	31	54.6	26.2	24.8	0.80	16.6	2.75	31.3	0.8	1.57	21.8	1.56	22.2												
37/1	10	96	86	30	58.6	27.7	30.9	1.03	13.8	2.81	31.3	0.5	1.52	24.3	1.53	23.7												
37/2	10	95	89	27	61.1	30.2	30.9	1.14	14.8	2.76	20.8	0.6	1.46	23.8	1.45	27.9								2	0.18			
																								9	0.14			
38/1	10	97	83	32	43.7	25.6	18.1	0.57	20.8	2.72	44.8	0.9	1.67	20.3	1.66	21.6								10	0.12	1.67	20.8	
38/2	20	91	58	22	31.0	20.0	11.0	0.50	15.6	2.75	66.3	0.5	1.79	16.4	1.78	16.6								25	0.10	1.64	19.7	
																								12	0.12			
39/1	20	97		38	48.4	27.5	20.9	0.55	12.9	2.75	31.8	0.5	1.69	21.8	1.62	20.9								10	0.18	1.62	22.1	
39/2	10	98	90	32	47.9	23.1	24.8	0.45	12.9	2.70	46.8	0.6	1.67	23.2	1.66	23.9	1.67	23.2	14.0	40								
40/1	10	92	83	12	50	23.3	27.3	1.28	12.1	2.76	43.8	0.8	1.70	19.0	1.69	20.4												
40/2	20	97	90	35	59.9	25.1	34.8	0.99	14.0	2.69	30.8	0.5	1.54	23.9	1.54	23.9	1.54	24.0	8.8	27.5								

ÇİZELGE - 24: Kilin Sınıflamaları ve Deneysel

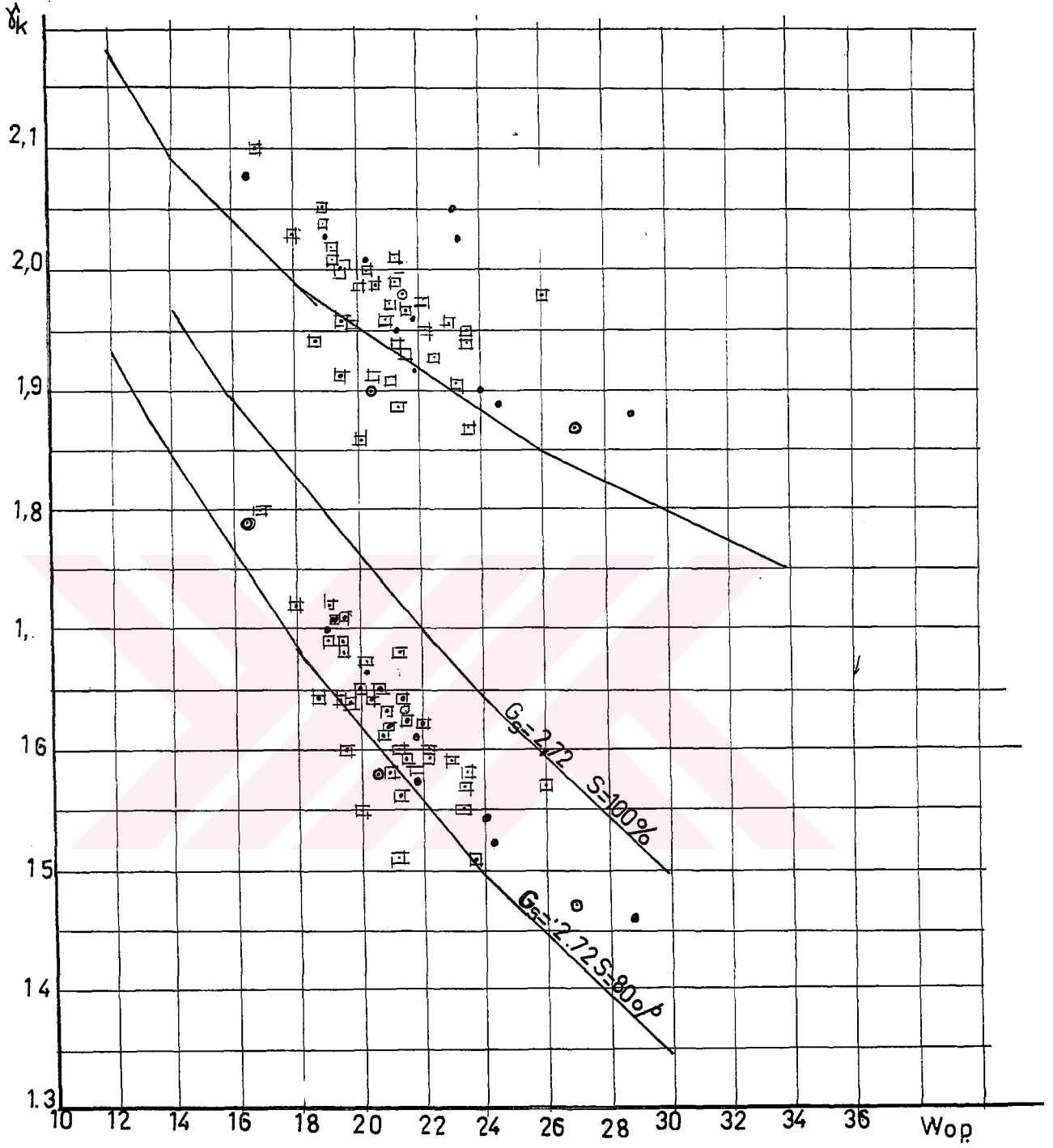
Sonuçları

LABORATUAR NO	GRANÜLOMETRİ(mm)				MALZEME İNDEKSLERİ					Kireç Miktarı Vca %	Organik Madde Vo %										
	Ømax mm	< 2 %	< 0.074 %	< 0.002 %	W _L %	W _P %	I _P %	A	W _S %			W _{GL} %	Y _s t/m	W _a %	Kalsit %	Kuvars	Kaolin	Simektit	TDS %	SAR %	Dispesivite
F1	4	99	78	20	42.7	16.7	26	1.3	5.5	37.3	3.3	24.8	2.65	68.2	50-60	10	10	25-30	3.94	0.093	ND1
F2	16	94	83	29	60.1	20.5	34.6	1.4	6.9	27.8	2.6	17.6	2.72	73.3	30-40	15	10	35-40	3.40	0.049	"
F3	16	90	84	24	58.0	25.4	32.6	1.36	9.0	10.4	3.3	21.6	2.68	85.5	15-20	20	10		13.77	0.465	"
F4a	32	92	76	10	46.7	23.8	22.9	2.10					2.73								"
F4b	32	92	75	14	33.1	17.7	15.4	1.10					2.72								"
F4c	20	93	87	30	63.7	31.2	32.5	1.08					2.74								"
F4d	20	9	83	28	61.7	28.7	33.1	1.18					2.75								"
F5	32	95	82	32	69.5	30.9	38.6	1.21					2.72								"
25 1	10	94	83	39	73.7	29.8	43.9		10.5	14.3	0.4				30	20					ND3-ND4 D1
25 2	10	97	89	37	66.8	29.3	37.5		12.4	18.0	0.8				30	10					ND3-ND4 D1

ÇİZELGE - 25: DSI Merkez(Şantiye) Laboratuvarında Yapılan Deneylerin Özeti

	LABORATUAR KONTROL								HIZLI KONTROL	
	STANDART PROKTOR		SINIFLANDIRMA						Optimum su muhtevası farkı (W _{bp} -W _f) %	Lab.max.kuru yağ ta dolgunun kuru yoğunluk yüzdesi D %
	Y _{dmax} t/m	W %	W _P %	W _L %	I _P %	0.002 %	200 %	G _s		
DENEY NO	40	40	38	38	38	26	26	11	880	880
MIN MAX SINIR	1.5~1.8	16.8~23.9	14.4~28.2	46.2~72	21.4~48.9	30~57	75~85	2.66~2.82	-2, +2	97-111
ORTALAMA \bar{x}	1.63	20.85	21.64	58.03	36.35	40	90	2.73	0.614	105
STANDART SAPMA σ_{n-1}	0.0589	1.77	3.65	7.084	5.93	7.49	4.21	0.069	5.87	4.60

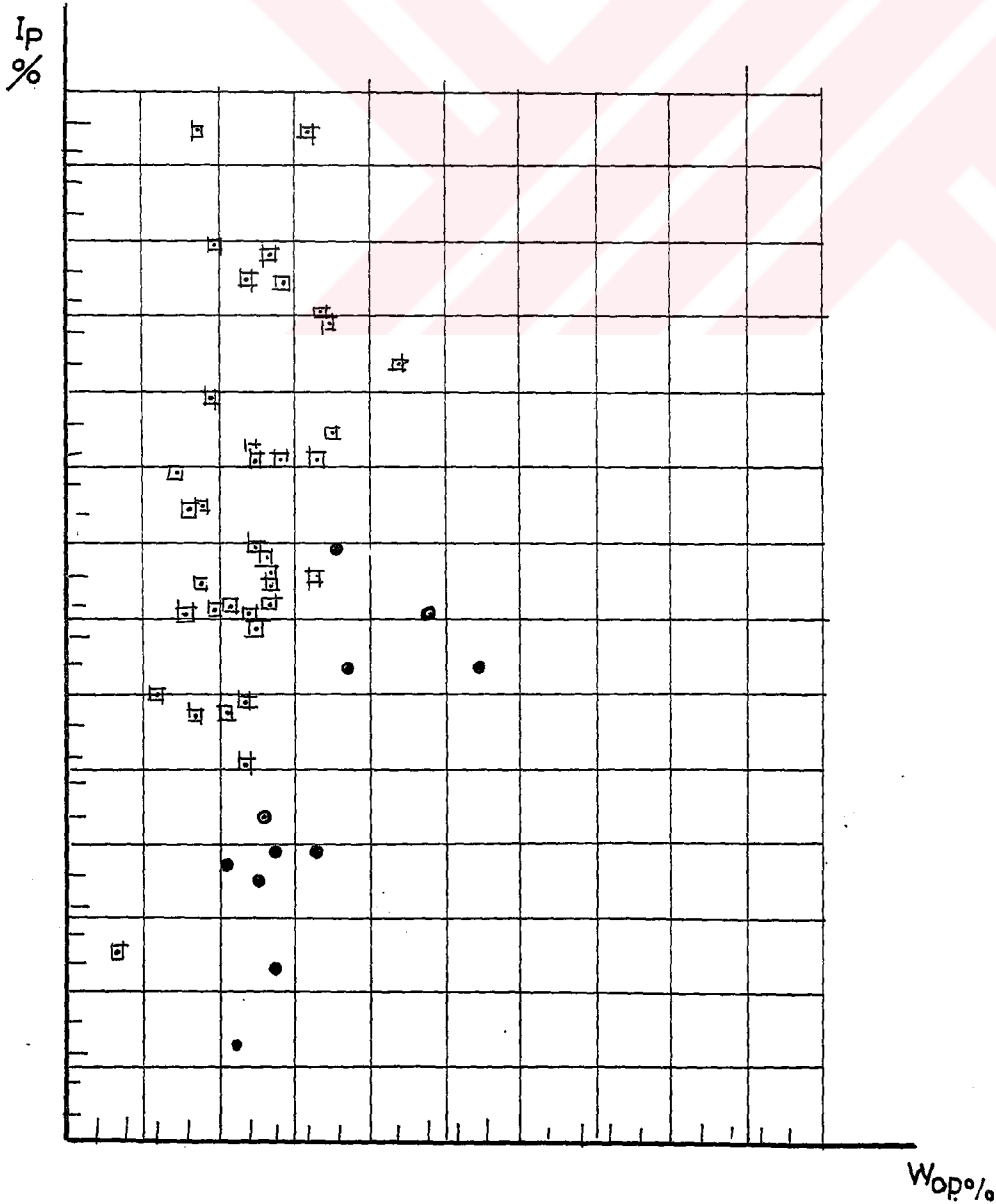
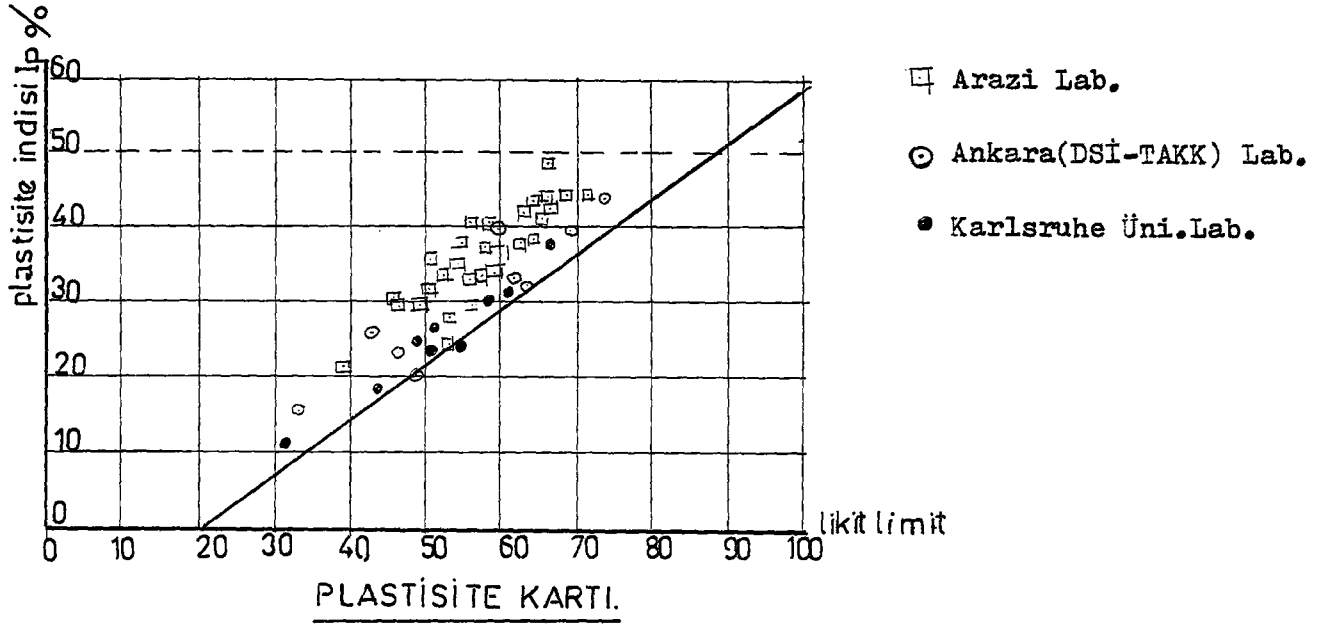
ŞEKİL 15 OPTİMUM SU MUHTEVASI İLE MAKSİMUM KURU BİRİM HACİM AĞIRLIKLARI ARASINDAKİ İLİŞKİLER



İŞARETLER.

- Arazi lab.
- Ankara (DSİ TAKK)
- ⊙ Karlsruhe üni. lab.

ŞEKİL 16 SAM TEKİN-KİLİNİN PLASTİSİTE KARTINDAKİ YERİ İLE OPTİMUM SU MUHTEVASINA BAĞLI OLARAK PLASTİSİTE İNDİSİ DEĞİŞİMİ



arasında tesbit edilmiştir. Maksimum su emme oranı %68-85 arasında bulunmuştur. Karlsruhe'de yapılan Pin-hole deneylerine göre Sam-Tekin kili dispersiv değildir(Sınıfı NDI). Bu durum DSİ TAKK da yapılan deneylerde de doğrulanmıştır.

3- SIKIŞTIRMA DENEYLERİ

Yüksek plastisiteli kil için optimum su muhtevası proctor standardına göre % 30 civarındadır. Maksimum kuru birim hacim ağırlığı ise 1,45 t/m³ dir.

Düşük plastisiteli killere % 16 lık optimum su muhtevasında 1,8 t/m³ lük maksimum kuru birim hacim ağırlık verir. Optimum su muhtevası-Plastisite, optimum su muhtevası-maksimum kuru birim ağırlık arasındaki ilişki şekil 15-16 gösterilmiştir. Ortalama olarak;

$$\delta_{k_{max}} = 1,5-1,7 \text{ t/m}^3 \quad W_{opt.} = 26- \% 18$$

değerleri kabul edilebilir.

4- KONSALİDASYON VE ÜÇ EKSENLİ KESME DENEYLERİ

Kilin deformasyon modülü plastisiteye bağlı olarak 5-18 MN/m² arasında değişir. Yüksek gerilme seviyelerinde ($\sigma = 1,6$ ile 3,2 MN/m²) yayılması azdır. Deformasyon modülü 30-45 MN/m² arasında değişir. Konsolidasyon katsayısı $C_v = 10^{-4} \sim 8 \times 10^{-4}$ cm²/s geçirgenlik 10^{-6} 'nın altında bulunmuştur. Çoğunlukla da 10^{-7} bulunmuştur.

Karlsruhede tesbit edilen kesme dirençleri çizelge 22 de gösterilmiştir.

Efektif Gerilme Parametreleri	Toplam Gerilme Parametresine Çevrilmiş Olan
$\phi'_{max} = 24,4^\circ$ $c' = 0,033 \text{ MN/m}^2$	$\phi'_{max} = 16,3^\circ$ $c = 0,04 \text{ MN/m}^2$
$\phi'_{max} = 17,8^\circ$ $c' = 0,053 \text{ MN/m}^2$	$\phi'_{min} = 5,7^\circ$ $c = 0,06 \text{ MN/m}^2$

Çizelge 22 Kil Çekirdek Malzemesinin Kesme Dirençleri

Kesme direnci DSİ TAKK'da yalnız toplam gerilme parametrelerine göre yapılmıştır. Aşağıdaki değerler hariç.

$$\phi = 12^{\circ} \quad C = 0,12 \text{ MN/m}^2$$

$$\phi = 5^{\circ} \quad C = 0,14 \text{ MN/m}^2$$

Bu değerler şartname limitleri dahilindedir.

Aşağıdaki parametrelerin kullanılması stabilite analizi için tavsiye edilebilir;

$$\text{Efektif Gerilme Parametreleri; } \phi = 20^{\circ} \quad C' = 0,02 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Boşluk Suyu Basınç Oranı; } r_u = 0,4 \text{ dir.}$$

$$\text{Toplam Gerilme Parametreleri; } \phi = 15^{\circ} \quad C = 0,02 \text{ MN/m}^2$$

JEOTEKNİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Değişik laboratuvarlarda yapılan deneyler birbirini doğrulamış ve birbirine yaklaşık değerler vermiştir. Dolgu malzemelerinin temel özellikleri (Çizelge 26 ve Şekil 17-18 de) verilmiştir.

1- KİLLİ KİREÇTAŞI DOLGUSU

Atatürk barajı kati projesinde 3 nolu zonda $20 \times 10^6 \text{ m}^3$ karışık kaya dolgusu önerilmiştir. Karışık dolgunun Karaböğaz formasyonuna ait killi kireçtaşı, Midyat formasyonuna ait tebeşirli-resifal kireçtaşı ve Karababa formasyonuna ait dolomitik kireçtaşını kapsamasına rağmen sadece killi kireçtaşı kullanılmıştır. 410-474 kotları arasında kullanımına izin verilen killi kireçtaşı ancak $8 \times 10^6 \text{ m}^3$ olabilmektedir. Karışık dolgunun geri kalan yaklaşık $12 \times 10^6 \text{ m}^3$ lük bölümü bazalt ile tamamlanmıştır.

Killi kireçtaşının düşük alterasyon direncine rağmen, oldukça yüksek kesme mukavemetine, yeterli şekil basınç dayanı-

mına sahip olduğu tesbit edilmiştir.

Stabilite analizi için bütün deney sonuçlarının en alt limitini alınması tavsiye edilebilir.

2- BAZALT DOLGUSU

Bazaltın içsel sürtünme açısı gerilmelere bağlıdır. Yüksek sıkışma elde edilmesi içsel sürtünme açısını da artırır. Aynı zamanda bazalt parçaları yüksek basınca maruz kaldıklarında kırılmaya meyillidirler. Stabilite analizi için değişik kalitedeki bazaltlara göre iki takım kesme mukavemeti parametreleri elde edilmiştir. Dolguda kullanılan bazalt üç bölümde değerlendirilebilir.

İnce Bazalt: Bu malzeme geçiş zonlarının bitişiğinde kullanılmıştır. Kaba filtre ile birlikte hareket edebileceği düşüncesiyle kaba filtrenin az daha irisi olarak düşünülmüştür.

İnce bazalt ocakta daha önce ayırma tabi tutulmuştur. Altere zon, fazla çatlaklı zon ve sağlam bazalt gibi kısımlarda patlatma paternini, patlayıcı miktarını ayarlayarak elde edilmektedir.

Altere Bazalt: Bazalt ocağının bazı bölümlerinde soğumanın hızlı olması sebebiyle fazlaca çatlama oluşmuş, gözenek miktarı fazla, kuru birim hacim ağırlık nispeten daha azdır. Bu bazalt 500 kotlarının altında kati projede daha önceden 4 nolu zonda kum, çakıl gözüken bölgede kullanılmaktadır. Soğuma çatlaklarında dolgu olarak kile rastlanmaktadır. Yükleme esnasında ayırım yapılmakta veya stok sahası olarak belirlenen sahada yukardan boşaltma suretiyle killi, ufak malzeme ortada kalmakta, iri malzeme eteklerden toplanarak dolguya konulmaktadır.

Sağlam Bazalt: Bloklar halinde üretime müsait sağlam daha kuyu renkli, nisbeten az gözenekli ve çatlaklıdır. Bu malzeme mansabta kabuk dolgusu ve rip-rap olarak kullanılmaktadır. Membada ise ön batardo ve memba batardosunda rip-rap olarak, 500 kotu üzerinde hem kabuk dolgusu hem de rip-rap olarak kullanılmaktadır.

3- FİLTRE MALZEMESİ

Araştırmalar alüvyonun mükemmel bir kabuk dolgu malzemesi olduğunu göstermiştir.

2A ve 2B için belirlenen limitler uygundur. 2A filtresinin kabuk zonları çekirdek malzemesinin parçacıklarının sü-rüklenmesini önleyebilecek durumdadır. 2B nin kalın tarafı ise kritik sınıra oldukça yakındır. Bu malzemenin hazırlanmasında dikkat ve itina gösterilmesi gerekmektedir.

4- ÇEKİRDEK MALZEME

Sam-Tekin malzemesi pratik olarak orta ve yüksek plastisiteli siltli kil olarak tanımlanabilir. Kilde genel olarak değişen, fakat yüksek derecede kireç vardır. Bununla beraber oldukça yüksek şişen kil minarellerini de ihtiva etmektedir.

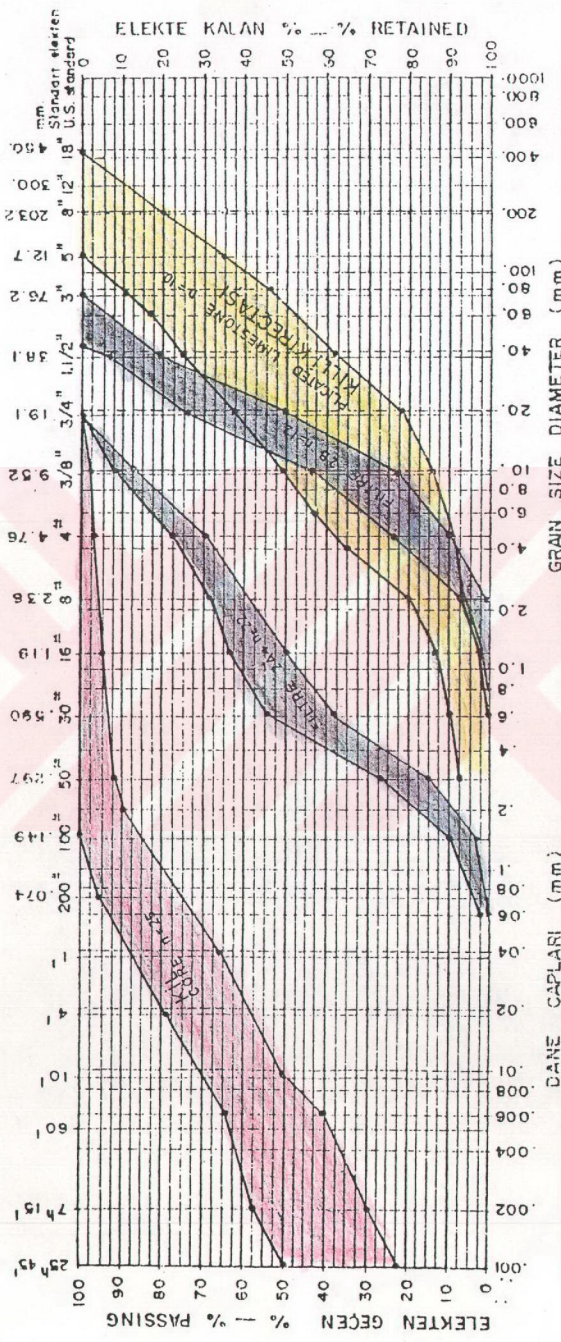
Karlsruhede yapılan deneyler daha sonra DSİ TAKK'da yapılan bir seri deneylerle de Sam-Tekin kilinin dispersiv(Suda dağılgan) olmadığı tesbit edilmiştir.

Sam-Tekin kilinin mineralojik yapısına bağlı olarak deformasyon modülü ve kesme mukavemeti parametreleri oldukça düşüktür.

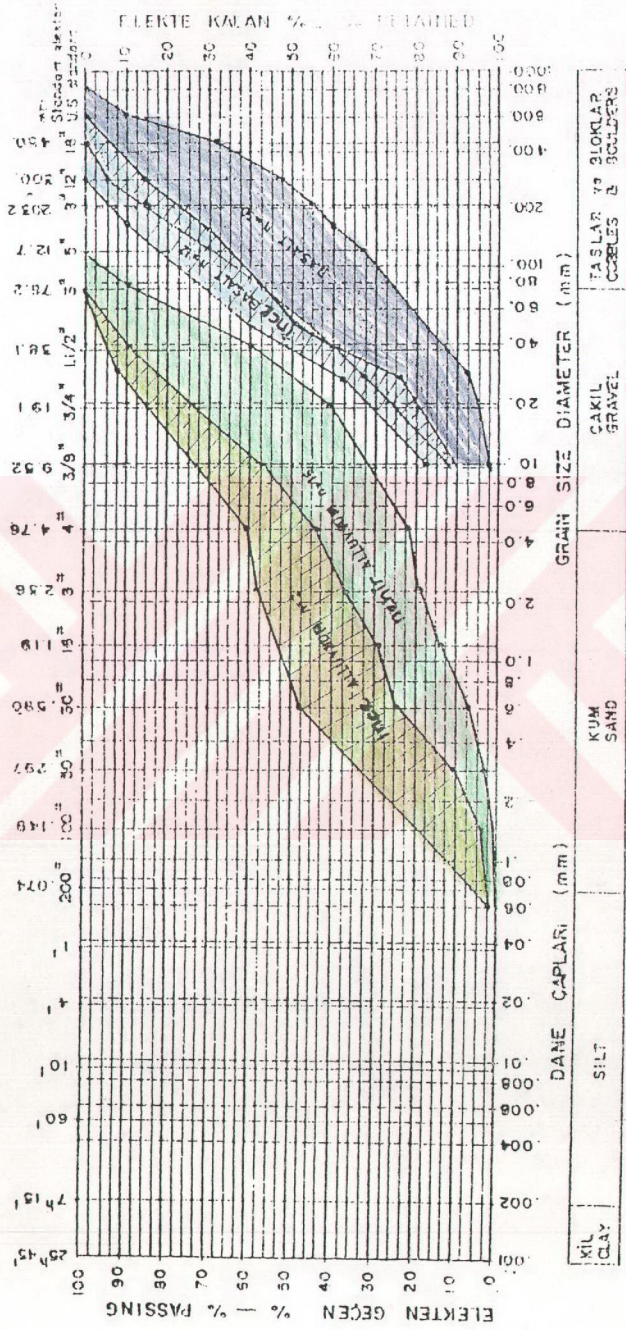
Değişik labaratuarlarda yapılan deneylerle gerekli bütün malzeme tanımlayıcı özellikler tesbit edilmiştir. Sonuçların birbirini teyid etmesi ve birbirine yakın değerler vermesi daha başka tamamlayıcı deneylere gerek bırakmamıştır.

Ancak inşaat süresince malzeme özelliklerinde görülen değişmeleri araştırmak amacıyla periodik olarak deneyler yapılması tavsiye edilir. Özellikle kilin şişme özelliğinin araştırılması gerekmektedir.

Yukarda sözü geçen malzemeler üzerinde yapılan tüm deneylerden elde edilen sonuçların özeti çizelge 26 ve şekil 17-18 topluca sunulmuştur.



ŞEKİL-17 KİLİ-2a-2B KİLİ KİREÇTAŞLARI İÇİN TOPLAM GRANÜLOMETRİ NƏTİCƏLƏRİ



ŞEKİL-18 NEHİR ALÜVYONU, İNCE ALÜVYON, İNCE BAZALT VE BAZALT İÇİN GRAFİLOMETRİK NETİCELERİ

Malzeme	δ_{is} (t/m ³)	$\delta_{doğ}$ (t/m ³)	G_s	ϕ_1 (°)	$\Delta\phi$ (°)	c (kN/m ²)	k (cm/s)
1. Çekirdek malzeme	1.98	2.03	2.73	20 ¹ / _{15²}	0	20	10 ⁻⁷
2. Filtre 2 A	2.16	2.29	2.68	39	2	0	10 ⁻²
2 B	2.21	2.36	2.71				10 ⁻¹ - 6.10 ⁰
3. Rastgele dolgu Paketli kireçtaşı	2.17	2.26	2.65	40	3	0	10 ⁻³ - 10 ⁻²
4. Nehir Alüvyonu	2.45	2.49	2.70	44	4	0	10 ⁻³
5. Bazalt Sağlam, çok yoğun	2.29	2.49	2.86	52	9	0	10 ⁻¹
Az bozulmuş, yoğun	2.29	2.49	2.86	45	7	0	10 ⁻¹

δ_{is} = Tabii birim hacim ağırlığı

$\delta_{doğ}$ = Suya doymun birim hacim ağırlık

G_s = Özgül ağırlık

k = Permeabilite

ϕ = İçsel sürtünme açısı

$\Delta\phi$ = Gerilmenin logaritmik perim-
oduna bağlı içsel sürtünme
açısı küçültme katsayısı

c = Kohezyon

1/ Efektif gerilme

2/ Toplam gerilme

ÇİZELGE 26 ATATÜRK BARAJI DOLGU MALZEMELERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ SONUÇLARI

Ö Z E T

İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Uygulamalı Jeoloji Programında Yüksek lisans tezi niteliğinde hazırlanan bu çalışmada amaç Atatürk Barajı gövde dolgusunda kullanılan malzemelerin jeomühendislik özelliklerini değerlendirmektir. Bu amaçla, Atatürk Barajı ve dolayında yapılan jeolojik araştırmaların yanında arazide derlenen örnekler üzerinde birçok deneyler gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Fırat nehri üzerinde inşa edilmekte olan Atatürk Barajı, Şanlıurfa İlinin Bozova ilçesine yaklaşık 24 kilometre uzaklıkta yer almaktadır. Dorukların çoğu birbirine paralel olup NW-SE gidişlidir. Akarsu ağı başta Fırat nehri olmak üzere buna bağlı bir çok yan dere ile temsil edilir. Bitki örtüsü çoğun bozkır ve fundalıktır. Yörede genelde karasal iklim egemendir.

İnceleme alanının en yaşlı birimini üst kretase yaşlı Karababa formasyonuna ait dolomitik kireçtaşları oluşturur. Bu formasyonun üzerinde uyumlu olarak üst kretase yaşlı killi kireçtaşları ile temsil edilen Karaboğaz formasyonu yer alır. Üst Kretase-Paleosen yaşlı Germav formasyonu ise karbonatlı kilitaşı, kilitaşı, kumtaşı ve killi kireçtaşı ardalanması ile temsil edilmekte olup, Karaboğaz formasyonun üzerine uyumlu olarak gelir. Altındaki Germav formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunan Midyat formasyonu, tebeşirli-resifal kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Pliyosen yaşlı karasal, gevşek tuturulmuş çökelleri ise diğer birimleri diskordan olarak örtmektedir.

İnceleme alanında yapısal çatıyı Karapöba antiklinali oluşturur. Bu kıvrımın yanında iki önemli fay olan Bozova ve Çeviktepe faylarına bağlı birçok ikincil fay ve eklemler gelişmiştir.

Atatürk Barajı gövde dolgusunda kullanılacak olan malzemelerin jeoteknik özelliklerini laboratuvarında belirlemeden önce Atatürk Barajı ve dolayındaki malzeme alanlarına gösterir 1/25000 ölçekli bir harita hazırlanmıştır. Haritada belirtilen alanlarda derlenen numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla laboratuvarında birçok deney gerçekleştirilmiştir. Bu deney sonuçlarından yararlanılarak Karapöba formasyonuna ait killi kireçtaşlarının, Karapınar bazaltının, alüvyonun ve kil çekirdek malzemesinin jeoteknik özellikleri ayrı ayrı ortaya konulmuştur. Daha sonra bulunan bu özelliklere göre jeoteknik değerlendirme yoluna gidilmiştir.

S O N U Ç L A R

Atatürk Barajı gövde dolgusunda kullanılacak olan malzemelerin kullanılabilirliğini belirlemek amacı Baraj yeri ve dolayında yapılan bir çok araştırmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1- Yapılan deneyler ile Karapöba formasyonuna ait killi kireçtaşlarının, Karapınar bazaltının, Keprice formasyonuna ait çökellerin ve alüvyonun gövdede kullanılabilirliği tesbit edilmiştir. Bu malzemenin çıkarılabileceği ocak yerleri malzeme alanları haritasında gösterilmiştir.

2- Geçirimsiz malzeme için üç alan belirlenmiştir. Bunlardan birinci sağ sahilde bulunan (B) gereç alanı, ikincisi Fıratın sol yakasında bulunan Bostancık kil ocağı(C alanı),

Üçüncüsü ise Sam ve Tekin kil ocağıdır(D alanı).

3- Filtre malzemesi için iki ocak tesbit edilmiştir. Bunlardan biri Çeviktepe'nin güneydoğusundaki Kavrut ve Sam köyleri arasındaki kum-çakıl ve silt depoları, ikincisi ise Fırat nehri alüvyonlarıdır.

4- Kaya dolgu gereci olarak iki ocak tesbit edilmiştir. Bunlardan birincisi(G) alanı olarak gösterilen Karaboğaz formasyonuna ait killi kireçtaşı ocağıdır. İkincisi ise baraj yerinin güneybatısındaki Karapınar bazalt ocağıdır(H alanı).

5- Karababa formasyonuna ait dolomitik kireçtaşlarının, patlatmalardaki verimlilik ve sondaj neticelerine dayanılarak dolguda kullanılamayacağı saptanmıştır.

6- Yapılan laboratuvar deneyleri ile Karaboğaz formasyonuna ait killi kireçtaşlarının düşük alterasyon dirençlerine rağmen, oldukça yüksek kesme mukavemetine ve yeterli basınç dayanımına sahip oldukları tesbit edilmiştir.

7- Karapınar bazaltının içsel sürtünme açısı gerilmelere bağlıdır. Bazalt parçaları yüksek basınca maruz kaldıklarında kırılmaya meyillidirler.

8- Jeoteknik araştırmalar alüvyonun mükemmel bir kabuk dolgu malzemesi olduğunu göstermiştir. Ancak bu malzemenin hazırlanmasında dikkat ve itina gösterilmesi gerekmektedir.

9- Sam-Tekin kilinin mineralojik yapısına bağlı olarak deformasyon modülü ve kesme mukavemeti parametreleri oldukça düşüktür. Ayrıca bu kilin suda dağılma özelliği yoktur.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AKARUN, R., (1983), Baraj Yapımcılığında Türkiye Pratiğinin Değerlendirilmesi, DSI yayını.
- AKLAN, T., (1973), Keban Baraj Yerinde Su Kaçakları İle İlgili Çalışmalar, İ.Ü. Fen Fak. Tatbiki Jeoloji Kürsüsü (Lisansüstü Tezi).
- AYNA, S., (1974), Gökçekaya Bendi Mühendislik Jeolojisi İncelemesi İ.Ü. Fen Fak. Tatbiki Jeoloji Kürsüsü (Lisansüstü Tezi).
- AYNA, S., (1986), NGI ve JEOMEKANİK (CSIR) Kaya Sınıflamalarına Göre Destek Türünün Belirlenmesi.
- ATAKAN, N., (1975), Aşağı Fırat Projesi Atatürk Barajı Mühendislik Jeolojisi Raporu.
- CORUK, Ö., (1985), Atatürk Barajı Mühendislik Jeolojisi ve Enjeksiyon Uygulamaları, İ.Ü. Fen Bilimleri Enst. (Yüksek Lisans Tezi).
- ERGUVANLI, K., (1963), Fırat-Halfeti Barajı Rezervuarının Jeolojisi Etüdü Kısım I.
- ERGUVANLI, K., (1964), Fırat-Halfeti Barajı Rezervuarının Jeolojisi Etüdü Kısım II.
- ESEN, C., (1985), Sağ Sahil Dolomitik Kireçtaşlarının Karst Hidrojeolojisi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enst. (Yüksek Lisans Tezi).
- ELECTROWATT Engineering Service Ltd., (1979), Atatürk Barajı ve HES Kati Projesi Raporu, Cilt I.
- N.D. Marchi, C.K. Chan, H. B. Seed
"Evaluation of Properties of Rockfill Materials"
ASCE, SM 1, January 1972
- N. Barton, B. Kjaernsli
"Shear Strength of Rockfill"
ASCE, GT 7, Uuly 1981

- GUSTAFÖSEN, R., (1973), Swedish Balsting Technique SPI, Gothenburg Sweden.
- HOCK, E. ve BRAY, J.,W., (1977), Kaya Şev Stabilitesi, Tercüme(Maden Mühendisleri Odası Yayını).
- KIRMIZITAŞ, H., (1983), Atatürk Barajı Aks Yeri ve Civarının Hidrojeolojisi Raporu.
- ÖNHON, E., (1985), Atatürk Barajı ve Çevresi Karst Hidrojeolojisi Etüd Raporu.
- SAFA, M.T.,(1984), Atatürk Barajı ve HES Mansab Servis Köprüsü Mühendislik Jeolojisi Tatbikat Raporu (D.S.İ. Raporu, Yayınlanmamış).
- SAFA, M.T., (1985), Atatürk Barajı ve HES Bazalt + Kil Nakliye Yolu Ulaşım Tüneli Mühendislik Jeolojisi Raporu (D.S.İ. Raporu, Yayınlanmamış).
- SAFA, M.T., (1989), Şanlıurfa Tünelleri Km:17+500 - 23+500 Arasının (Karaköprü-Maşuk-Kızıltaştepe Civarı) Mühendislik Jeolojisi Raporu (D.S.İ. Raporu, Yayınlanmamış).
- SAFA, Z.S., (1989), Atatürk Barajı Eksen ve Civarının Karst Hidrojeolojisi, Yüksek Lisans Tezi (İ.Ü.Fenbilimleri).
- UĞURLU, A., (1990), Atatürk Barajı Enjeksiyon Galerilerindeki Kaya Niteliğinin Mukayeseli Sınıflaması İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.



FOTOĞRAFLAR

FOTOĞRAFLAR

1. Temel kazılarında elde edilen killi kireçtaşının dolguda görünüşü
2. Baraj gövdesinde dolgu malzemelerinin sıralanışı ve killi kireçtaşının yerleştirilişi
3. Killi kireçtaşının mansabtan görünüşü
4. Bazalt ocağında bir patlatma(Teknik şartnamenin istediği granülometriyi sağlayacak şekilde patern kullanılmaktadır)
5. Bazalt ocağı işletmesinin palyeler halinde genel görünüşü
6. Bazalt ocağından yapılan yükleme(Yükleyici RH 120C 15 m3, kamyon 85 tonluk).
7. Nehir yatağından malzeme çıkarılışı
8. Nehir alüvyonunun elenerek filtre malzemesi olarak hazırlanışı
9. Tabii nehir alüvyonun kullanıldığı batardonun genel görünüşü
10. Batardo ve baraj inşaatının başlangıcının birlikte görünüşü
11. Optimum su muhtevasının dışında bulunan kil sahasının sulama, Niperleme ile 1,5 m derinliğinde bir kil tabakasının yerinde hazırlanışı
12. Yağışlı dönemde su muhtevası fazla olan kilin dozerlerle havalandırılarak su muhtevasının azaltılışı
13. Limitler dahiline getirilen kilin sahada yükleme yapılışı
14. Kil malzemesinin serileceği tabanın basınçlı su ve hava ile hazırlanışı

15. Cut and cover civarında kil malzemesinin serileceği tabanın kaba temizlik alışmaları
16. Cut and cover civarında son temizlik, dış betonları kurutma, kil serilişi
17. Kil-Filtre-Bazalt çalışmalarından genel görünüş
18. Kilin keçi ayaklarla sıkıştırılışı.



Foto-1 Temel Kazılarında Elde Edilen Killi Kireçtaşı'nın Dolguda Görünüşü



Foto-2 Baraj Gövdesinde Dolgu Malzemelerinin Sıralanışı ve Killi Kireçtaşı'nın Yerleştirilmesi



Foto 3 Kili Kireçtaşının Mansaptan Görünüşü



Foto 4 Bazalt Ocağında Bir Patlatma(Teknik şartnamenin istediği granülometriyi sağlayacak şekilde patern kullanılmaktadır.)



Foto 5 Bazalt Ocağı İşletmesinin Palyeler Halinde Genel Görünüşü.



Foto 6 Bazalt Ocağından Yapılan Yükleme(Yükleyici RH 120C 15 m3, Kamyon 85 tonluk.)



Foto 7 Nehir Yatağından Malzeme Çıkarılışı



Foto 8 Nehir Alüvyonunun Elenerek Filtre Malzemesi Olarak Hazırlanışı.



Foto 9 Tabii Nehir Alüvyonun Kullanıldığı Batardonun Genel Görünüşü.



Foto 10 Batardo ve Baraj İnşaatının Başlangıcının Birlikte Görünüşü.



Foto-11 Optimum Su Muhtevasının Dışında Bulunan Kil Sahasının Sulama, Niperleme İle 1,5 m Derinliğinde Bir Kil Tabakasının Yerinde Hazırlanışı.



Foto-12 Yağışlı Dönemde Su Muhtevası Fazla Olan Kilin Dozerlerle Havalandırılarak Su Muhtevasının Azaltılışı.



Foto-13 Limitler Dahiline Getirilen Kilin Sahada Yükleme Yapılışı.



Foto-14 Kil Malzemenin Serileceği Tabanın Basıncılı Su ve Hava İle Hazırlanışı.



Foto-15 Cut and cover Civarında Kil Malzemesinin Serileceği Kaba Temizlik Çalışmaları



Foto-16 Cut and cover Civarında Son Temizlik, Dış Betonları Kurutma, Kil Seriliği



Foto-17 Kil-Filtre-Bazalt Çalışmalarından Genel Görünüş



Foto-18 Kilin Keçi Ayaklarla Sıkıştırılışı