

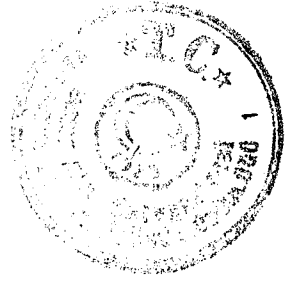
T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANAKKALE AYVACIK BARAJI JEOTEKNİK ÇALIŞMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Bana YAGCI

Balıkesir, Temmuz - 1995



T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANAKKALE AYVACIK BARAJI JEOTEKNİK ÇALIŞMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş.Müh. Banu YAĞCI

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hayri ERDİNÇ

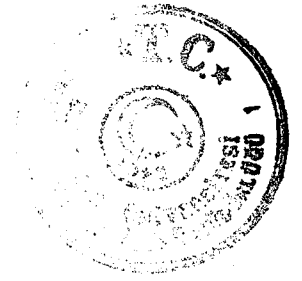
Sınav Tarihi :

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Hayri ERDİNÇ (Danışman)

Doç. Dr.Şerif Saylan

Yrd. Doç. Dr. Emel İrtem

Balıkesir, Temmuz- 1995



ÖZ

AYVACIK BARAJI JEOTEKNİK ÇALIŞMALARI

Banu YAĞCI

Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

(Y.L. Tezi / Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hayri ERDİNÇ)

Balıkesir , 1995

Ayvacık Barajı, Çanakkale ili Ayvacık ilçesinin 5 km kuzeydoğusunda, Kocaçay deresi üzerinde Haritatepe-Yassıkaya sırtı arasında sulama amaçlı, toprak dolgu tipinde planlanmıştır.

Jeolojik araştırmaların yapıldığı yaklaşık 30 km² lik alanda Üst Kretase yaşlı karmaşık seri tabanı oluşturmaktadır. Seri Neojen'e ait tortul kayalarla diskordan olarak örtülmüştür. Altta kayalarla aralarında uyumsuzluk bulunan Senozoyik volkanitleri andezit, aglomera ve bazalt bileşimindedir. Kuvarterner'e ait eski alüvyon en genç oluşuklardır.

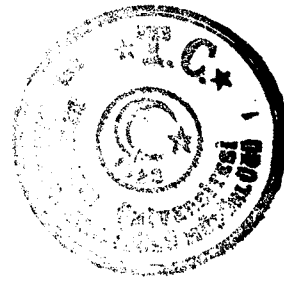
Temel araştırmalarında aks yeri, dolusavak ve tünel güzergahında yapılan sondajların tümünde aglomera geçilmiş, RQD saptanarak, geçirimsizlik için lugeon deneyi yapılmış ve temel kayasında enjeksiyon öngörülmüştür. Ölçülen yeraltısuyu hareketinin yamaçlardan dereye doğru olduğu, geçirimsizlik ve duraylılık sorunlarının ortaya çıkmayacağı ileri sürülmüştür.

Bölge, Türkiye Sismoteknik Haritasında 3. derece deprem kuşağında gösterilmiş olup yatay deprem katsayısının yüksek alınması önerilmiştir.

Dolguda kullanılacak malzemeler için arazi ve laboratuvarında tanımlama deneyleri yapılmış, gövdenin stabilite analizinde gerekli mühendislik özellikleri zemin sınıfına göre belirlenmiştir. Hidrolojik verilere göre belirlenen baraj yüksekliği talvegden 49 m dir. Dolgunun stabilite analizinde Bishop yöntemi kullanılmıştır.

NGI kaya sınıflamasına göre; tünel güzergahında yapılacak kazıda sadece gereken yerlerde 1-1.5 m aralıklı germesiz enjeksiyonlu sistematik bulonlama yapılacaktır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER : Ayvacık Barajı / Toprak dolgu / Jeoloji / Temelde geçirimsizlik / Temelde duraylılık / Deprem / Dolgu malzemesi / Şev stabilitesi / Derivasyon tüneli



ABSTRACT

THE GEOTECHNICAL STUDIES OF AYVACIK DAM

Banu YAĞCI

**Balikesir University , Institute of Science , Department of Civil Engineering
(M. Sc. Thesis / Süpervisor : Prof. Dr. Hayri ERDİNÇ)**

Balikesir - Turkey , 1995

Ayvacık Dam has been planned to be constructed at c. 6 km. NE of Ayvacık Town (Çanakkale province). It will be located on the course of Karaçay stream between Haritatepe and Yassıkaya ridges. The benefit of the dam will be irrigation of the nearby areas and be built of the earth fill type.

Geological investigations have been carried out over an area of 30 km². Complex series of Upper Cretaceous age is the basement of the area investigated. The sedimentary formations of the Neogene age overlie the basement rocks discordantly. Cenozoic volcanics comprise of andesites, agglomerates and basalts. Quaternary alluvium are the youngest formations and are in the nature of talus and soil cover.

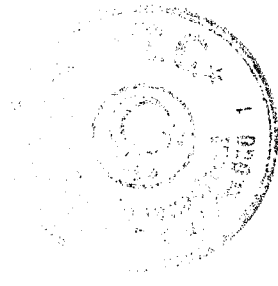
Geotechnical investigations carried out by systematic drilling programs around the dam site, spillway and the tunnel. All the boreholes intersected the agglomerates. The RQD and permeability were determined by Lugeon test for all the rock types. As a result it has been concluded that the basement rock should be injected. It has also been derived that the stability and porosity of the rocks will not impose any great problems.

The area is shown as 3. degree earthquake zone on the seismic map of Turkey. So, horizontal seismic constant should be considered high.

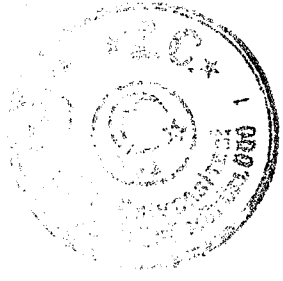
The materials to be used in filling have been tested according to the mechanical properties required by the civil engineering. Stability analyses were carried out to determine the classifications of the earth types of the area on construction. According to the hydraulic data obtained the height of the dam should be 49 m. Bishop method has been used in the stability analyses of the filling.

According to NGI Rock Classification it has been recommended that in the diversion tunnel systematic bolting should be applied and injections have to be made without stress.

KEY WORDS :Ayvacık Dam / Earth fill / Geology / Permeability at foundation / Stability at foundation / Seism /Material of fill / Slope stability / Diversion tunnel



İÇİNDEKİLER	<u>Sayfa</u>
ÖZ	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL JEOLJİ	3
2.1 Jeolojik Tarihçe	3
2.2 Stratigrafik jeoloji	4
2.3 Yapısal Jeoloji	8
2.4 Depremsellik	8
3. TEMEL ARAŞTIRMALARI	13
3.1 Temel Sondajları	13
3.2 Hidrojeoloji	26
3.3 Laboratuvar Deneyleri	27
4. DOĞAL YAPI MALZEMESİ ÇALIŞMALARI	28
4.1 Geçirimsiz Malzemeler	28
4.2 Geçirimli Malzemeler	43
4.3 Kaya Malzemesi	49
4.4 Gövde Malzemesinin Mühendislik Özellikleri	51
5. HİDROLOJİK VERİLER	57
5.1 İklim ve Su kaynakları	57
5.2 Proje Taşkımları	59
5.3 Sediment Durumu	61
6. JEOTEKNİK KOŞULLAR VE PROJELENDİRME	62
6.1 Temel Dizaynı	62
6.2 Derivasyon Tüneli	64
6.3 Gövde Dizaynı	70
6.4 Baraj Yerleşim Planı	84
7. SONUÇLAR	86
KAYNAKÇA	89
EKLER	
EK A Ayvacık Barajı İnceleme Alanına Ait Fotoğraflar	91

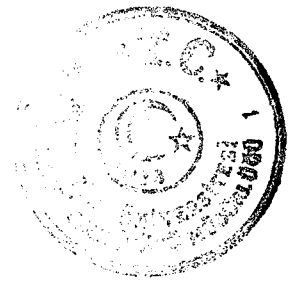


EK B Paftalar

No

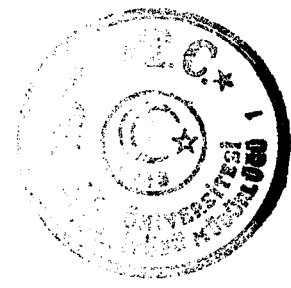
- 1 Çevre Jeoloji Haritası**
- 2 Çevre Jeoloji Kesiti**
- 3 Aks Yeri Jeoloji Haritası**
- 4 Aks Yeri Jeoloji Kesiti**
- 5 Tünel Güzergahı Jeoloji Kesiti**
- 6 Dolusavak Güzergahı Enine ve Boyuna Kesiti**
- 7 Aks Yeri Sondajları YAS seviyelerini Gösterir Grafik**
- 8 Aks Yeri Sıyırma Katof Kazı Sınırları, YAS Seviyeleri ve Kuyulardaki Basınçlı Su Tecrübelerinin Sonuçlarını Gösterir Kesit**
- 9 Aks Yeri Enjeksiyon Kesiti**
- 10 Gereç Alanları Bulduru Haritası**





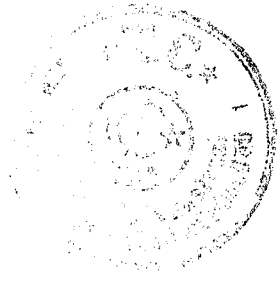
ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 2.1	Çanakkale - Ayvacık Barajı ve Civarının Genelleştirilmiş Sütun Kesiti	7
Şekil 2.2	Çanakkale - Ayvacık Barajı Eş - İvme Haritası	9
Şekil 2.3	Çanakkale - Ayvacık Barajı Sismotektonik Haritası	10
Şekil 2.4	Güvenlik Katsayısı-Şev Açısı Değişimi (Deprem Sırasında Boşluk Suyu Basıncı Olmadan)	12
Şekil 2.5	Güvenlik Katsayısı-Şev Açısı Değişimi(Deprem Sırasında Boşluk Suyu Basıncı ile)	12
Şekil 3.1	Lugeon Deneyinin Yapılışı	14
Şekil 3.2	Tij ve Manjonlardaki Yük Kaybını Gösterir Abak	15
Şekil 3.3	Çanakkale - Ayvacık Barajı Su Tablası Haritası	16
Şekil 4.1	Likit Limiti Bulmakta Kullanılan Grafik	33
Şekil 4.2	Plastisite Kartı Üst Limit Çizgisi	34
Şekil 4.3	Tipik Bir Piknometre Düzeltme Eğrisi	35
Şekil 4.4	Ayvacık Barajı Geçirimsiz Gereç Elek Analizleri	38
Şekil 4.5	Ayvacık Barajı Geçirimsiz Gereç Plastisite Kartı	39
Şekil 4.6	Ayvacık Barajı A-Gereç Alanı	40
Şekil 4.7	Ayvacık Barajı A-Gereç Alanı Kuyu Kesitleri	41
Şekil 4.8	Ayvacık Barajı B ve C-Gereç Alanları ve Kuyu Kesitleri	42
Şekil 4.9	Ayvacık Barajı D-Gereç Alanı ve Kuyu Kesitleri	43
Şekil 4.10	Ayvacık Barajı Geçirimli Gereç Granülometrik Analizi	47
Şekil 4.11	Ayvacık Barajı Geçirimli Gereç Alanı ve Kuyu Kesitleri	48
Şekil 4.12	Laboratuvar ve Yerindeki Sıkıştırılmaların Kıyaslanması	53
Şekil 5.1	Ayvacık Barajı Taşkın Hidrografları	60
Şekil 5.2	Ayvacık Barajı Dolusavak Taşkın Hidrografi	60
Şekil 6.1	Q Sisteminde D_c ve Q Parametreleri Arasındaki İlişki	66
Şekil 6.2	Destek Basıncı ile Kaya Kütleli Niteliği Arasındaki İlişki	67
Şekil 6.3	Destek Sistemi Belirleme Grafiği	69
Şekil 6.4	Ayvacık Barajına ait Hacim - Yüzey Diyagramı	71
Şekil 6.5	Ayvacık Barajı Gövde Tip Enkesiti	73
Şekil 6.6	Ayvacık Baraj Gövdesi için Freatik Hattın Çizimi	74
Şekil 6.7	Bishop Yöntemi ve Her Dilime Etkiyen Kuvvetlerin Konumu	75
Şekil 6.8	Bir Toprak Dolgu Barajda İnşaat Aşaması ve Sonrasında Kesme Gerilmesi, Boşluk Suyu Basıncı ve Güvenlik Faktörünün Değişimi	77
Şekil 6.9	Ayvacık Barajı Memba Şevi İnşaat Sonu Hali	80
Şekil 6.10	Ayvacık Barajı Memba Şevi Ani Boşalma Hali	81
Şekil 6.11	Ayvacık Barajı Mansap Şevi İnşaat Sonu Hali	82
Şekil 6.12	Ayvacık Barajı Mansap Şevi Dolu Hazne Hali	83



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge Numarası	Adı	Sayfa
Çizelge 3.1	Kayaçların Kaya Kalitesine Göre Sınıflandırılması	14
Çizelge 3.2	Ayvacak Barajı Geçirimsizlik Deneyine Bir Örnek (SK-4 Nolu Sondajda 10 atm. Basınç Uygulanamama Durumu)	16
Çizelge 3.3	Ayvacak Barajı Geçirimsizlik Deneyine Bir Örnek (SK-1 Nolu Sondajda 50-52 m.'ler Arası 10 atm. Basınç Uygulanma Durumu)	17
Çizelge 4.1	Tek Elek Yöntemi İçin Tane Boyutuna Göre Gerekli Malzeme	32
Çizelge 4.2	Likit Limit ve Plastik Limit Deneylerinde Kullanılan Değerler	33
Çizelge 4.3	Ayvacak Barajı Geçirimsiz Gereç Laboratuvar Deney Sonuçları	37
Çizelge 4.4	Ayvacak Barajı Geçirimsiz Gereç Alanlarına ait Bilgiler	37
Çizelge 4.5	Ayvacak Barajı Geçirimsiz Gereç Laboratuvar Deney Sonuçları	49
Çizelge 4.6	Ayvacak Barajı Geçirimsiz Gereç Alanına ait Bilgiler	49
Çizelge 4.7	Riprap Malzeme Kalınlığı Hesabında c Katsayıları	50
Çizelge 4.8	Ayvacak Barajı Kaya Gereci Laboratuvar Deney Sonuçları	50
Çizelge 4.9	Zemin Özelliklerinin Limitlerle İlişkisi	51
Çizelge 4.10	Birleştirilmiş Sistemde Sıkışmış Malzemenin Özellikleri	54
Çizelge 4.11	Birleştirilmiş Sistemde Sıkışmış Malzemenin Baraj Gövdesinde Kullanımı	55
Çizelge 4.12	Zeminin Ortalama Mühendislik Özellikleri	56
Çizelge 5.1	Ayvacak Barajı Proje Alanının Aylık Ortalama Yağış Değerleri	58
Çizelge 5.2	Ayvacak Barajı Net Buharlaştırma Değerleri	58
Çizelge 5.3	Tuzla Çayı Aylık Ortalama Akımlar	59
Çizelge 6.1	Kazı Destek Oranları	66
Çizelge 6.2	Terzaghi'nin 9 Kaya Kütlesi için Belirlenen Q Parametreleri	67
Çizelge 6.3	Destek Sistemleri	70



ÖNSÖZ

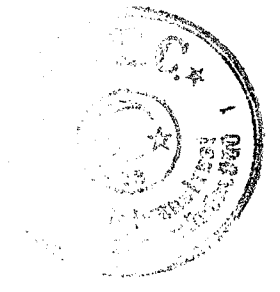
Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında 1994-1995 öğretim yılında, yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmaya baraj aks yeri ve göl alanına ait jeolojik incelemeleri kapsayan arazi etüdü ile başlanmış ve DSİ laboratuvarlarında gerçekleştirilen dolgu malzemesine ait deneyler izlenmiştir. Planlama ve projelendirme aşamalarına ait jeoteknik çalışmaların literatür derlemesi DSİ'den sağlanarak jeolojik koşulların yapı yerlerine etkisi ve dolgu malzemesinin mühendislik özellikleri değerlendirilmiştir.

Sayın hocam Prof. Dr. Hayri ERDİNÇ bu konuda çalışma yapma olanağı sağlamış, tezin oluşması ve sonuçlanmasında büyük katkıları olmuştur. Doç. Dr. Şerif SAYLAN ve Yard. Doç. Dr. Emel İRTEM desteklerini esirgememişlerdir. Ayrıca araştırma ve incelemelerim sırasında D.S.İ. Balıkesir Şube Müdürlüğü, Jeo. Yük. Müh. Mustafa ÖZTEKİN, Jeo. Yük. Müh. Ahmet B. ÇAKAR ve İnş. Müh. Gülsel PEHLİVAN yardımcı olmuşlardır. Tezin yazımında BAÜ Müh.Mim.Fakültesi İnşaat Bölümü Arş. Gör. Ayhan ARIK yardımcı olmuştur. Kendilerine teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Balıkesir 1995

Banu YAĞCI



1. GİRİŞ

Ege -Tuzla projesinin bir parçası olan Ayvacık Barajı ile Ayvacık, Paşaköy ve Tuzla ovalarının sulanması düşünülmektedir.

Ayvacık Barajı yeri Çanakkale ili Ayvacık ilçesinin 5 km kuzeydoğusundadır. Baraj eksenini Kocaçay üzerinde, Haritatepe ile Yassıkaya sırtı arasında bulunmaktadır.

Baraj halen projelendirme aşamasındadır. Baraj projelerinde dikkate alınması gereken noktalar; güvenlik, maliyet ve süreç kavramlarıdır.

Bunlar yer seçimi, projelendirme ve inşaat aşamalarında yapılacak jeoteknik çalışmalar ile çok yakından ilgilidir. Barajın toprak dolgu olması temelle birlikte gövde içinde zemin etüdlerini gerektirmektedir. Jeoteknik çalışmalar kapsamına jeolojik incelemeler, zemin ve temel etüdüleri, hidrojeoloji kaya mekaniği ve tünel ile deprem araştırmaları girmektedir.

Ülkemizdeki yasalar proje keşif bedelinin % 30'unu aşan maliyet artışlarını genelde zemin temel problemlerine bağlamıştır. Bu durum zemin etüdlerinin önemini vurgulamaktadır.

Arazi incelemeleri, temel sondajları ve laboratuvar deneylerinden oluşan jeoteknik çalışmalar projelendirme aşamasında temel ve gövde dizaynlarını da kapsar. Hiçbir inşaat tipinde jeoteknik uzmanların dizayn bitene kadar süren katkıları barajlarda olduğu kadar önemli değildir.

Jeoteknik çalışmaları yönlendiren genel olarak belirlenmiş proje karakteristikleri şöyledir;

Tipi	Toprak dolgu
Baraj yüksekliği	Talvegden 54 m
Kret uzunluğu	370.3 m
Max su kotu	306 m
Gövde dolgu hacmi	1 536 211 m ³
Geçirimsiz gereç miktarı	327 253 m ³
Geçirimli gereç miktarı	882 199 m ³
Filtre miktarı	326 759 m ³
Drenaj alanı	143 hm ³
Tünel uzunluğu	350 m
Tünel çapı	4 m
Dolusavak genişliği	50 m
Dolusavak eşik kotu	301 m

Yüzeysel jeolojik çalışmalar ve sondaj verileriyle, baraj yeri ve göl alanına ait jeolojik harita, baraj aksı, tünel ve dolusavak güzergahı boyunca kesitler ve yeraltısuyu seviye grafikleri hazırlanmıştır.

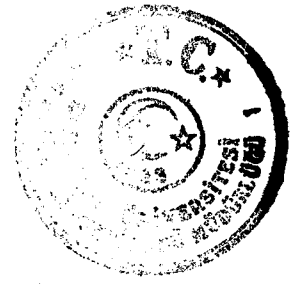


Gövde malzemesi araştırmaları, arazi incelemeleriyle malzeme saha ve kapasitelerinin saptanması temsili örneklerin alınması ve tanımlanması için laboratuvar deneylerini kapsar.

Hidrolojik veriler genel olarak bu çalışmaların dışındaki derivasyon tüneli, dolusavak ve dipsavak projelendirilmelerinde kullanılmakla birlikte gövde dizaynlarında da gerekli ve jeoteknik çalışmalarını tamamlayıcı verilerdir.

Temelin jeoteknik özelliklerine bağlı olarak enjeksiyon projesi hazırlanmış ve kaya mekaniği çalışmalarını sonucu tünel için gerekli destek sistemi belirlenmiştir. Gövde dizaynını şev stabilite analizleri ile yapılmıştır.

Temel ve gövde dizaynlarından sonra projelendirmede baraj yerleşim planı değiştirilmiştir. Ancak bu değişikliğin jeoteknik çalışmalarını sonuçlarıyla doğrudan bir ilgisi bulunmamaktadır.



2. GENEL JEOLojİ

Etüd alanı yaklaşık 30 km² büyüklüktedir. Çanakkale-Edremit devlet karayolundan başlayıp Kocaçay deresinin iki yamacı boyunca KD'ya doğru 3 km eninde ve 10 km boyundaki bir sahayı kapsar.

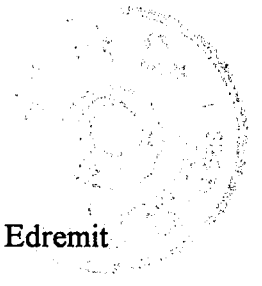
2.1 Jeolojik Tarihçe [1]

Biga yarımadasında Paleozoyik; çeşitli türde metaformik kayalar ve bunları kesen granitik sokulumla; Mesozoyik ; Üst Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları içeren Alt Triyas yaşlı kırıntılı kayalar, Orta-Üst Triyas yaşlı çoğunlukla karbonatlı çökel kayalar, Üst Jura-Alt kretase yaşlı kireçtaşları ve yerleşme yaşı Üst Kretase olan melanj birimiyle, (Üst Kretase yaşlı birimler daha yaşlı birimler üzerine bindirilmektedir.) Senozoyik ise; Alt Tersiyer yaşlı granitler, Miyosen yaşlı andezitik ve dasitik türde volkanitler ile Pliyosen yaşlı bazaltik türde volkanitler ve karasal çökeltilerle temsil edilmiştir.

Ege denizi ve çevresinde genel olarak D-B yönlü birçok graben bulunmaktadır. Bölgede yapılan çalışmalar graben oluşumlarını kuzey-güney yönlü gerilmenin kontrol ettiğini, gerilmenin yaşının en çok Tortonyere kadar indiğini, ancak grabenlerin bugünkü boyutlarına ulaşmalarının Pliyosene, hatta Pleistosen kadar çıktığını göstermektedir.

Batı Anadolu ve Ege'de meydana gelen D-B yönlü sıkışma sonucu ise daha önceki orojenik olaylar neticesinde kalınlaşmış olan kıta kabuğu kuzey-güney doğrultulu bindirmelerle kalınlaşmak yerine D-B doğrultulu normal faylarla K-G yönünde açılmaya başlamıştır.

Miyosen sonlarına kadar Biga yarımadası KD-GB uzanımlı tektonik blok görünümündedir. Miyoseni izleyen hareketlerle Kazdağı'nın yükselmesi, Çanakkale yöresinin alçalması sonucunu doğuran kuzeye doğru bir çarpılma olmuş ve Edremit çöküntüsü belirlemeye başlamıştır. Pliyosen ortalarındaki hareketler ise eski büyük blokta parçalanmalara neden olmuş, Gökçeada-Bozcaada şelf alanı ile Ezine-Behramkale K-G uzanımlı kesimi birer alçalım, Kazdağı'nın D-B kesimleri ise farklı oranlarda yükselme alanı olma eğilimi göstermiştir.



Pleyistosen'de Ezine-Behramkale'de alçalım azda olsa devam etmiş, Edremit körfezi çöküntüsü sürmüştür.

Bölgenin batısında geniş sedimanları ve volkanitleri etkileyen KG-KB-GD gidişli genç faylar mevcuttur.

2.2 Stratigrafik Jeoloji

İnceleme alanındaki kayaçlar, jeolojik oluş türlerine göre gruplandırılıp, yaşlıdan gence doğru sıralanmış ve kısa özellikleri anlatılmıştır.

Bu kaya birimlerinin yerleri ve yayılımları çevre jeoloji haritası ve kesitinde görülmektedir (Pafta B.1- Pafta B.2).

A. Melanj (Karmaşık Seri)

Çalışma alanında Şabadan Köyü kuzeydoğusu ve güneydoğusunda, Kısacıkaltı Köyü civarında izlenmekte olup taban kayacı niteliğindedir. Genellikle yeşil, kahverengi, mor renklere alacalı bir görünüm arzeder. Çökel, volkanik ve magmatik kayaçların belli bir etki sonucunda yerlerinden oynatılıp kopartılarak sürüklenmesi ve belli bir yerde depolanmasıyla oluşmuşlardır. Karmaşık bir kayaç topluluğudur.

Radyolorit, çamurtaşı, tuf, serpantin, diyabaz, gabro, mermer, metakumtaşı ile bunların içinde değişik boyut ve yaşta kireçtaşı bloklarından oluşur. Bu kayaçlar arasında herhangi bir stratigrafik istiflenme gözlenmez.

Çalışma alanımızda izlenmemekle birlikte yakın çevrede kendinden yaşlı birimlerin üzerine uyumsuz olarak geldiği tesbit edilmiştir. Muhtemel yaşı Üst Kretase'dir

B - Volkanik Kayaçlar

a. Andezit

Çalışma alanımızda Yapraklık mevki, Eskiköytepe, İkiztepeler, Alakayatepe, Helmetepe, Adacatepe ve Yaylatepede izlenmektedir. Senozoyik yaşlı birim kendinden yaşlı birimlerin üzerine uyumsuz olarak örter.

Andezitler genellikle altere olmuşlardır. Sağlam yapılı olarak görüldükleri bölgelerde pembemsi renklere ve sert yapılı olup akma yapıları izlenebilir.

Adeta tabakalanmayı andıran akma yapılarından ve sık eklemli olmamalarından dolayı yapı taşı olarak kullanılmaya elverişlidir. Yaylatepe güneyinde eskiden açılmış küçük çapta birkaç taş ocağı mevcuttur. Birim porfiritik bir yapıya sahiptir.

b. Aglomera

İnceleme alanımızda Çaytepeköy mahallesi, Küçükhusün köyü, Karamur köyü, Aşağıdarlaşık mahallesi civarında geniş yayılım gösterirler. Andezitlerin üzerinde yer almışlardır. Birim, her boyuttaki andezit blok ve çakıllarının çoğunlukla tuf çimento ile gevşek tutturulması sonucunda oluşmuştur. Gri, mor, yeşil renklerde izlenirler.

Eklem sistemleri çok gelişmiş olup genellikle KD-GB ve KB-GD yönünde daha yoğundur. Eklem aralıkları 1-2 mm aradan 2-3 cm ye kadar değişir. Bunlar kapalı çatlaklar olup çoğunlukla kil ile dolguludur. Yer yer kalsit dolguya da rastlanır.

Genellikle yüzeydeki aglomeralarda çimentolanmanın gevşek olması nedeniyle fiziksel ve kimyasal aşındırma daha yoğun olduğundan bağlayıcı aşınıp gitmiş, yer yer andezit blokları serbest kalmıştır.

c. Bazalt

İnceleme alanımızda Küçükkırca mevki, Ayvacıktepe, Çaltıköyü civarında izlenir. Andezit-Aglomeralardan genç olup Pliyokuvarterner yaşlı bazaltik magmanizma ürünüdür. Koyu yeşil, siyah renklerde ve tabakalanmayı andırır. 20-30 cm kalınlıkta akma yapıları gösterir. Eklem sistemleri çeşitli yönlerde ve gelişmiştir. Genellikle sıkı dokulu, camsı yapılı ve serttir. Altere olmuş kısımlarına inceleme alanımızda pek rastlanmaz.

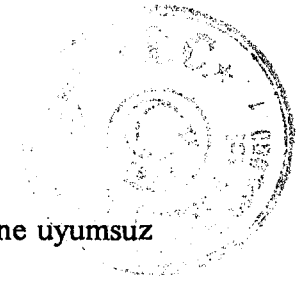
C - Tortul Kayaçlar

a. Ardalanmalı Seri

Ardalanmalı seri şeklindeki istif çalışma alanımızda Çelikli mevki, Kısacıkaltı Köyü batısı, Şabadan Köyü civarında yüzeylenir.

Killi kireçtaşları genellikle beyaz, sarımsı beyaz renklerde, ortalama 20-40 cm kalınlıkta tabakalanmalı, çok çatlak ve kırıklı az kıvrımlanmalıdır. Bu özellikleriyle kıltaşı, kumtaşı, konglemera ve çamurtaşlarından kolaylıkla ayırtlanabilir.

Kıltaşı, kumtaşı, konglomera ve çamurtaşları grimsi, yeşilimsi ve siyahımsı renklere sahiptirler. Tabakalanma yapıları izlenmez. İnce dokulu olup, fazla sert



yapıda değillerdir. Neojen yaşı seri, tabanı oluşturan karmaşık seri üzerine uyumsuz olarak yerleşmiştir.

b. Eski Alüvyon

İnceleme alanında Karamur köyü mezarlığı doğusunda, İkiztepelerin batı ve güney yamaçlarında, Palamut tepelerinde küçük yüzlekler halinde görülür. Genellikle kalınlıkları 1 m'yi geçmez. Eski dere yatağı birikintileri olup kum, çakıl, silt ve kil gibi malzemenin az çok çimentolanması ile meydana gelmişlerdir. Çakıllar genellikle incedirler ve çapları 3 cm yi geçmez. Yuvarlak yapılı olan bu çakıllar andezit, tüf, kireçtaşı ve metamorfit çakıllarıdır. İnceleme alanımızda andezit-altere andezitler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Kuvaterner'de oluşmuşlardır.

c. Yamaç Molozu

İnceleme alanımızda genellikle dik yamaçların eteklerinde görülürler. Yayılımları fazla olmayıp kalınlıkları 2-3 m'yi geçmez. Aglomeraların aşınmasıyla yamaçlardan yuvarlanan andezit blok ve çakıllarının yamaç eteklerinde depolanmasıyla oluşmuşlar ve genellikle tutturulmamışlardır.

d. Bitkisel Toprak

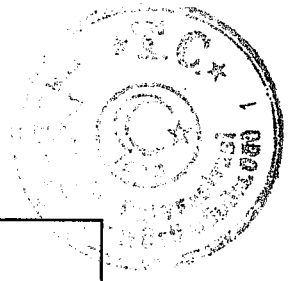
İnceleme alanımızda Çaltı köyü kuzeyinde, Palamut tepeleri civarında ve Ovalar mevkiinde geniş yayılımlara sahiptir.

Açık kahverenkli olup çevre kayaların aşınarak, alçak kotlarda depolanmasıyla oluşmuşlardır. Az miktarda çevre kayaların çakıl ve bloklarında içerirler. Kalınlıkları 3-4 m kadardır.

e. Alüvyon

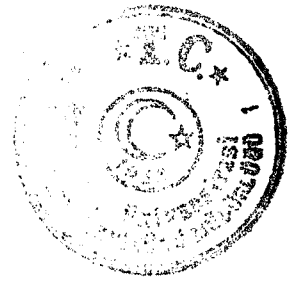
Dere yatağı boyunca izlenir. Topoğrafyanın düzlediği yerlerde 60 m'ye kadar genişlik göstermektedir. Kalınlığı 2 m'yi geçmez. Yağış alanındaki kayaç parçalarının dere içinde sürüklenerek biriktirilmesi sonucu meydana gelen kuvaterner yaşı oluşuktur.

Stratigrafik jeolojiyi açıklamak amacıyla ölçülmüş ve genelleştirilmiş stratigrafi kesitleri Şekil 2.1'de gösterilmiştir [1].



Üst Sistem	Sistem	Seri	Kalınlık (m)	L İ T O L O J İ			
SENEZOYİK	KUVATERNER		1-2		Alüvyon		
			3		Bitkisel Toprak		
			2-3		Yamaç Molozu		
			2		Eski Alüvyon		
	TERSİYER	PLİYO KUVA				Bazalt	
		EOSEN-MİYOSEN					Aglomera
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE			Uyumsuzluk		
					Kiltaş-Killi kçt. Konglomera-Çamurtaşı		
					Uyumsuzluk		
					Melanj		
					Metomorfik+Kristalize kçt.		

Şekil 2.1 Çanakkale-Ayvacık Barajı ve Civarının Genelleştirilmiş Sütun Kesiti



2.3 Yapısal Jeoloji

a- Tabakalanma

Tabakalanma yapısı gösteren killi kireç taşlarının tabaka kalınlıkları 10-30 cm arasındadır. Doğrultuları KB-GD olup eğim dereceleri 5° ile 30° arasında değişmektedir. Eğim yönleri ise Şabadan köyü civarındaki mostralarda GB, Çeltikli mevki civarlarında KD dur.

b- Akma Yapısı

Andezitlerdeki akma yapıları da KB-GD doğrultulu, 15° -35° arasında GB eğimlidir.

c. Kıvrımlanma

İnceleme alanındaki neojen tortulları eğik kıvrımlar oluşturmuştur.

d. Eklemlenme

Andezit, aglomera ve bazaltlardaki eklemlerin doğrultuları çoğunlukla KD-GB dir. Eğimleri de 50°-85° KB dir. Eklemler bazen açık, yer yer de kil dolguludur. Çatlak açıklıkları 1-5 mm'den 2-3 cm'ye kadar değişir. Çatlak sıklığı 0,3-1 m kadardır.

e. Diskordans-Konkordans

İnceleme alanında temel kaya olan melanj üzerinde neojen tortulları uyumsuz olarak bulunur.

Volkanik birimlerden andezit, aglomera ve daha genç olan bazaltlar neojen tortullarını uyumsuz olarak örterler.

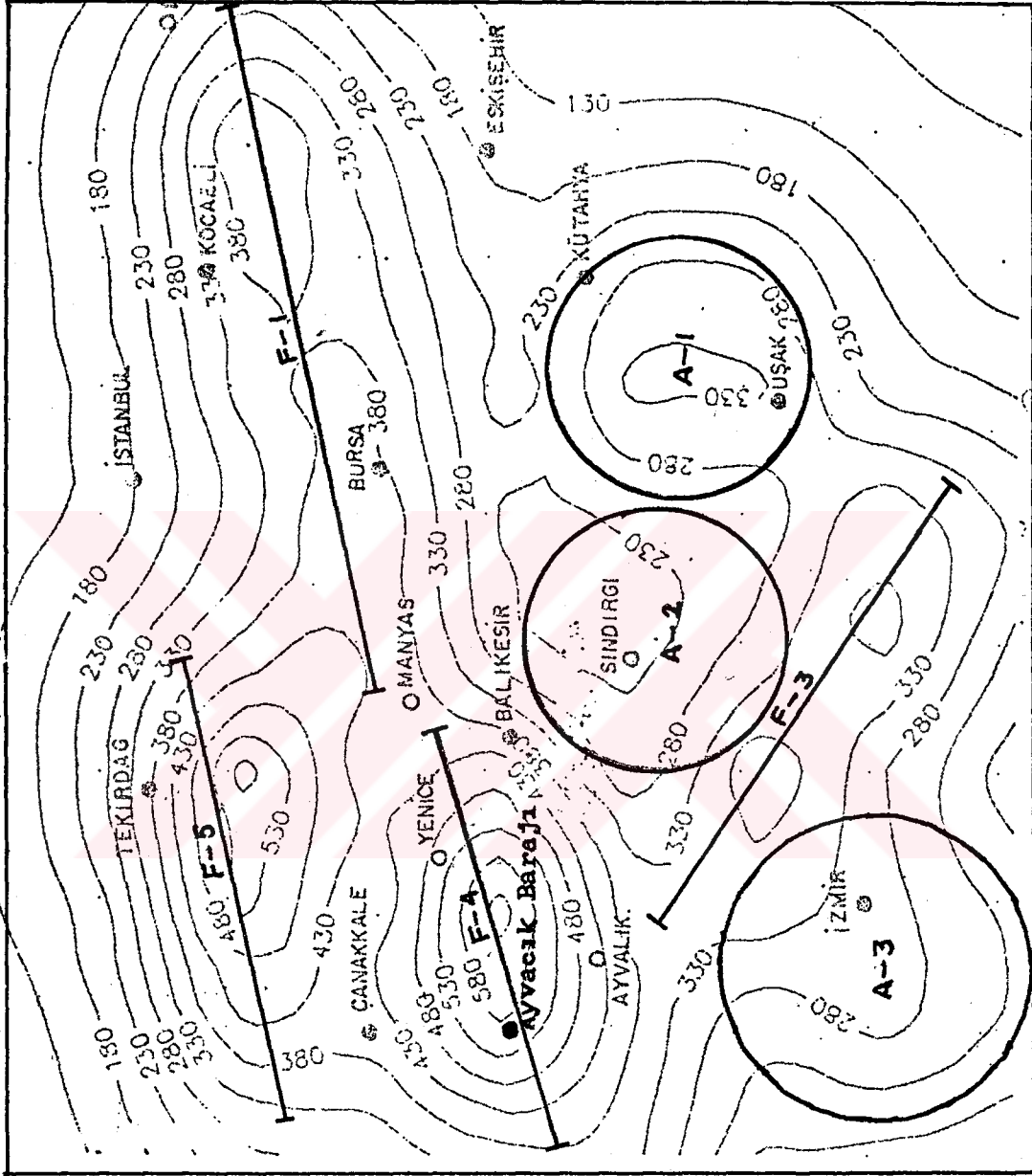
İnceleme alanında Kuvaterner yaşlı oluşuklar daha yaşlı formasyonlar üzerine uyumsuz olarak yerleşmişlerdir.

2.4 Depremsellik

İnceleme alanı Türkiye Sismotektonik haritasında III. derece deprem kuşağında yer almaktadır. DSİ Genel Müdürlüğü Jeofizik Dairesi tarafından Ayvacık Baraj yeri ile ilgili deprem risk analizleri yapılmıştır [1].

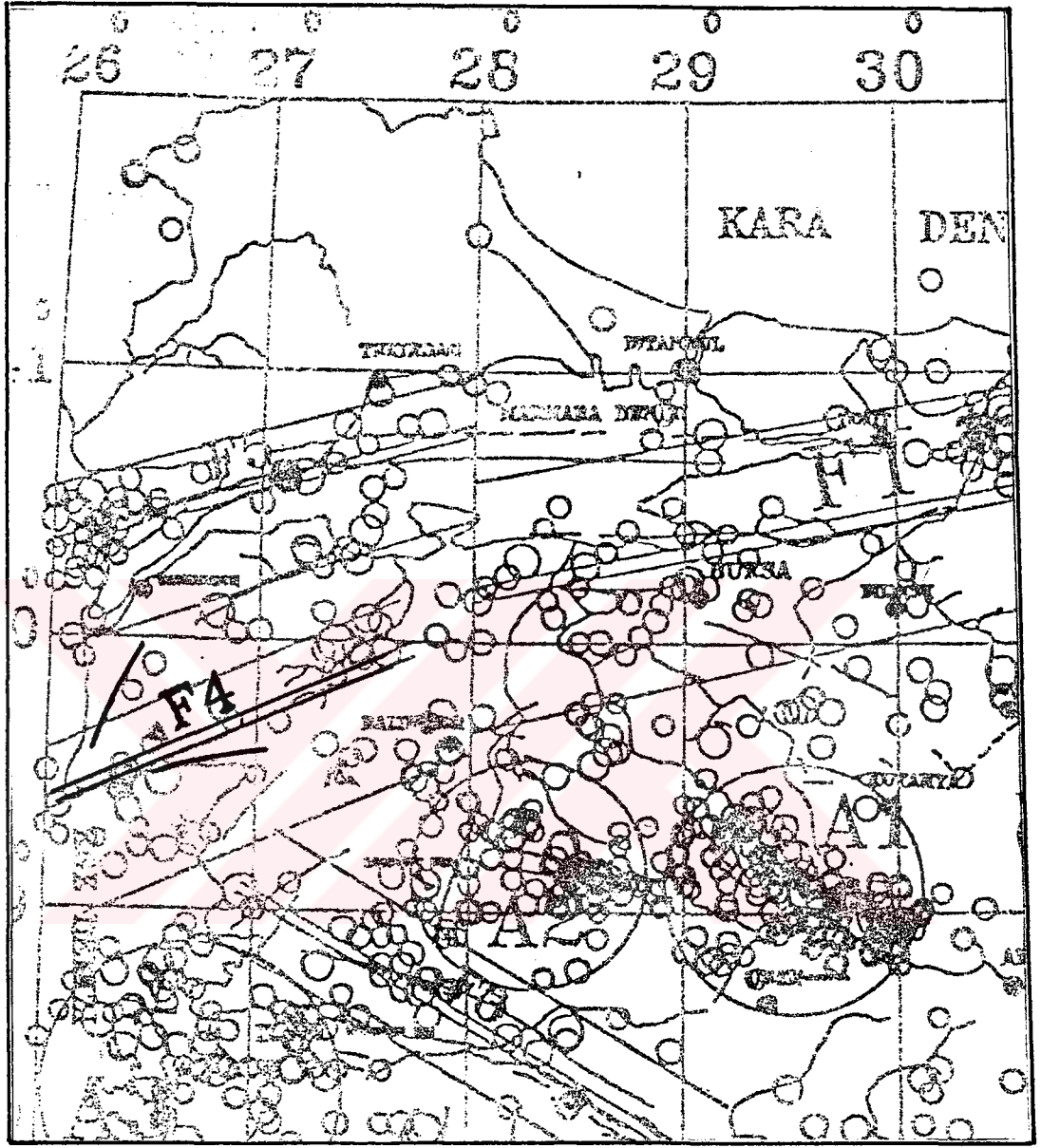


Buna göre; Ayvacık baraj yeri F-4 çizgisel deprem kaynağının içerisindeydir. F-4 çizgisel deprem kaynağı batıda Edremit Körfezi ve Ayvalık ilçesini, doğuda Yenice-Gönen ve Balıkesiri de içerisinde almaktadır (Şekil 2.2).



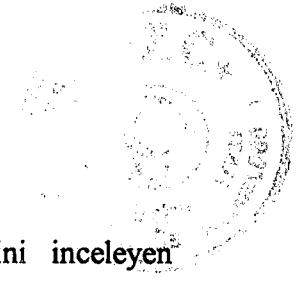
Şekil 2.2 Çanakkale - Ayvacık Barajı eş-ivme haritası (50 yıl - 0.10 olasılıkla)

Bu deprem kaynağı içinde tektonik unsur olarak baraj yerini etkileyebilecek iki fay hattı mevcuttur. Bunlardan biri Edremit'den başlayarak kıyıya paralel, Ayvacığın hemen güneyinden batıya uzanmaktadır. Diğeri de Yenice-Gönen arasında kalan fay hattıdır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Çanakkale - Ayvacık Barajı Sismo-Tektonik Haritası. (1900 - 1990 Dönemi)

Depremler sırasında birçok doğal ve yapay şev in göçtüğü bilinmektedir. Dolgu barajların kullanılan malzeme itibarıyla ,gerilme deformasyon ilişkisi açısından lineer olmayan özellikler göstermeleri ve baraj malzemesinin çekmeye karşı mukavemetinin olmaması, diğer yapılardan ayrılan önemli noktaldır. Bu nedenlerle dolgu barajlarda deprem etkisinin incelenmesi, diğer yapılara oranla çok daha önemlidir.



Japonya'daki ve diğer ülkelerdeki barajlarda deprem etkisini inceleyen Okamoto (1973), aşağıdaki sonuçları bulmuştur [2].

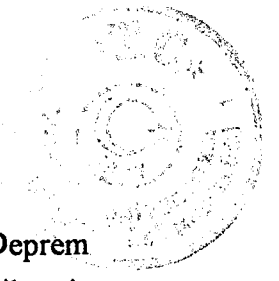
- ◆ Aynı karakterli bir deprem olduğunda genç barajlar yaşlı barajlardan daha fazla zarar görür.
- ◆ Barajın yapıldığı malzemenin uniform olmaması halinde veya baraj ekseninin kavisli olması halinde deprem hasarının daha fazla olması beklenir.
- ◆ Temel zeminin "sertliği" ile deprem hasarı arasında belirli ve basit bir ilişki kurulamamıştır.
- ◆ Deprem hareketinin yönü, baraj ekseninin, kret uzunluğu genişliği ve şev eğimi ile deprem hasarı arasında belirli bir ilişki kurulamamıştır.

Deprem barajlar üzerindeki etkisinin gözlemler arttıkça daha iyi anlaşılacağı görülmektedir. Bundan dolayı her baraj kendisine özgü koşullar altında bir değerlendirmeye tabi tutulmalıdır. Bu değerlendirme ve projelendirme aşamasında dinamik analiz yöntemlerinin uygulanması zorunludur.

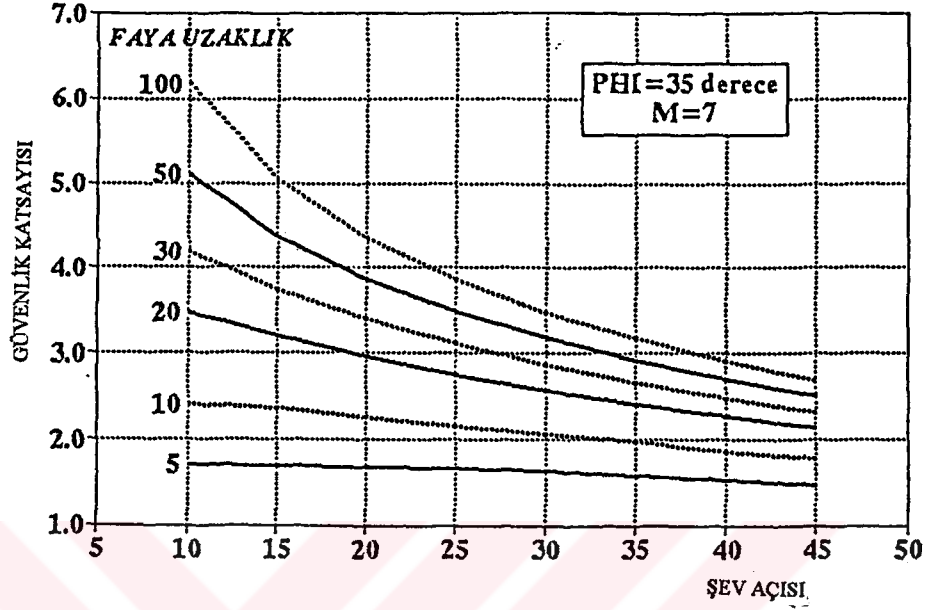
Depremler sırasında oluşan yer hareketleri değişken ve düzensiz bir yüklem niteliği gösterirler. Bu da zemin tabakalarında tekrarlı, fakat düzensiz kayma gerilmelerinin oluşmasına yol açar. Tekrarlı kayma gerilmeleri nedeniyle zeminlerdeki mukavemet azalmasının iki nedeni vardır. Birinci neden tekrarlı gerilmeler nedeniyle boşluk suyu basıncının artması ve efektif gerilmelerin azalması, ikinci neden ise tekrarlı kayma gerilmelerinin yol açtığı, terarlı şekil değiştirmelerin tane yapısında bir yoğrulmaya neden olmasıdır. Bu kapsamda kayma mukavemetindeki azalma "depremler sırasında oluşan durum" ve "deprem sonrası durum" olmak üzere iki aşamada incelenebilmektedir [3].

Zeminlerdeki mukavemet azalmasının birinci nedeni olan boşluk suyu basıncının artmasıyla ilgili bir çalışma sonucuna göre [3], deprem nedeniyle oluşacak boşluk suyu basınçlarının depremin, magnitüdünden, şevin faya uzaklığından, zeminlerin kayma mukavemeti açısından önemli şekilde etkileneceği ortaya çıkmaktadır. Aynı çalışmada deprem sırasında oluşabilecek boşluk suyu basınçlarını hesaba katmadan ve katarak yapılan stabilite analizi sonuçları şekil 2.4 ve şekil 2.5'de gösterilmiştir.

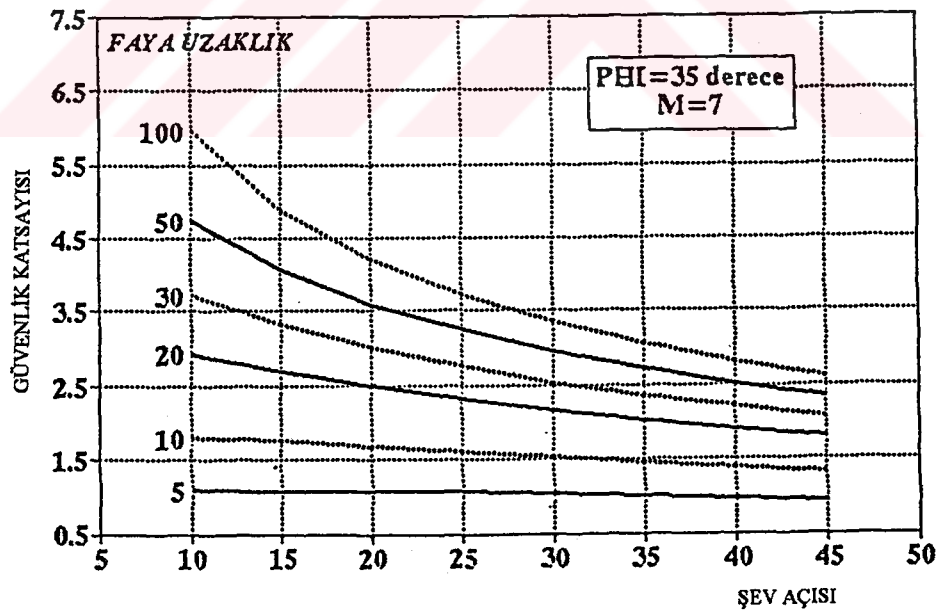
Şevlerin stabilitesi dışında diğer bir konu da, baraj yerinin sağlam bir zemine sahip olmasıdır. Kuvvetli deprem hareketi yerel jeolojik şartlardan etkilenmektedir. Son yıllarda elde edilen deprem verilerine dayalı olarak yeni zemin sınıflandırmaları,



azalım ilişkileri ve yer bağımlı davranış spektrumları geliştirilmiştir. Deprem hareketiyle zemin sınıfları arasındaki istatistik korelasyonlar çok daha iyileşmiş bulunmaktadır [4].

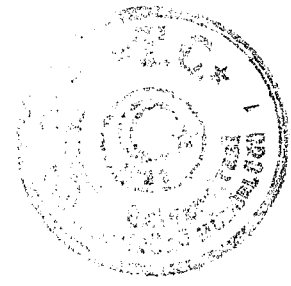


Şekil 2.4 Güvenlik Katsayısı - Şev Açısı değişimi (Deprem sırasında boşluk suyu basıncı olmadan)



Şekil 2.5 Güvenlik Katsayısı - Şev Açısı değişimi (Deprem sırasında boşluk suyu basıncı ile)

Sonuç olarak Ayvacık Baraj yeri için yatay deprem katsayısının yüksek alınması gerekmektedir.



3. TEMEL ARAŞTIRMALARI

3.1 Temel Sondajları

Baraj aks yeri, dolusavak ve tünel güzergahında (Pafta B.3, Pafta B.4) olmak üzere sekiz adet, toplam 340 m uzunluğunda temel sondaj kuyusu açılmıştır [1].

Bu sondajlarda jeomekanik özellikler için karot yüzdesi ve RQD kaya kalitesi saptanmış ve yeraltı suyunun seviyesi tesbit edilmiştir. Geçirimsizlik ölçümlerinde su basma deneylerinden, kaya temeller için en uygun deney olan basıçlı su deneyi uygulanmıştır. Kayaçların geçirimsizlik yönünden sınıflandırılmaları lugeon birimine göre yapılmıştır.

Yapılan bütün sondajlar aglomera birimi içinde kalmıştır. Ancak baraj yüksekliği ve tünel güzergahındaki değişiklikler nedeniyle sondaj yerlerinde sapmalar mevcuttur.

a. Jeomekanik Özellikler

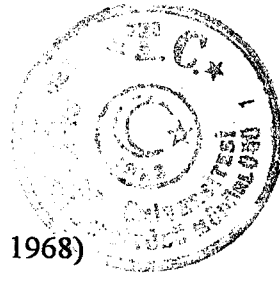
Karot yüzdesi: Bu tanım ile, kayaçların niteliği, çatlak sıklığı vb. özellikleri konusunda sayısal değerler verilemez. Sadece iyi, sağlam yada kötü kırıklı gibi özellikler konusunda yaklaşık varsayımlar yapılabilmektedir. Karot yüzdesi hesaplanmasında insan faktörü, kullanılan karotiyer cinsi, derinlik ve ortam şartlarının etkisi büyüktür. Bu nedenle karot yüzdeslerine göre kayaçlar rakamsal verilerle sınıflandırılmamıştır [5].

Kaya kalitesi (RQD-Rock Quality Designation) :

RQD, karot yüzdesinin değiştirilmiş şekli olup, aşağıdaki ifade ile verilmektedir.

$$RQD \% = \frac{10 \text{ cm ve daha büyük karotların toplam uzunluğu}}{\text{Açılan sondaj uzunluğu}} \times 100$$

Bu özellik, son yıllardaki yoğun çalışmalar sonucu, 1968'de Deere tarafından kullanılmış ve bu sayede karot boylarından yararlanarak kayaçların kalitesi sayısal verilerle tanımlanabilmiştir [5]. RQD ye göre kayaçlar kalite yönünden çizelge 3.1'deki gibi sınıflandırılmışlardır.

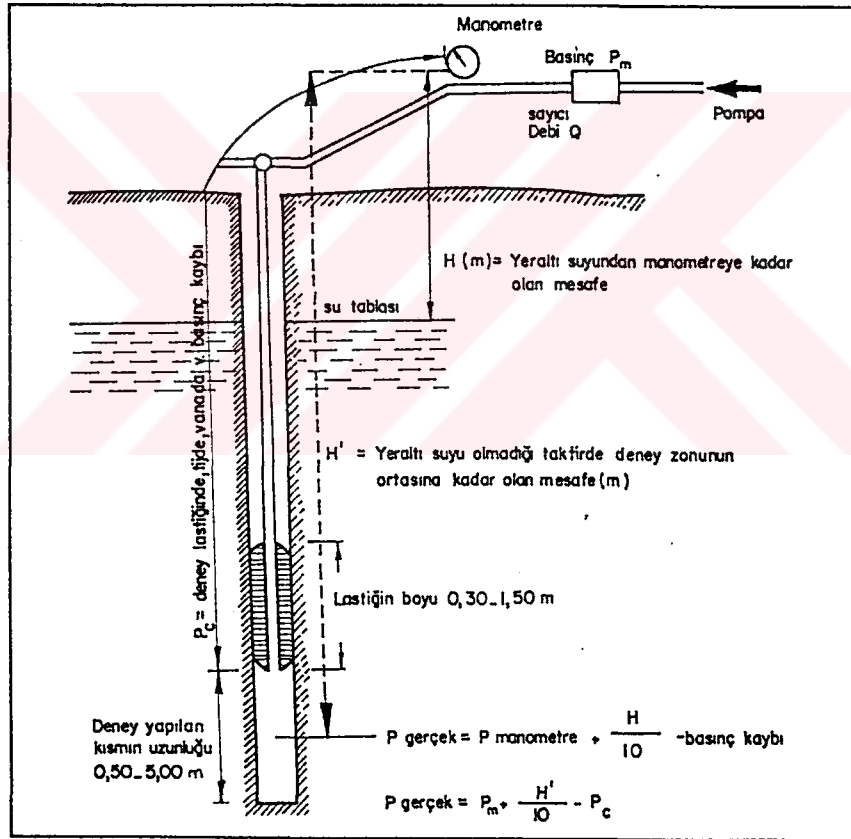


Çizelge 3.1 Kayaçların kaya kalitesine göre sınıflandırılması (Deere 1968)

ROD	Kaya Tanımı
100-90	Cok iyi kaliteli
90-75	İyi kaliteli
75-50	Orta kaliteli
50-25	Kötü kaliteli
25 >	Cok kötü kaliteli

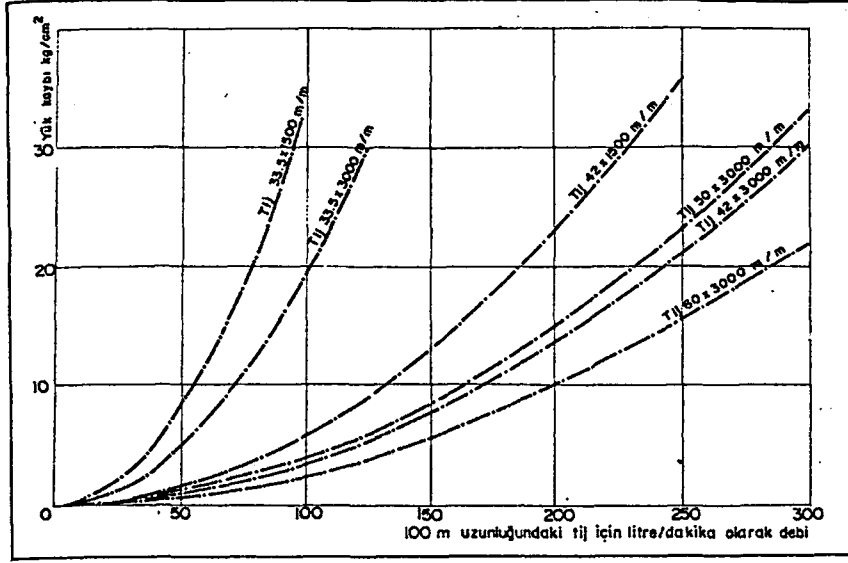
b. Basıncılı Su Testleri (Lugeon Yöntemi)

Temelde yapılan basıncılı su deney sonuçlarının değerlendirilmesinde Lugeon Yöntemi kullanılmıştır. Lugeon, 10 atmosfer gerçek basınç altında bir dakikada, 1 m uzunluğundaki deney zonunda litre olarak basılan su miktarıdır. Şekil 3.1'de Lugeon deneyinin yapılışı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Lugeon deneyinin yapılışı

Deneyde gerçek basıncın hesaplanmasında gerekli olan P_c , Basınç kaybı değeri şekil 3.2'den bulunmaktadır. Deney sonunda her deney zonu için lugeon eğrileri çizilmektedir. Bu eğri üzerinde 10 atmosfer hakiki basınca karşıt gelen emilme katsayısı, deney zonu lugeon birimi olarak geçirimsizliğidir.



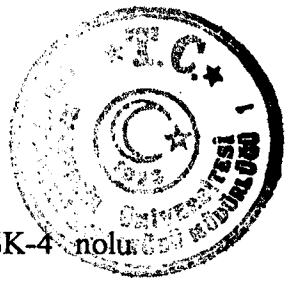
Şekil 3.2 Tij ve manjondaki yük kaybını gösterir abak

Ayvacak barajına ait geçirimsizlik deney sonuçlarından bir örnek çizelge 3.2 ve çizelge 3.3'de gösterilmiştir. Bu örneklerde kuyulardaki geçirimsizlik deneyinde 10 atmosfer basınç uygulanma ve uygulanamama durumuna göre yapılan değerlendirmeler görülmektedir.

Lugeon deneyi ile elde edilen değerlere göre kayaların geçirimsizliğinin sınıflandırılması şu şekildedir:

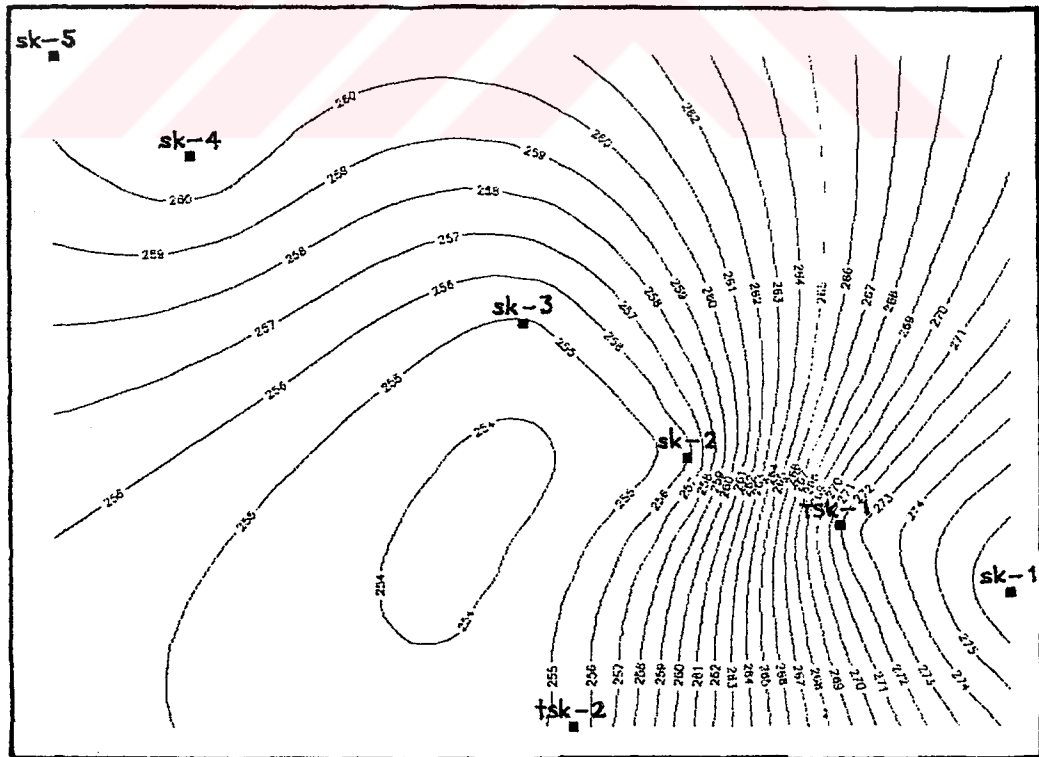
1 Lugeondan az.....	Geçirimsiz
1-5 Lugeon.....	Az geçirimli
5-25 Lugeon.....	Geçirimli
25 Lugeondan çok.....	Çok geçirimli

YAS seviyesi ölçümlerine göre bilgisayar ile oluşturulan su tablası haritası Şekil 3.3'de görülmektedir.



Çizelge 3.2 Ayvacık Barajı geçirimsizlik deneyine bir örnek (SK-4 nolu sondajda 10 atmosfer basınç uygulanamama durumu)

DERİNLİK (m)	2 atm			4 atm			6 atm			8 atm			Lugeon Değeri
	Q l/d	(Peff) G.Bas.	(rU) Emilme	Q l/d	(Peff) G.Bas.	(rU) Emilme	Q l/d	(Peff) G.Bas.	(rU) Emilme	Q l/d	(Peff) G.Bas.	(rU) Emilme	
2	Kuyu ağzından su geldiği için tecrübe yapılmadı												
4	Kuyu ağzından su geldiği için tecrübe yapılmadı												
6	15.00	2.55	0.75	31.00	4.55	1.55							3.73
8	21.00	2.75	1.05	27.00	4.75	1.35							2.14
10	20.00	2.95	1.00	21.00	4.95	1.05							1.13
12	27.00	3.15	1.35	30.00	5.15	1.50	34.00	7.15	1.70				1.99
14	8.00	3.35	0.40	12.00	5.35	0.60	29.00	7.35	1.00				1.53
16	10.00	3.55	0.50	14.00	5.55	0.70	22.00	7.55	1.10				1.57
18	12.00	3.75	0.60	16.00	5.75	0.80	24.00	7.75	1.20				1.65
20	14.00	3.95	0.70	18.00	5.95	0.90	27.00	7.95	1.35				1.81
22	20.00	4.15	1.00	24.00	6.15	1.20	30.00	8.15	1.50	49.00	10.15	2.00	1.96
24	6.00	4.35	0.30	10.00	6.35	0.50	12.00	8.35	0.60	16.00	10.35	0.80	0.77
26	4.00	4.55	0.20	6.00	6.55	0.30	8.00	8.55	0.40	10.00	10.55	0.50	0.47
28	5.00	4.75	0.25	7.00	6.75	0.35	10.00	8.75	0.50	14.00	10.75	0.70	0.61
30	2.00	4.95	0.10	13.00	6.95	0.95	13.00	8.95	0.95	15.00	10.95	0.75	0.84
32	10 atm. basınca uygulandı												
34	"												
36	"												
38	"												
40	"												
42	kuyu ağzından su geldiği için tecrübe yapılmadı.												
44	10 atm. basınca uygulandı.												
46	"												



Şekil 3.3 Ayvacık Barajı su tablası haritası

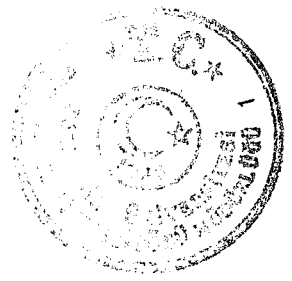


Çizelge 3.3 Ayvacık Barajı geçirimsizlik deneyine bir örnek (sk-1 nolu sondajda 50-52 metreler arası 10 atmosfer basınç uygulanma durumu)

Deney basla- madan önceki manometre ve YAS seviye kotu	P _m Manometre basıncı: kg/cm ²	T Deney suresi: (d)	Q _k Toplam su kaçağı: (l)	H/10 Statik yük (kg/cm ²)	P _c Toplam yük kaybı (kg/cm ²)	P _e P _m +H/10-P _c Hak.basıncı: (kg/cm ²)	l/m/d Emilme katsayısı
Deney kotu+ manometre yük. 308.300	2	10	5	3.125	0.000	5.125	0.250
	4	10	17		0.002	7.123	0.850
Kuyu kotu- YAS derinliği. 277.050	6	10	17		0.002	9.123	0.850
	8	10	21		0.002	11.123	1.050
A - B 31.250	10	10	23		0.003	13.122	1.150
	0	0	0		0.000	0.000	0.000
Kuyu kotu 306.320	0	0	0	0.000	0.000	0.000	
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	
	0	0	0	0.000	0.000	0.000	

Emilme	HAKIKI BASINÇ (kg/cm ²)
0	0
1	10
2	10
3	10
4	10
5	10
6	10
7	10
8	10
9	10
10	10
11	10
12	10
13	10

HAKIKI LUGEON BİRİMİ: 0.94
GECİRİMSİZ
< 1 LUGEONDA ENJEKSİYON GEREKMEZ



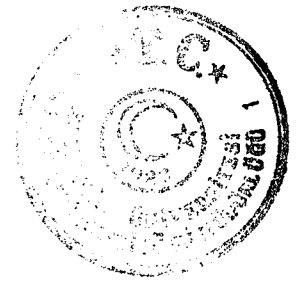
Temel sondajlarla ilgili detaylı bilgiler

SK-1 nolu sondaj :

1-19.9.1990 tarihlerinde sol sahilde 60 m derinlikte açılmıştır. Kotu 306.30, ortalama karot %78 dir.

SK-1 Sondajında; 13-14, 38-40, 44-46, 48-60 m'ler arasındaki birim kötü kaliteli çok çatlaklı ve kırıklıdır. 20-26. m ler arasında birim geçirimli özellik göstermektedir. Yeraltı suyu seviyesi en düşük 29,25 m'de bulunmuştur.

Metraj	Karot %si	Kaya Niteliği (RQD)	Geçirimsizlik (Luqeon)	Tanımlama
0.00-2.00	100	21		0.00-2.00 m <i>AGLOMERA: Mor renkli, yer yer sert, yer yer altere olmuş.</i>
2.00-3.00	-	-	Lastik	2.00-3.00 m
3.00-4.50	-	-	tutturulamadı	ALTERE AGLOMERA:
4.50-6.00	-	-		<i>Pembemsi-mor renkli, tamamen ayrılmış yer yer 3-5 cm boyutunda andezit çakılları içeriyor.</i>
6.00-7.50	-	-		
7.50-9.00	-	-		
9.00-10.50	-	-	Kuyu ağzında	
10.50-12.00	-	-	su geldi	
12.00-13.00	-	-		
13.00-14.00	100	40		13.00-48.70 m
14.00-16.00	100	70	2.88	<i>AGLOMERA:Pempemsi, gri renkli, orta sert, 1-5 cm boyundaki köşeli andezit çakılları tüf çimento ile iyi tutturulmuş, alterasyon yok kırık ve çatlaklı karot boyu 2-50 cm</i>
16.00-18.00	100	70	2.00	
18.00-20.00	100	85	0.00	
20.00-22.00	100	90	5.63	
22.00-24.00	100	60	4.96	
24.00-26.00	100	90	5.31	<i>12.25-15.40, 16.25-16.50</i>
26.00-28.00	100	85	0.35	<i>22.20-22.75, 23.50-24.00</i>
28.00-30.00	100	80	0.54	<i>26.50-26.80, 29.10-29-30 m'ler</i>
30.00-32.00	100	75	1.39	<i>arası çok çatlaklı</i>
32.00-34.00	100	70	1.99	
34.00-36.00	100	80	1.14	
36.00-38.00	100	60	0.89	
38.00-40.00	100	25	1.55	
40.00-42.00	100	60	0.00	
42.00-44.00	100	55	0.38	



44.00-46.00	100	40	0.37
46.00-48.00	100	30	0.90
50.00-52.00	60	20	0.94

48.70-54.00 m

AGLOMERA: Beyazımsı-bej renkli, orta sert,

0,2-5 cm büyüklüğünde kilaşı, marn, andezit çakılları tüf çimento ile gevşek tutturulmuş karot boyu 2-15 cm, alterasyon yok, kırık ve çatlaklı.

52.00-54.00	50	15	0.71
-------------	----	----	------

48.70-49.00, 51.30-52.00

52.10-52.75 m'ler arası çok çatlaklı.

Çatlaklarda alterasyon gözleniyor.

54.00-56.00	65	40	1.00
-------------	----	----	------

54.00-60.00

AGLOMERA: Beyazımsı-bej renkli orta-sertlikte 2-5 cm boyundaki andezit, kil taşı çakıllarının gevşek

56.00-58.00	100	45	1.52
-------------	-----	----	------

tutturulması ile oluşmuş az alterasyon var, karot boyu 2-30 cm çatlaklı

58.00-60.00	50	10	2.32
-------------	----	----	------

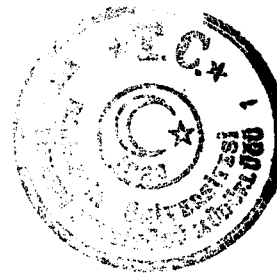
58.00-60.00 m'ler arası çok çatlaklı

SK-2 Nolu sondaj:

23-28.8.1990 Tarihlerinde açılmış olan kuyunun kotu 273.80 dir. Sol sahilde 35 m derinliktedir. Ortalama karot % 100 dür.

SK-2 Sondajında; 18-20, 32-35 m ler arasında aglomera kötü kalitelidir. 12-24, 32-35 m ler arasında geçirimli özellik göstermektedir. Yeraltı suyu seviyesi en düşük 18.52 m de bulunmuştur.

Metraj	Karot %si	Kaya Niteliği (RQD)	Geçirimsizlik (Luqeon)	Tanımlama
0.00-2.00	100	60	2atm basınç	<u>0.00-17.80 m</u>
2.00-4.00	100	65	uygulandı	<i>AGLOMERA: Pembemsi, grimsi renkli,</i>
4.00-6.00	100	85	1.05	<i>ortak sertlikte alterasyon yok 1-5 cm</i>
6.00-8.00	100	85	2.62	<i>büyüklüğünde andezit çakılları iyi</i>
8.00-10.00	100	90	3.98	<i>tutturulmuş.</i>
10.00-12.00	100	80	1.13	<i>Ayrışma yok az çatlaklı karot boyu 5-60</i>
12.00-14.00	100	90	10.04	<i>cm</i>
14.00-16.00	100	60	7.68	
16.00-18.00	100	60	6.27	



18.00-20.00	100	25	6.66	<u>17.80-20.00 m</u> <i>AGLOMERA: Pembemsi renkli, bağlayıcı olan tüf aşınarak daha dayanıklı olan andezit çakıllarının aşınmasına bağlı olarak pürtüklü bir yapı kazanmış çok çatlaklı kırıklı.</i>
20.00-22.00	100	65	16.79	<u>20.00-22.80 m</u> <i>AGLOMERA: Pembemsi renkli, çok ayrılmış, tırnakla çiziliyor. Kırıklı</i>
22.00-24.00	100	70	11.32	<u>22.80-30.20 m</u>
24.00-26.00	100	85	4.18	<i>AGLOMERA: Pembemsi renkli, 2-5 cm</i>
26.00-28.00	100	55	2.35	<i>boyunda andezit çakılları tüf çimento</i>
28.00-30.00	100	75	3.11	<i>ile iyi tutturulmuş sağlam ayrışma yok.</i>
				<i>Kırıklı</i>
30.00-32.00	100	70	4.07	<u>30.20-32.00 m</u> <i>AGLOMERA: Beyaz renkli, orta sertlikte, alterasyon yok, gevşek çimentolu, kırıklı karot boyu 5-20 cm</i>
32.00-34.00	100	40	20.13	<u>32.00-35.00 m</u> <i>AGLOMERA: Beyaz renkli, ortasert, ayrışma yok, çok kırık ve çatlaklı, gevşek çimentolu.</i>
34.00-35.00	100	40	5.29	

SK-3 nolu sondaj:

Talvegde , 35 m derinliğinde 22-29.8.1990 tarihleri arasında açılmıştır. Kotu 254,78 m dir. Ortalama karot % 96 dır.

SK-3 Sondajında; 2-12 m ler arasındaki birim kötü kalitelidir. Su tecrübesi yapılan tüm kademelerin geçirimli özellikte olduğu görülmüştür. Yeraltı suyu seviyesi dere kotunda bulunmaktadır.

Metraj	Karot %si	Kaya Niteliği (RQD)	Geçirimsizlik (Luqeon)	Tanımlama
0.00-2.00	100	60		<u>0.00-1.00 m</u>
2.00-4.00	100	32	Kuyu ağzından	<i>ALÜVYON: Tutturulmamış çakıl ve</i>
4.00-6.00	67	25	su geldi	<i>kum</i>
6.00-8.00	100	20		<u>1.00-35.00 m</u>
8.00-10.00	100	45		<i>AGLOMERA: Gri renkli, orta sertlikte,</i>
10.00-12.00	90	25		<i>tüf çimento ile 1-5 cm boyundaki</i>

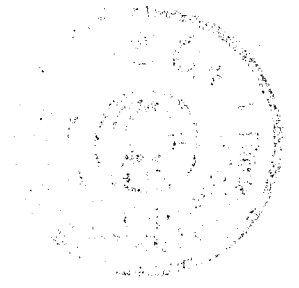
12.00-14.00	100	65		<i>andezit çakılları iyi tutturulmuş.</i>
14.00-16.00	100	75	8.71	<i>Ayrışma yok, kırıklı, karot boyu 5-50</i>
16.00-18.00	100	90	10.00	<i>cm. 2.30-8.00,8.70-8.80,9.00-9.10,</i>
18.00-20.00	100	65	11.04	<i>10.10-10.30, 31.70-33.00 m'ler arası</i>
20.00-22.00	100	75	kuyu ağzından	<i>çok çatlaklı-kırıklı.</i>
22.00-24.00	100	90	su geldi	
24.00-26.00	100	95	33.56	
26.00-28.00	100	70	41.88	
28.00-30.00	100	70	38.78	
30.00-32.00	100	75	6.73	
32.00-34.00	100	50	kuyu ağzından	
			su geldi	
34.00-35.00	100	65	11.43	

SK-4 Nolu sondaj:

1-10.9.1994 tarihlerinde sağ sahilde 45 m derinlikte açılmıştır. Kotu 292.30 m ortalama karot % 88 dir.

SK-4 Sondajında ;1.5-3, 12-14, 16-22, 44-45 m'ler arasında birim kötü kalitelidir. Su tecrübesi yapılan kademeler geçirimsiz ve az geçirimli özelliindedir. Yeraltı suyu seviyesi yaklaşık 31.30 m'de bulunmuştur.

Metraj	Karot %si	KayaNiteliği (RQD)	Geçirimsizlik (Luqeon)	Tanımlama
0.00-1.50	100	66	kuyu ağzından	0.00-36.00 m
1.50-3.00	90	40	su geldi	<i>AGLOMERA: Gri renkli orta sertlikte,</i>
3.00-4.00	90	60		<i>çok az ayrışma var. 0,2-10 cm</i>
4.00-6.00	100	75	3.73	<i>büyükteki andezit çakılları tüf</i>
6.00-8.00	100	65	2.14	<i>çimento ile iyi tutturulmuş. Çatlaklı</i>
8.00-10.00	100	82	1.18	<i>karot boyu 5-50 cm</i>
10.00-12.00	100	65	1.99	<i>17.00-18.00, 20.00-22.00</i>
12.00-14.00	100	45	1.53	<i>m'ler arası çok çatlaklı.</i>
14.00-16.00	100	75	1.59	
16.00-18.00	50	15	1.65	
18.00-20.00	50	35	1.81	
20.00-22.00	50	10	1.96	
22.00-24.00	100	55	0.77	
24.00-26.00	100	82	0.47	



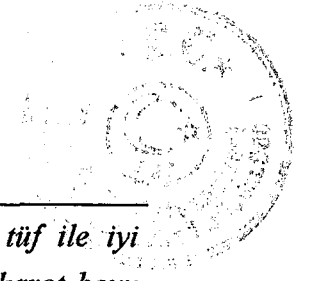
26.00-28.00	100	90	0.63	
28.00-30.00	90	70	0.84	
30.00-32.00	100	72	0.00	
32.00-34.00	100	65	0.00	
34.00-36.00	100	85	0.00	36.00-45.00 m
36.00-38.00	100	50	1.30	<i>AGLOMERA: Beyazımsı-bej renkli, orta sert 0,2-5 cm boyunda andezit çakılları tuf ile gevşek çimentolanmış</i>
38.00-40.00	100	60	1.15	<i>çatlaklı, karot boyu 5-50 cm</i>
40.00-42.00	100	80	0.00	
42.00-44.00	90	50	2.09	
44.00-45.00	60	10	3.95	<i>43.50-45.00 m'ler arası çok çatlaklı ve orta derecede ayrılmış.</i>

SK-5 nolu sondaj:

Sağ sahilde 65 m derinlikte açılmıştır. Kotu 305.77 m dir. Açılış tarihi 25-8/17-9-1990 dır. Ortalama karot % 85 dir.

SK-5 nolu sondajda ; 0-36 , 42-46 ve 62-65 m arasında aglomeralar kötü-çok kötü kalitelidir. Geçirimsizlik testlerinde ilk kademelerde genellikle lastik tutturulamamıştır. 48 m den sonra tecrübe takımı kuyuda kalmış su tecrübesi yapılamamıştır. 34-48 m ler arasında yapılan su tecrübelerine göre aglomeralar geçirimsiz ve az geçirimli olarak tesbit edilmiştir. Yeraltısuyu seviyesi en düşük 45.42 m de ölçülebilmştir.

Metraj	Karot %si	Kaya Niteliği (RQD)	Geçirimsizlik (Luqeon)	Tanımlama
0.00-2.50 m	55	8		0.00-18.00m
2.50-4.00	66	13		<i>AGLOMERA: Gri renkli çok sert, silisifiye olmuş yer yer erime boşlukları</i>
4.00-6.00	40	10	Lastik	<i>gelişmiş bu boşluklar kalsit dolgulu çok</i>
6.00-8.00	82	20	tutturulamadı	<i>çatlaklı karot boyu 2-20cm</i>
8.00-10.00	82	3		
10.00-12.00	65	6		
12.00-14.00	80	45		
14.00-16.00	80	35	Kuyu ağzından su geldi	
16.00-18.00	77	22	Lastik tutturulamadı	
18.00-20.00	95	25	Kuyu ağzından	18.00-25.20 m
20.00-22.00	100	40	su geldi	<i>AGLOMERA: Pembemsi-gri renkli, orta sert, az ayrılmış, 1-5 cm</i>
22.00-24.00	100	10	Lastik	



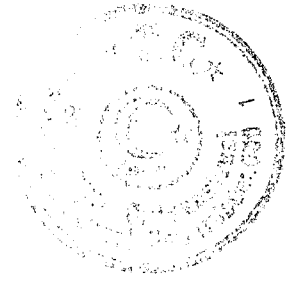
24.00-26.00	80	22	tutturulamadı	boyundaki andezit çakılları tüf ile iyi çimentolanmış. Çok çatlaklı karot boyu 2-30 cm
26.00-28.00	75	20		
28.00-30.00	55	10		
30.00-32.00	47	10		25.20-32.50 m
				AGLOMERA: Gri renkli çok sert-sağlam, silisifiye olmuş. Çok çatlaklı-kırıklı karot boyu 2-15 cm
32.00-34.00	100	25		
34.00-36.00	100	32	1.50	
36.00-38.00	100	60	0.98	
38.00-40.00	100	55	1.30	32.50-55.00 m
40.00-42.00	100	50	0.88	AGLOMERA: Pembemsi gri renkli, orta sertlikte, alterasyon yok. Andezit çakılları tüf çimento ile iyi tutturulmuş kırıklı karot boyu 5-50 cm 32.50-35.50, 42.00-43.20, 44.50-45.60 m'ler arası çok çatlaklı kırıklı.
42.00-44.00	100	30	0.34	
44.00-46.00	100	17	0.20	
46.00-48.00	100	75	0.35	
48.00-50.00	95	52		
50.00-52.00	100	60	Su tecrübe	
52.00-54.00	100	60	takımı	55.00-65.00
54.00-56.00	100	65	kuyudaki	AGLOMERA: Pembemsi gri renkli orta sertlikte, alterasyon yok. Çakıllar tüf çimento ile iyi tutturulmuş. Az çatlaklı - kırıklı karot boyu 80-60 cm
56.00-58.00	100	95	çıkıntılara	
58.00-60.00	100	95	takıldı. Tecrübe	
60.00-62.00	100	95	yapılamadı	
62.00-65.00	100	36		

DSK - 1 Nolu sondaj:

Sol sahilde 30 m derinliğindeki sondajın açılış tarihi 12-20.9.1994 tür. Kotu 309.99 m dir. Ortalama karot % 64 tür.

Bu sondajda; 0-16 , 20-28 m ler arasında aglomera kötü-çok kötü kalitededir. Kuyu ağzından su geldiği için su tecrübesi birçok kademede yapılamamış ancak tecrübe yapılabilen kademelerde birimin az geçirimli olduğu saptanmıştır. Yeraltı suyu seviyesi ise kuyudaki tıkanma nedeniyle ölçülememiştir.

Metraj	Karot %si	Kaya Niteliği (RQD)	Geçirimsizlik (Luqeon)	Tanımlama
0.00-2.00	75	32		0.00-16.00 m
2.00-4.00	75	22	kuyu ağzından	AGLOMERA: Pembe renkli orta sertlikte, ayrışma yok. Çakıllar tüf çimento ile iyi tutturulmuş. Çok çatlaklı kırıklı karot boyu 2-20 cm
4.00-6.00	75	22	su geldi	
6.00-8.00	75	17		
8.00-10.00	75	25		



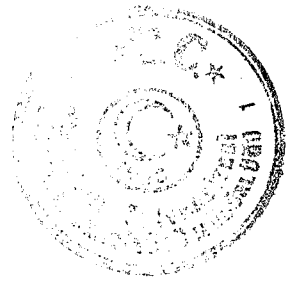
10.00-12.00	50	25		14.00-15.00 çatlaklı
12.00-14.00	50	10		<u>16.00-30.00 m</u>
14.00-16.00	50	25	1.12	AGLOMERA: Pembe renkli 0,2-5 cm
16.00-18.00	75	65	2.28	boyunda andezit çakılları tüf çimento
18.00-20.00	75	65	1.77	ile iyi tutturulmuş. Ayrışma yok kırıklı,
20.00-22.00	50	40	1.07	karot boyu 5-40 cm 22.00-26.80 m'ler
				arası çok çatlaklı-kırıklı
22.00-24.00	40	7		Kuyu ağzından
				su geldi
24.00-26.00	60	10	2.96	
26.00-28.00	75	35		Kuyu ağzından
				su geldi
28.00-30.00	97	60	1.85	

TSK - 1 Nolu sondaj:

23-28.8.1990 tarihlerinde 40 m derinliğinde sol sahilde açılmıştır. Kotu 287.19 m dir. Ortalama karot yüzdesi 100 dür.

Sondajda ; 0-1.5 m ler arası yamaç malozudur. 1.5-4 m ler arasında ise kaya kalitesi çok düşüktür. 34-38 metreler arasındaki aglomeralar geçirimlidir. Yeraltı suyu seviyesi en düşük 14.24 m olarak ölçülmüştür.

Metraj	Karot %si	Kaya Niteliği (RQD)	Geçirimsizlik (Luqeon)	Tanımlama
0.00-2.00	100	-	Kuyu ağzından	<u>0.00-1.50 m</u>
2.00-4.00	100	10	su geldi	YAMAÇ MOLOZU: Kil ile az
4.00-6.00	100	60	0.84	tutturulmuş andezit çakıllarından
6.00-8.00	100	80	1.71	meydana gelmiş.
8.00-10.00	100	85	1.14	<u>1.50-33.80 m</u>
10.00-12.00	100	95	1.19	AGLOMERA: Gri renkli 1-10 cm
12.00-14.00	100	97	2.25	büyükliğindeki andezit çakılları tüf
14.00-16.00	100	92	2.25	çimento ile iyi tutturulmuş, orta sert,
16.00-18.00	100	95	1.63	alterasyon yok. kırıklı karot boyu 5-50
18.00-20.00	100	65	1.44	cm 1.50-4.00 m'ler arası çok çatlaklı
20.00-22.00	100	75	1.56	
22.00-24.00	100	80	2.12	
24.00-26.00	100	97	2.32	
26.00-28.00	100	85	1.48	
28.00-30.00	100	90	0.91	



30.00-32.00	100	90	2.72	
32.00-34.00	100	50	24.28	
34.00-36.00	100	70	6.35	33.80-34.50 m
36.00-38.00	100	90	6.20	<i>AGLOMERA: Beyazımsı bej renkli orta</i>
38.00-40.00	100	60	Triplex	<i>sert. Az ayrılmış çok çatlaklı-kırıklı,</i>
			pompajla	<i>gevşek çimentolu, karot boyu 2-5 cm</i>
			basılan suyun	34.50-40.00 m
			hepsi kaçı	<i>AGLOMERA: Beyazımsı renkli, orta</i>
				<i>sert gevşek çimentolu, kırıklı, karot</i>
				<i>boyu 5-50 cm</i>

TSK-2 Nolu Sondaj:

Sol sahilde , 30 m derinlikte 5-11.9.1990 tarihlerinde yapılmıştır. Kotu 272.40 m dir.Ortalama karot %si 90 dir.

Sondajda: 0-6, 10 - 12 , 16 - 24 , 26 - 30 metreler arasındaki aglomeralar kötü-çok kötü kalitededir. İlk metrelerde kuyu ağzından su geldiği için tecrübe yapılamamıştır.24-28 metreler arasındaki birim geçirimlidir. Yeraltısu seviyesi endüyük 17.15 m olarak ölçülmüştür.

Metraj	Karot %si	Kaya Niteliği (RQD)	Geçirimsizlik (Luqeon)	Tanımlama
0.00-2.00	75	10	Kuyuda yıkıntı	0.00-3.00 m
2.00-4.00	75	15	var.	<i>YAMAÇ MOLOZU: Andezit çakılları</i>
4.00-6.00	100	40	K. ağzından su geldi.	<i>kil ile az tutturulmuş.</i>
				3.00-27.50 m
6.00-8.00	100	55	0.50	<i>AGLOMERA: Grimsi-pembemsi renkli,</i>
8.00-10.00	90	55	2.52	<i>andezit çakılları tüf çimento ile iyi</i>
10.00-12.00	85	25	2.06	<i>tutturulmuş. Orta sertlikte, ayrışma</i>
12.00-14.00	100	65	0.74	<i>yok, kırıklı, karot boyu 5-50 cm 5.20-</i>
14.00-16.00	100	75	0.24	<i>6.30, 9.70-11.20,</i>
16.00-18.00	80	30	0.02	<i>16.50-18.80, 20.50-21.60</i>
18.00-20.00	80	45	0.78	<i>çok çatlak ve kırıklı çatlaklar az altere</i>
20.00-22.00	75	35	2.47	<i>olmuş.</i>
22.00-24.00	90	50	Basıncı 1,5 atmden fazla yükselmedi	
24.00-26.00	100	60	6.94	
26.00-28.00	100	45	6.71	



28.00-30.00 100 35 4.29

27.50-29.00 m

AGLOMERA: Beyazımsı bej renkli, orta sert, ayrışma yok, çok kırık ve çatlaklı, gevşek çimentolu, karot boyu 2-10cm

29.00-30.00 m

AGLOMERA: Beyazımsı bej renkli, andezit çakılları tüf ile gevşek tutturulmuş, orta sertlikte, kırıklı, ayrışma yok karot boyu 5-15 cm

Temel sondajları verilerine göre aks yeri sıyırma katof kazı sınırlarını, yeraltı suyu seviyelerini ve kuyulardaki basınçlı su tecrübelerinin sonuçlarını gösteren bir kesit hazırlanmıştır (Pafta B.8) [1].

3.2 Hidrojeoloji

Temel sondajlarında yapılan geçirimsizlik deneylerine göre aglomeraların genellikle az geçirimli ve geçirimsiz olduğu gözlenmiştir.

Baraj yerinde akifer niteliği taşıyan birim bulunmamaktadır. Çevrede de herhangi bir kaynağa rastlanmamıştır. Ancak aglomeralar çatlak ve kırık sistemlerinde suyu iletme özelliğine sahiptirler. Aglomera birimindeki bağlayıcı olan çimentonun yer yer aşınması nedeniyle yüzeyde serbest kalan çakıl ve blokların yerlerinde bazen kovuklar meydana gelmiştir.

Aks yerindeki temel sondaj kuyularında 13.11.1990 - 11.10.1993 tarihleri arasında çeşitli aralıklarla yeraltı suyu seviyeleri ölçülmüştür [1]. Sonuçlar Pafta B.7 de bir grafikte gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde ; akışa göre sol sahilde yeraltı suyu akım yönü dereye doğrudur ve herhangi bir sorun yoktur. Sağ sahilde SK-3 ve SK-4 nolu sondajlarda normal olarak yeraltı suyu akım yönü dereye doğrudur. Ancak SK-4 ve SK-5 nolu sondajlardaki seviye ölçümlerinde yeraltı suyu seviyesi aynı kotlardadır.

13.11.1990-11.9.1991 tarihleri arasında normal olmayan seviye iniş çıkışları görülmüştür. Bunun ölçüm hatası olabileceği düşünülmüştür.

15.4.1993 tarihinden sonraki 4 ölçüm sonuçlarına göre ise SK-5 nolu sondajın yeraltı suyu seviyesinin SK-4 ten 2 m kadar yukarıda olduğu gözlenmiştir.



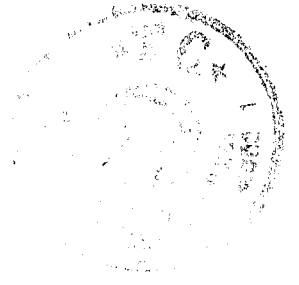
31.5.1994 tarihli ölçüm sonucuna göre de SK-4 nolu sondaj yeraltı su seviyesi kotunun 263.20 m, SK-5 nolu sondaj yeraltı su seviyesi kotunun 265.57 m olduğu tesbit edilmiştir. Bu tarihten sonra da zaman zaman ölçümler yapılmış ancak herhangi bir olumsuz duruma rastlanmamıştır.

3.3 Laboratuvar Deneyleri

Kayanın jeoteknik özelliklerini araştırmak amacıyla tünel güzergahından alınan sondaj karot numuneleri üzerinde tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Numuneler TSK-1 nolu sondajda 27.10 - 27.50 ve 29,60 - 29,80 metrelerden, TSK-2 nolu sondajda 17,50 - 17,70 ve 18,00 - 18,20 metrelerden alınmıştır. $\phi = 5.4$ cm ve $h = 10.8$ cm olan numuneler üzerinde yapılan deney sonuçları aşağıda gösterilmiştir [1].

TSK-1/A	190 kgf/cm ²
TSK-1/B	210 kgf/cm ²
TSK-2 / A	240 kgf/cm ²
TSK-2 / B	180 kgf/cm ²



4. DOĞAL YAPI MALZEMESİ ÇALIŞMALARI

Geçirimsiz, geçirimli ve kaya gereç alanları ile ilgili olarak, malzeme sahasının yaklaşık miktarı, niteliği, yapı yerine taşıma mesafesi ve yol şartları hakkındaki bilgiler derlenmiştir.

4.1 Geçirimsiz Malzemeler

Ayvacık Barajı A, B, C, D, geçirimsiz gereç alanları pafta B.10'da gösterilmiştir [6].

A Gereç Alanını, Aks yerinin 3-4 km kuzey doğusunda Ovalar mevkiinde başlayıp, İkiztepeler istikametinde devam eden tarım arazileri oluşturmaktadır.

B Gereç Alanı, Küçükhusun köyünün altında haritada parselleri belirtilmiş olan tarım arazileridir.

C Gereç Alanının yeri İkiztepeler ve Palamut tepeleri arasındadır.

D Gereç Alanı ise aks yerinin 4-5 km batısında Ayvacık ile Çanakkale yolunun kenarındaki çam ormanlarının içindeki orman arazileridir.

D Gereç alanı hariç diğer tüm gereç alanları göl alanı içinde olup, iyelikleri köy halkına aittir. D gereç alanının iyeliği ise, Orman Bakanlığı üzerindedir.

Gereç alanlarında açık kazı yöntemi ile (Beko kepçe) kuyular açılmış, gözlemsel tanımlamalar yapılmış ve uygun görülenlerden dolguda kullanılabilirliği araştırmak amacıyla laboratuvar örnekleri alınmış. malzeme miktarını hesaplamak için bölgenin profilleri çıkarılmıştır. Malzemenin nitelikleri arazi gözlemleri ve laboratuvar deney sonuçlarına göre saptanmıştır.

Laboratuvarda, özgül ağırlık, kompaksiyon, atterberg limitleri ve granülometrik analiz olmak üzere sadece tanımlama deneyleri yapılmıştır.

Arazideki gözlemsel tanımlamalar ve laboratuvar tanımlama deneyleri ile bunlara bağlı sınıflandırmalarda "Birleşik Zemin Sınıflandırma Sistemi" temel alınmıştır.



GÖZLEMSEL TANIMLAMALAR

Bu zemin sınıflandırılması, gözlemlemeye ve yoğrulmuş durumda iken davranışı yorumlamaya dayanır. Numunelerdeki 3 inç (76,2 mm) 'den büyük taneler sınıflandırmanın dışındadır. Ancak bunların ağırlıkça yüzdelerinin saptanması gereklidir. İri taneli zeminler çıplak gözle görülebilecek orandaki tanelerden oluşur. Buna göre ağırlıkça % 50 oranına göre zeminler iri ve ince taneli olarak ayrılır. Sınıflandırmada 200 nolu elek boyutu (0,074 mm) iri ve ince taneli zeminleri ayıran sınır olarak kabul edilmektedir.

İri taneli zeminler için gözleme yönteminde;

çakıl : 3 inç ile 4 nolu elek arası (76.2 mm - 4.76 mm)

kum : 4 nolu elek ile 200 nolu elek arası (4.76 mm - 0,074 mm)

silt ve kil: 200 nolu elekten (0,074 mm) küçük olarak yüzdelerine göre tanımlanmaktadır.

İri taneli zeminlerdeki ince malzeme oranı % 5 den az ise , kum ve çakıllar iyi veya kötü derecelenmelerine göre sınıflandırılmaktadır. İnce malzeme oranı % 12 den fazla ise, sınıflandırma incelerin plastisitesine göre yapılır.

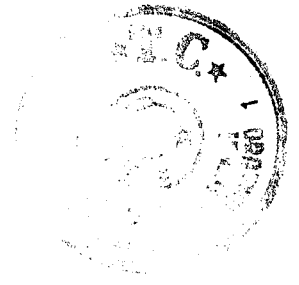
İnce taneli zeminler için gözleme yönteminde sertlik, genişleme ve kuru direnç gibi el tanımlama deneyleri ile silt ve kil ayrımı yapılmaktadır.

İnce taneli zeminlerin tanımlama deneyleri 40 nolu elekten (0.42 mm) geçen malzeme üzerinde yapılır. 40 nolu elekten geçen malzeme 200 nolu elekten geçen inceleri ve 40 ile 200 nolu elek arasındaki ince kumu kapsar.

El tanımlama deneyleri için yaklaşık 8 cm³ hacminde iki küçük numune hazırlanır. Bu numunelere avuç içinde yoğrulduğu zaman kolayca bir top olabilecek oranda su eklenir.

Genişleme Deneyi (Sallamaya karşı tepki)

Hazırlanmış numunelerden birine doygun duruma gelinceye kadar su eklenir. Doygun durumdaki numune avuç içine konup yatay olarak diğer elin avuç içine birkaç kez kuvvetlice çarparak sallanır. Daha sonra hamur parmaklar arasında sıkılır. Sallarken ve sıkarken suyun numune yüzeyinde görülmesi ve kaybolması bir tepkidir. Suyun ani olarak gözüktüp, kaybolmasında tepki "çabuk" olarak belirlenir. Suyun görünmesi ve kaybolması ağır ise "yavaş" ve su durumunda hiç bir değişme olmazsa "tepkisiz" olarak belirlenir. Çok ince temiz kum en hızlı reaksiyonu gösterir, halbuki plastik kilin hiç reaksiyonu yoktur.



Özlülük Direnci Deneyi (Plastik limit civarındaki kıvam)

Genişleme deneyi için kullanılan numune ele ve parlak bir yüzeye yapışmayacak bir duruma gelene dek yoğrularak kurutulur. Kurutuluncaya kadar. Geçen süre zeminin plastisitesinin bir göstergesidir. Yoğrulan numune, düzgün bir yüzey üzerinde yada el ayası içinde yaklaşık olarak 3 mm çapında silindirik makarnalar biçimine gelene dek yuvarlanır, toplanır ve yine aynı yuvarlama işlemi tekrarlanır. Böylece numunenin su içeriği yavaş yavaş azaltılır. Bu işlem 3 mm lik silindirik numunede kopmalar ve yüzeyinde çatlamlar oluncaya kadar sürdürülür. Bu andaki su içeriği numunenin plastik limiti olarak adlandırılır ve bu plastik limit kıvamında yoğrulmaya karşı gösterdiği direncede “özlülük direnci” denilmektedir. Plastik limit kıvamındaki silindirik numune toplanarak topak yapıp, bu topak parçalanıncaya dek hafifçe yoğrulur.

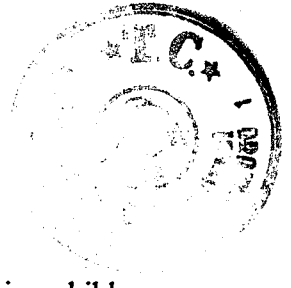
Topak bu su içeriğinde daha yoğrulabiliyor ve silindir haline getirilebilmek için yüksek basınç gerektiriyorsa “yüksek özlülük direnci”, orta derecede basınç gerektiriyorsa “orta özlülük direnci” gösteriyor demektir. Eğer numune bu su içeriğinde topak yapılamıyorsa ya da silindir biçimine getirilirken kolayca dağılıyorsa özlülük direnci zayıftır. Yüksek derecede organik killer plastik limit kıvamında süngerimsi bir görünümde olup çok zayıftır. Plastik olmayan zeminler ise, herhangi bir su içeriğinde 3 mm lik silindirler şekline getirilemezler.

Kuru direnç deneyi (parçalanmaya direnç)

Hazırlanan numunelerden diğeri tamamen kurutulmaktadır. Bu numunenin parmaklar arasında parçalanmaya ve öğütülmeye karşı gösterdiği dirençle ölçülen, kuru direnç zeminin plastisitesinin bir ölçüsüdür. Eğer kurutulmuş numune parmaklar arasında kolayca toz haline gelebiliyorsa “düşük”, belirgin derecede parmak basıncı gerektiriyorsa “orta”, parmak basıncı ile tümüyle toz haline gelemiyorsa “yüksek” kuru dirence sahiptir.

Ancak demir-oksit ya da kalsiyum karbonat gibi suda eriyen bağlayıcı maddeler, zeminlerde yüksek kuru dirence neden olabilir. Parçalanmış kireçtaşı gibi plastik olmayan zeminler ya da karbonat bileşenleri bulunduran zeminler yüksek kuru direnç gösterebilmektedirler. Bu gibi zeminlerin sulandırılmış hidroklorik asit (HCL) eriyiğinde köpürme özelliği ile ayırt edilmeleri mümkündür [7].

Bu deneylerin dışında parlaklık da killerin varlığının saptanmasında yardımcı olabilmektedir. Kuru ya da az nemli bir zemin parçası bıçak ile kesildiğinde parlak bir yüzey, yüksek plastik kili, donuk bir yüzey ise silt ya da düşük plastiside kili göstermektedir.



Organik malzemenin belirtileri, koku ve siyah renktir.

Gözlemsel tanımlamalara göre ince taneli zeminler aşağıdaki şekilde gruplandırılır [7] .

(L) Düşükten orta dereceye plastisite özelliği gösteren zeminler.

(ML) Plastisite düşük ya da yok, kuru direnç düşük, sallamaya karşı tepki çabuk, özlülük direnci zayıf.

(CL) Plastisite düşükten orta dereceye, kuru direnç ortadan yüksek dereceye, sallamaya karşı tepki yavaş, özlülük direnci orta.

(OL) Plastisite CL grubundan daha düşük, kuru direnç düşükten orta dereceye, sallamaya karşı tepki yavaş ya da orta, özlülük direnci zayıf.

(H) Ortadan yüksek dereceye plastisite özelliği gösteren zeminler.

(MH) Genellikle su emme özelliği çok, plastisite düşük, kuru direnç düşük, sallamaya karşı tepki yavaş, özlülük direnci zayıf. Orta derecede kuru direnç ve özlülük direnci gösteren bazı inorganik zeminler bu gruba girer. Örneğin mineralojik açıdan kil olan kaolen bu gruba girmektedir.

(CH) Plastisite yüksek, kuru direnç yüksek, sallamaya karşı tepkisiz, özlülük direnci yüksek.

(OH) Plastisite yağlı kilden (CH) daha düşük, kuru direnç ortadan yükseğe, sallamaya karşı tepki yavaş, özlülük direnci zayıftan ortaya.

LABORATUVAR TANIMLAMA DENEYLERİ

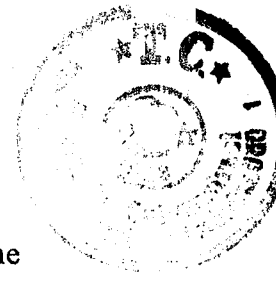
Geçirimsiz malzemenin sınıflandırılmasında

- ◆ 200 nolu eleğin üstündeki iri taneli malzeme için granülometrik analiz ve
- ◆ 200 nolu eleğin altındaki ince malzeme için kıvam limitleri deneyleri yapılmıştır.

Granülometrik Analiz

Deneyde, 4 nolu elek boyutundan küçük malzemenin egemen olması nedeniyle tek elek yöntemi uygulanmıştır.

Numune açık havada kurutulup, dörtte birleme yöntemi ile numune bölünerek yeterli ölçüde malzeme ayrılmıştır. Deney için gerekli malzeme miktarında, numune içinde bulunan en büyük tane boyutu göz önünde tutulmaktadır [7]. Gerekli malzeme miktarı Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.



Çizelge 4.1 : Tek elek yöntemi için tane boyutuna göre gerekli malzeme

En Büyük Tane Boyutu (mm)	Gerekli Malzeme (gr)
76.00	6000
50.00	4000
25.00	2000
12.50	1500
4.76	500
4.76 dan küçük	200

Malzeme etüvde 24 saat kurutulur. Kuru malzeme 0,1 gr duyarlılıkta tartılıp, işlenir. Bir kaba konup üzerine temiz su eklenir ve 2-24 saat arasında bekletilir. 200 nolu elekten temiz su ile yıkanır. 200 nolu elekte kalan malzeme yine etüve konup 24 saat bekletilir. Etüvden çıkarılan malzeme desikatörde veya malzeme kabının ağzı kapatılarak soğutulup, tartılır. Malzeme elek takımında elendikten sonra her elekte kalan malzeme ağırlığı 0,1 gr duyarlılıkta tartılır.

Bu deneyde olası yanlışlıklara karşılık, eleklerde kalan kuru malzeme ağırlıkları toplamı yıkanma sonu toplam malzeme ağırlığından \pm % 0,3 den çok sapsa, deney yinelenir [7].

Elek analizi sonuçları, Çizelge 4.3 de verilmiştir.

Kıvam Limitleri

Likit Limit Deneyi : Likit limitin ölçümü için TS 1900 da önerilen metot konik penetrasyondur. Ancak burada ölçümler Casagrande aletinde yapılmıştır.

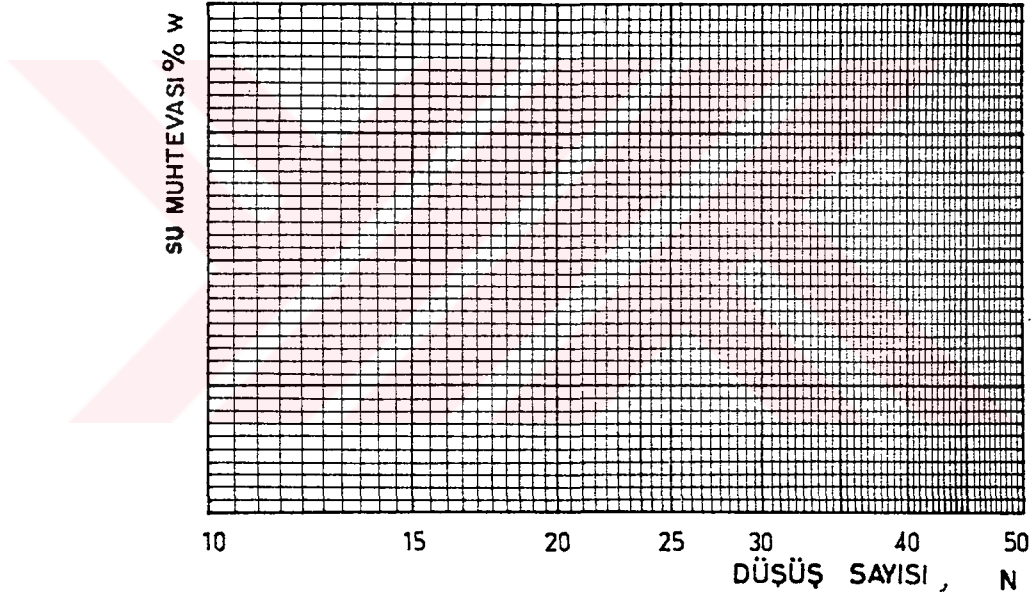
Deney için numunelerin açıkta kurutulmuş veya doğal su içeriğinde olmaları gerekmektedir. Organik kolloidler ve bazı tip inorganik kolloidler içeren volkonik kayalardan ayrılmış zeminler, özellikle montmorillonit grubundan kil minerali bulunduran zeminlerin plastisitesi kurumadan büyük oranda etkilenir [7]. Deney öncesi etüvde kurutma limit değerlerini saptırabilir.

40 nolu elekten geçen malzemeden 100 gr kadar alınmış, malzemeye damıtık su eklenerek porselen bir kap içinde spatula ile karıştırılıp macun kıvamına getirilmiştir. Macun kıvamındaki numuneden bir parça alınarak limit aletine konmuş ve en büyük yüksekliği 1 cm olacak şekilde sıvanmıştır. Oluk açma bıçağı ile zemin belirgin bir biçimde iki eşit kısma bölünmüştür. Aletin yatay kolu saniyede iki dönüş yapacak hızla döndürülmüştür. Zeminin iki parçasının oluk tabanında 1 cm boyunca birleşmesini sağlayacak darbe sayısı saptanır. Ancak oluk tabanındaki kapanma zeminin kayması biçiminde değil, akarak olmalıdır. Su içeriği belirlemesi için kapanan bölgeden yaklaşık 10gr. numune alınmıştır. Kalan malzeme ise tekrar karıştırma kabına alınıp su içeriği değiştirilmiş ve yeni bir darbe sayısı bulunmuştur. Bu işlemler 10 ile 40 arasında en az 4 darbe sayısı saptanıncaya kadar sürer.

Çizelge 4.2 üzerinde darbe sayılarına karşılık su içerikleri hesaplanıp bu değerlerle gösterilen grafik (Şekil 4.1) üzerinde akış eğrisi elde edilir.

Çizelge 4.2 Likit limit ve plastik limit deneylerinde kullanılan değerler tablosu.

Deney no:	1	2	3	4	5	6
Deney Tipi						
Düşüş Sayısı						
Kap No						
Yaş Numune + Kap Ağırlığı (W_2) g						
Kuru Numune + Kap Ağırlığı (W_3) g						
Kap Ağırlığı (W_1) g						
Su Ağırlığı ($W_2 - W_3$) g						
Kuru Numune Ağırlığı ($W_3 - W_1$) g						
Su Muhtevası (W)						



Şekil 4.1 Likit limiti bulmakta kullanılan grafik

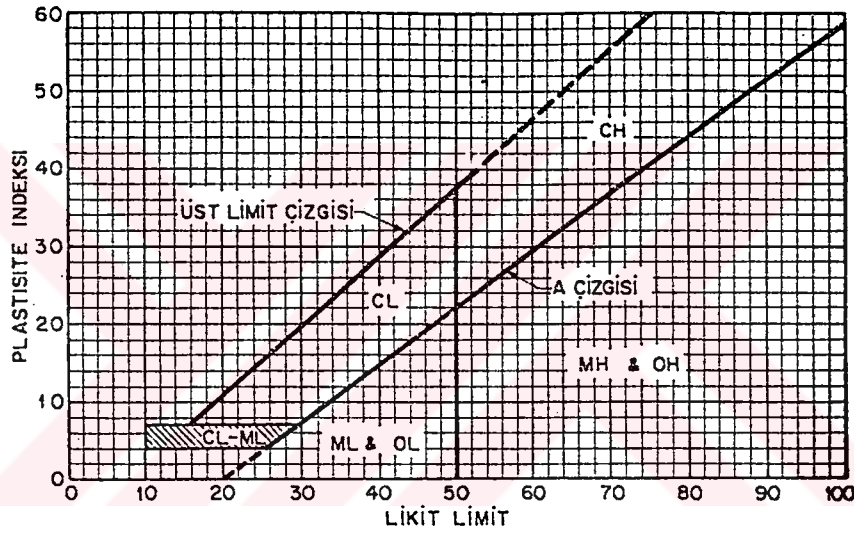
Yukarıdaki grafik üzerinde elde edilen akış eğrisi numunenin belli bir su içeriği ve buna karşı gelen darbe sayısı arasındaki bağıntıyı gösteren yarı logoritmik bir eğridir. Bu eğri üzerinde 25 darbeye karşı gelen su içeriği değeri zeminin likit limitini gösterir.

Plastik limit deneyi

Likit limit deneyi için hazırlanan numuneden 15 g kadar alınıp porselen kaptaki su ile karıştırılmıştır. Katılan su, parmaklar ile yoğrulduğu zaman yapışmayacak

ancak kolaylıkla yuvarlanabilecek bir kütle elde edilmesini sağlayacak ölçüde olmalıdır. Bu kıvamdaki malzeme cam bir plaka üzerinde el ayası ile yuvarlanıp, 3 mm çapında çubuklar elde edilmeye çalışılmıştır. 3 mm lik çubuğun yüzeyinde çatlamların olmaması durumunda çubuk numune tekrar topak yapıp yoğrulmuştur. Bu işlem 3 mm lik çubuk çatlayıncaya kadar sürdürülmektedir. Ufalanmış çubuğun su içeriği tesbit edilir. Deneylerin tekrarlanması sonucu bu şekilde bulunan su içeriği değerinin ortalaması zeminin plastik limitidir.

Likit veya plastik limitin belirlenmesindeki yanılgılar aşağıda görülen plastisite kartındaki üst limit çizgisi ile saptanabilmektedir [7] .



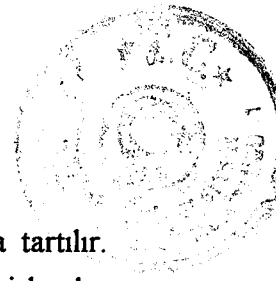
Şekil 4.2 Plastisite Kartı Üst Limit Çizgisi

Üst limit çizgisi $LL = 8, PI = 0$ noktasından başlayıp, 0,9 eğiminde sağ üst yana doğru yönelmektedir. Dolayısıyla eğrinin denklemi $PI = 0,9 \times (LL - 8)$ dir. Likit limit ve plastisite indeksine göre bu plastisite kartı üzerinde belirlenen noktanın doğal zeminler için, üst limit çizgisinin üst bölgesinde bulunmaması gerekmektedir.

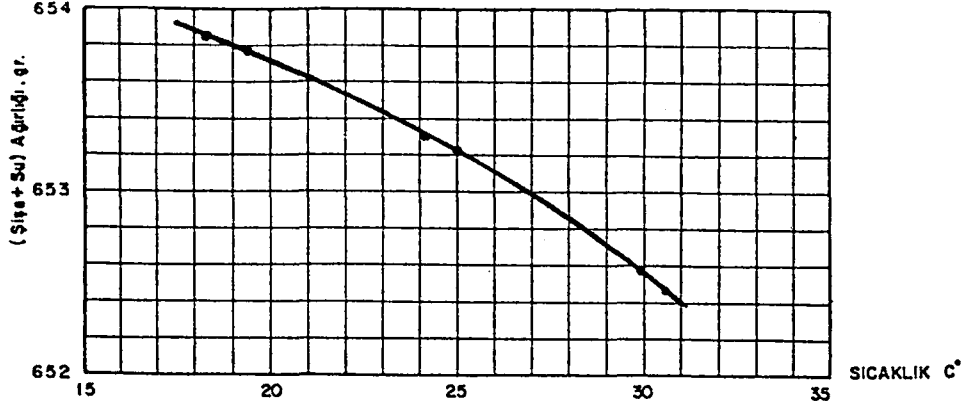
Diğer Tanımlama Deneyleri

Özgül Ağırlık Deneyi

Piknometrenin düzeltilmesi : Piknometre kuru ve temiz olarak tartılmıştır. İnce boyun kısmındaki kalibrasyon çizgisine kadar arı ve havası alınmış su ile doldurulmuş, 30-35 °C sıcaklıktaki su banyosunda birkaç saat bekletilmiştir. Banyodan çıkarıldıktan



sonra su düzeyi tekrar damlalık ya da pipetle düzeltilip, 0,01 gr duyarlıkta tartılır. Piknometrenin orta derinliğinden termometre ile sıcaklık ölçümü yapılır. Bu işlemler oda sıcaklığı ve oda sıcaklığından yaklaşık 5 derece daha az bir sıcaklıkta yapıp, piknometre ağırlıkları ve sıcaklık ölçümleri kaydedilerek şekil 4.3 deki gibi bir piknometre düzeltme eğrisi elde edilmektedir.



Şekil 4.3 Tipik bir piknometre düzeltme eğrisi

Deney numunesi doğal su içeriğinde ya da etüvde kurutulmuş olabilir. Malzememizde çakıl oranı çok düşük olduğundan yalnızca 4 nolu elek kullanılmıştır. 4 nolu elekten geçen malzeme etüvde kurutulup 50 gr ya da 75 gr kadar alınıp, 0,01 gr duyarlıkta tartılarak düzeltilmiş piknometreye doldurulmuştur. Piknometre önce yarıya kadar arı ve havası alınmış su ile doldurulup, zeminin içindeki havayı çıkartmak için vakum uygulanır. İkinci kez, bu defa kalibrasyon çizgisinin yaklaşık 1-1,5 cm altına kadar, havası alınmış arı su eklenmekte ve yine vakum uygulanmaktadır. Tamamen havası alınmaya dek vakum sürecektir. Suspansiyonda hava kalıp kalmadığı şu şekilde anlaşılabilir. Vakum uygulanırken piknometrenin ağzındaki lastik tıpayı kaldırdığımızda, süspansiyon düzeyi eğer 1 mm'den daha az düşüyorsa havadan arınmış demektir.

Son olarak kalibrasyon çizgisine kadar piknometreye havası alınmış su eklenir. Piknometre içindeki suspansiyon ile birlikte 0,001 gr duyarlıkta tartıldığında hemen termometre ile sıcaklık ölçümü de yapılmaktadır. Piknometredeki bütün malzeme bir buharlaşma kabına dökülüp kuru ağırlığının saptanması için etüve konur.

$$\text{Deney sonunda özgül ağırlık ; } \gamma_s = \frac{W_1}{W_1 + W_2 - W_3}$$

W 1 = Deneyde kullanılan kuru malzeme ağırlığı (gr)

W 2 = Su + şişe ağırlığı (kalibrasyon eğrisinden) gr



$W_3 = \text{Piknometre} + \text{Su} + \text{Numune ağırlığıdır. (gr)}$

Standart Sıkıştırma (Proktor Deneyi)

Deney her aşamada aynı malzeme kullanılarak yapılmıştır. Bu şekildeki deneyler için 4 kg'lık malzeme yeterli olmaktadır. (4 nolu elekten geçen malzeme için)

Malzeme açık havada kurutulup, geniş bir tavada lastik tokmakla dövülür. Bu işlem sırasında zemindeki bütün toprakların ayrışmasına ancak bireysel tanelerin doğal boyutlarının değişmemesine dikkat edilmelidir. Boş molt ve alt tablası, üst yükseltme halkası takılmaksızın 0,01 gr duyarlıkta tartılır ve üst yükseltme halkası takılır. Hazırlanan numune geniş bir tava içinde ıslatılır. Malzemeye eklenecek su zeminin kestirilen optimum su içeriğinden yaklaşık % 6 daha düşük bir nokta elde edilebilecek oranda olmaktadır. Bu şu şekilde tesbit edilebilir; plastik olmayan zeminlere su verildiği takdirde malzeme avuç içinde sıkıldığında veya parmaklarla hafif bir basınç uygulandığında kırılmayacak biçimde toprak olmalıdır. Plastik zeminlerde ise, daha dirençli bir toprak olacak ölçüde su verilir. Malzeme moltun içine 5-7 cm lik katmanlar şeklinde yerleştirilmektedir. Her katman tokmakla 25 darbeye sıkıştırılmakta ve üzeri çizilmektedir. Sonuçta molt içindeki sıkıştırılmış üç katmanın toplam yüksekliği, molt yüksekliğinden fazla olmaktadır. Molt üst halkası çıkarılarak fazlalık kısım traş edilir ve alt tablonunda çıkarılmasıyla, numune + molt 0,01 gr duyarlıkta tartılmaktadır. Numune moltdan çıkarılıp, su içeriği tespiti için 100 gr malzeme alınır. Geri kalan malzeme ise tavadaki diğer malzeme ile karıştırılıp, su içeriği % 2-3 oranında arttırılarak deney tekrarlanır. Deney 5-6 kez yada malzeme iyice ıslak ve çamurumsu bir duruma gelinceye dek uygulanır.

Hesaplar her aşama için yapılmaktadır.

$$\text{Yaş birim hacim ağırlık} \quad \gamma_y = \frac{W_1}{V} = \frac{\text{Yaş Numune Ağırlığı}}{\text{Molt Hacmi}}$$

$$\text{Sıkıştırılmış numune için su içeriği} \quad W$$

$$\text{Kuru birim hacim ağırlık} \quad \gamma_k = \frac{\gamma_y}{1+W}$$

Sonuçlar aritmetik bir eşelde çizilen sıkışma eğrisi biçiminde verilmektedir. Bu eğri her aşama için bulunan su içeriği değerlerini yatay ekseninde, bunlara karşı gelen kuru birim hacim ağırlık değerlerini düşey ekseninde göstererek elde edilmektedir. Sıkışma eğrisinin en yüksek noktasına karşı gelen su içeriği ve kuru birim hacim



ağırlık değerleri o zeminin optimum su içeriği ve en büyük kuru birim hacim ağırlık değerleri olarak belirlenmektedir.

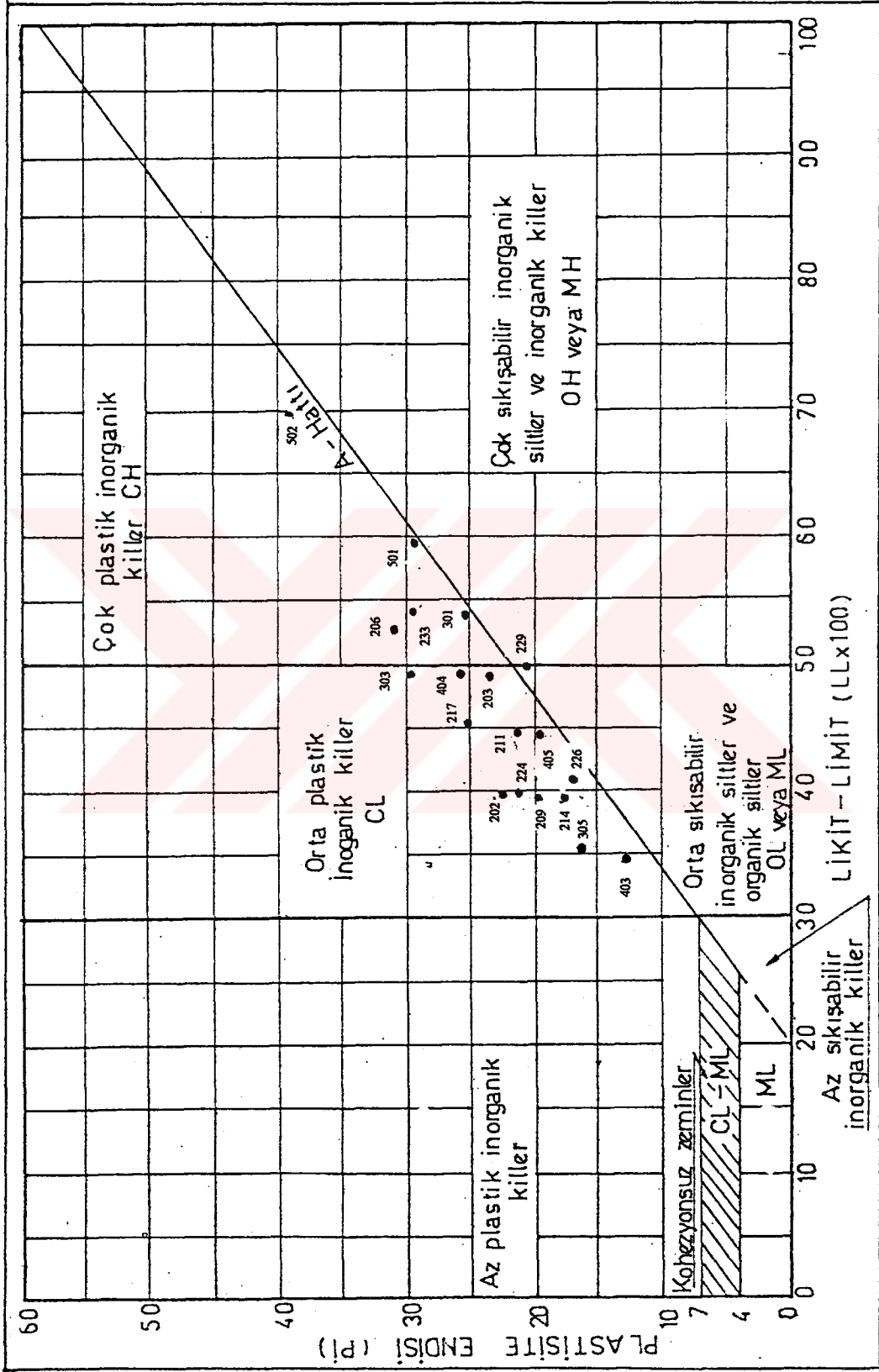
Çizelge 4.3 Ayvacık Barajı geçirimsiz gereç laboratuvar deney sonuçları

Kuyu no	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Sıkıştırma		Kıvam Limitleri			Dane Boyut Yüzdesi			Grup Simgesi
		γ_{\max} (g/cm ³)	W_{opt} (%)	LL	PL	PI	Kil %	Kum %	Çakıl %	
A-202	2.66	1.65	18.9	40.0	17.1	22.9	40	52	8	SC
A-203	2.66	1.65	18.3	49.4	25.0	24.4	53	34	13	CL-CH-SC
A-206	2.64	1.65	20.7	53.5	21.8	31.7	73	25	2	CL-CH
A-209	2.67	1.65	19.2	39.5	19.6	19.9	62	36	2	CL
A-211	2.64	1.75	17.1	45.8	23.9	21.9	51	32	12	CL-CH-SC
A-214	2.65	1.76	15.2	39.0	20.3	18.7	35	43	22	SC
A-217	2.64	1.67	18.6	46.1	20.7	25.4	53	38	9	CL-CH-SC
A-224	2.65	1.74	16.9	39.8	16.9	22.9	42	44	14	SC
A-226	2.66	1.64	17.8	42.2	24.5	17.7	57	41	2	CL
A-229	2.71	1.56	22.0	51.0	23.5	27.5	70	29	1	CL-CH
A-233	2.72	1.57	20.0	54.0	24.6	29.4	70	24	4	CL-CH
B-301	2.68	1.66	18.2	54.5	28.4	26.1	55	39	6	CH-CL
B-303	2.63	1.66	17.7	58.0	21.1	29.7	61	34	5	CH-CL
B-305	2.67	1.70	16.6	36.4	18.9	17.5	66	34	0	CL
C-403	2.70	1.67	18.8	35.5	23.0	12.5	54	46	0	CL-SC
C-404	2.65	1.64	20.4	48.5	21.6	26.9	48	27	25	CL-CH-SC
C-405	2.66	1.61	19.7	44.6	24.2	20.4	48	46	6	SC-CL
D-501	2.63	1.58	20.7	60.6	28.8	39.8	93	7	0	CH
D-503	2.62	1.40	30.4	70.8	31.1	39.7	86	12	2	CH

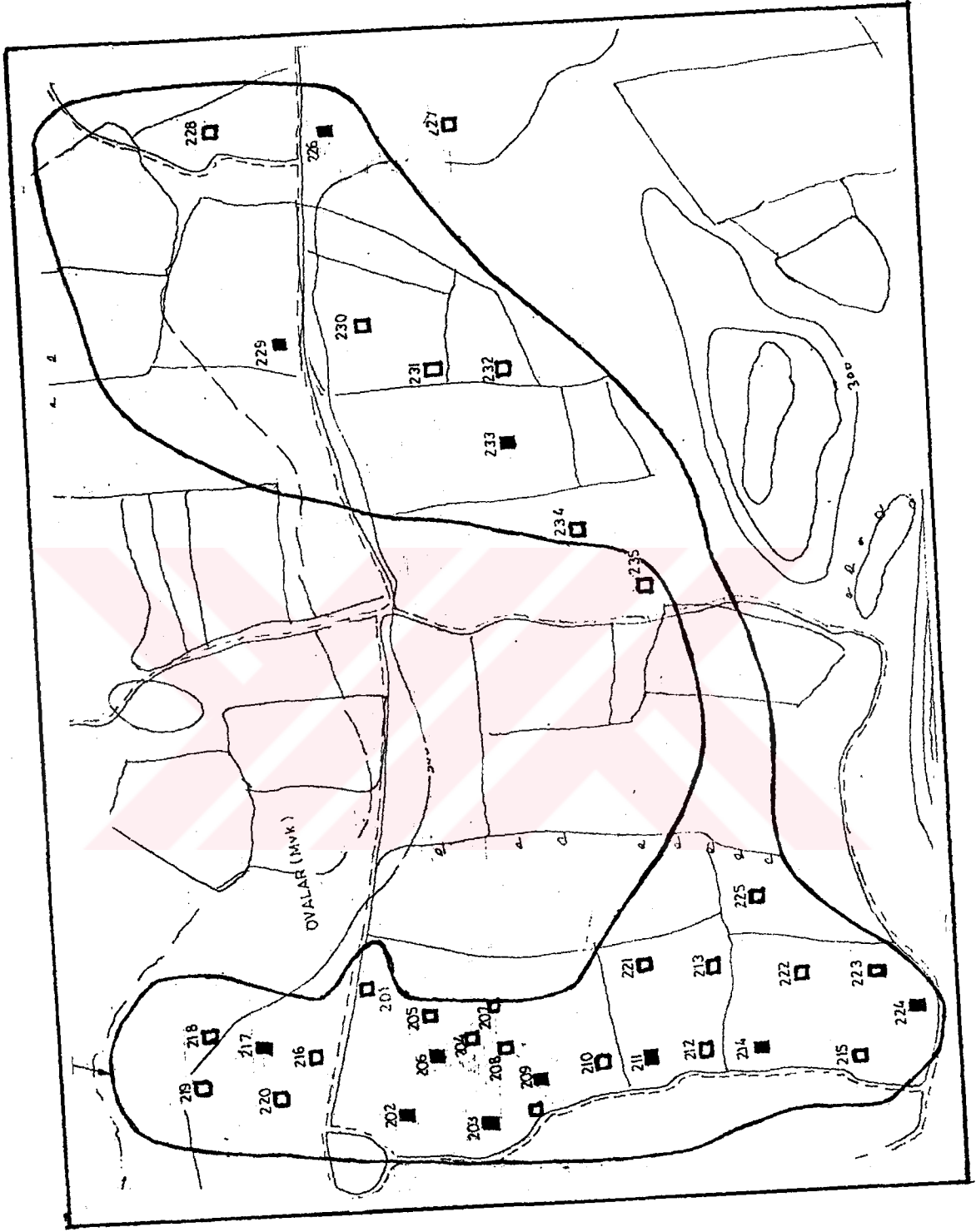
Geçirimsiz gereç alanlarına ait bilgiler Çizelge 4.4 de derlenmiş olarak yer almaktadır [6].

Çizelge 4.4 Ayvacık Barajı geçirimsiz gereç alanlarına ait bilgiler

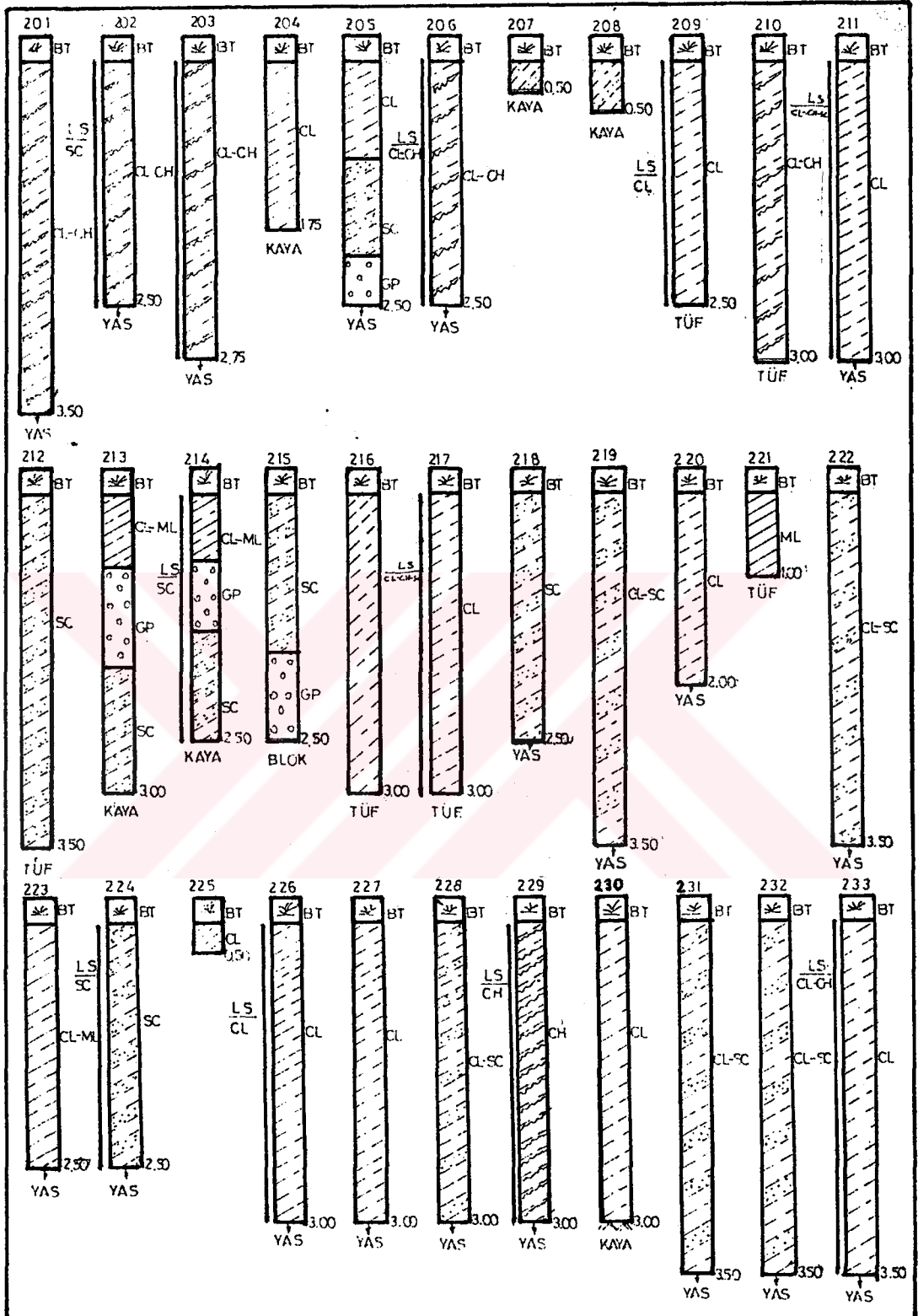
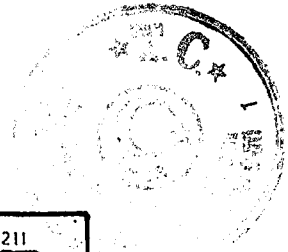
	A-Gereç Alanı	B- Gereç Alanı	C- Gereç Alanı	D- Gereç Alanı
Yapıya Uzaklığı (m)	3500	6300	6000	2000
Yol Durumu	Yapılmalı	Yapılmalı	Yapılmalı	Onarılmalı
Açılan Kuyu Sayısı	3-5	5	5	4
Ortalama Sıyırma (cm)	30	30	30	30
Ortalama Önerilen Kazı Derinliği (m)	2.50	2.60	2.00	3.00
Gereç Niceliği (m ³)	650000	115000	350000	350000



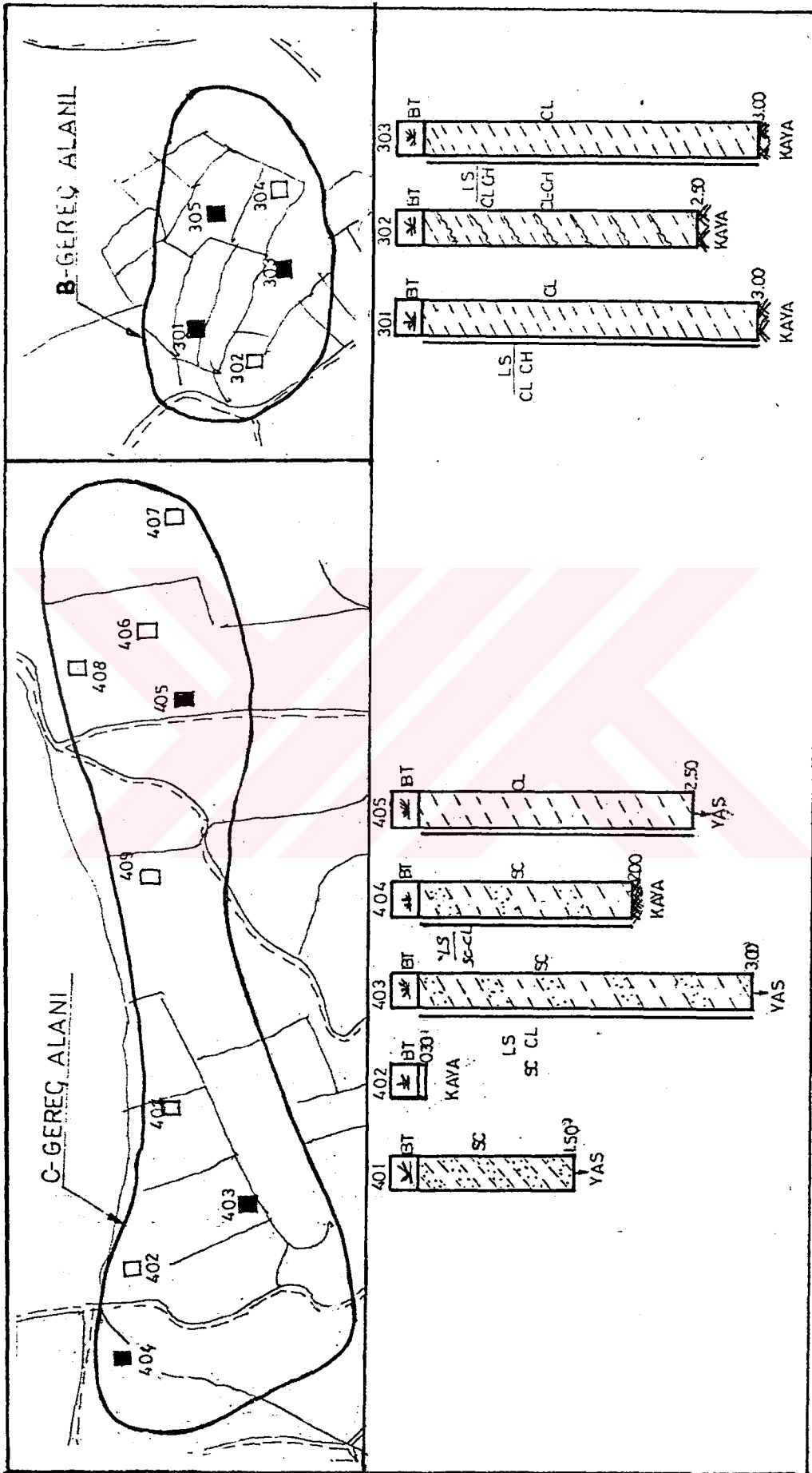
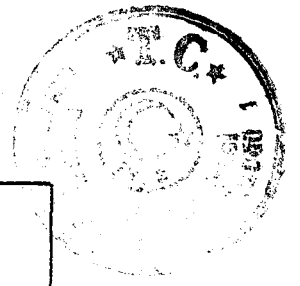
Şekil 4.5 Ayvacak Barajı geçirimsiz gereç plastisite kartı



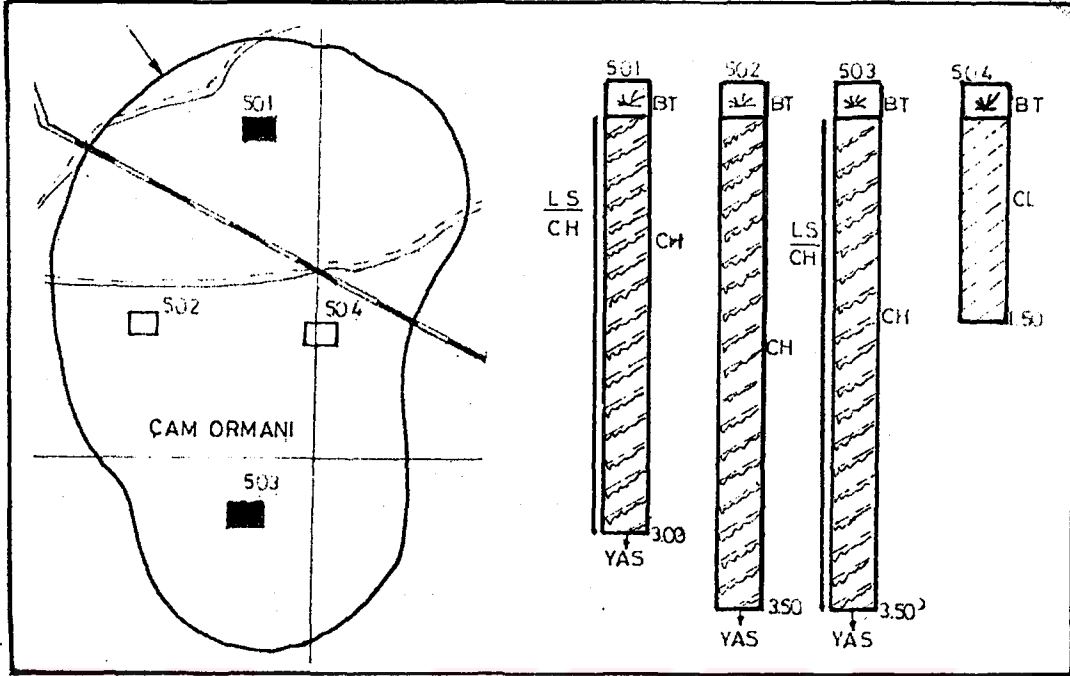
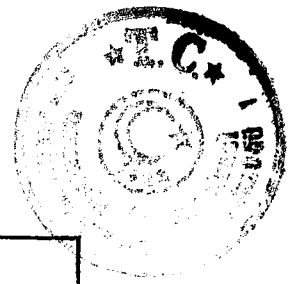
Şekil 4.6 Ayvacık Barajı A-gereç alanı



Şekil 4.7 Ayvacık Barajı A-Gereç Alanı Kuyu Kesitleri



Şekil 4.8 Ayvacık Barajı B, C- gereç alanları ve kuyu kesitleri



Şekil 4.9 Ayvacık Barajı D- gereç alanı ve kuyu kesitleri

BT	: Bitkisel Toprak
SC	: Killi kum, kötü dereceli kum kil karışımları
ML	: İnorganik silt ve çok ince kum, az plastik
CH	: İnorganik kil, çok plastik (yağlı killer)
CL	: İnorganik kil, çakıllı kumlu kil, siltli kil, az-orta plastik
CL-CH	: İnorganik kil, kumlu siltli, az orta yağlı killer
SC-CL-CH	: İnorganik kumlu siltli, kötü dereceli kum kil karışımları ve az, orta yağlı killer
SC-CL	: Killi kum ile orta plastik kil karışımları

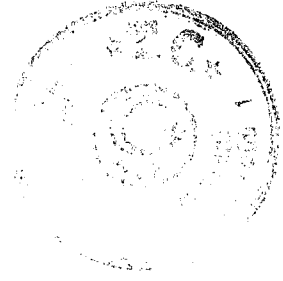
Laboratuvar deneyleri için örnek alınmış numune kuyuları | U ve ■ simgeleri ile alınmamış kuyular ise U ve □ simgeleriyle gösterilmiştir.

4.2 Geçirimli Malzemeler

Ayvacak Barajı geçirimli gereç alanı Pafta B.10 da gösterilmiştir. Yeri baraj aksının 8 km güney batısında Kocaçayın yatağıdır. Gereç alanının işletilmesi için özel idareden ivedilikle 3 km uzunluğunda 300-350 m genişliğinde bir alan için ruhsat alınmalıdır. Çevrede bu yataktan başka kum-çakıl ocağı yoktur.

Geçirimli gereç alanında açık kazı yöntemi ile açılan kuyulardan alınan numuneler üzerinde aşağıdaki laboratuvar deneyleri yapılmıştır.

- ◆ Granülometrik analiz
- ◆ Birim ağırlık



- ◆ Özgül ağırlık ve su emme
- ◆ Silt muhtevası ve kil topakları
- ◆ Sodyum sülfat ile hava koşullarına dayanım
- ◆ Organik kirlilik

Geçirimli dolgu ve filitre malzemesi için granülometrik analiz deneyinin yapılması yeterlidir. Ancak, mevcut sahadan beton agregası sağlamak için diğer deneyler gereklidir.

LABORATUVAR DENEYLERİ

Dolgu ve Filtre Malzemesi İçin Granülometrik Analiz

Tüm numunede 4 nolu elek boyutundan büyük malzeme egemen olduğundan, 4 nolu elek altında ve üstünde kalan malzemelere ayrı ayrı deney yapılarak sonradan birleştirilen çift elek yöntemi uygulanmıştır.

4 nolu elek üstünde kalan malzeme için ;

4 nolu elek üstü malzemesi kuruması için etüvde 24 saat bekletilir. Etüvden çıkan malzeme 0,1 gr duyarlıkla tartılarak “ + 4 No alınan kuru toprak ağırlığı” değeri bulunur. Aynı malzeme geniş bir kaptaki üzerine su konarak 2-24 saat arası bekletilir. Sonrasında 4 nolu elekten yıkanarak, elek üstü malzeme etüvde 24 saat kurutulur. Kuruyan malzeme tartıldığında bulunan değer “4 no elekten yıkanma sonu kuru malzeme ağırlığı” olarak kaydedilir. Kuru malzeme 4 no ve üstü elek takımından elenerek her elekte kalan kuru malzeme ağırlığı 0,1 gr duyarlıkla tartılıp işlenmektedir.

4 no elekten geçen malzeme için:

4 no elekten geçen tüm malzeme doğal durumda tartılır ve işlenir. 500 gr temsili malzeme alınarak, etüvde kurutulur ve kuru ağırlık tartılarak su içeriğide belirlenir. Su içeriği belirlenmesi için etüvde kurutulmuş olan malzemedan 400 gr alınarak ıslatılıp 2-24 saat arası bekletilir. 200 nolu elek üstünde kalan ve yıkanmış olan malzeme etüvde kurutulur. Kuruyan malzeme desikatör de soğutulup, 0,1 gr duyarlıkla tartılır. Tartılan bu malzeme 4 ve 200 nolu elekler arasındaki takımında elenir. Her bir elekte kalan kuru malzeme ağırlığı 0,1 gr duyarlıkta tartılıp işlenir.

Hesaplar ; 4 no elekten yıkama öncesi kuru ağırlık ile yıkama sonrası kuru ağırlık farkı 4 no elekten geçmesi gereken kuru malzemeyi verir. 4 no elekten geçen doğal malzeme ağırlığı, 4 no elekten geçen malzemenin su içeriğine 1 eklemek suretiyle bölünerek, 4 no elekten geçen tüm malzeme kuru ağırlığı bulunur. Bulunan bu iki ağırlık toplanarak 4 no eleğin altına geçen gerçek kuru malzeme ağırlığı



bulunur. Bu ağırlığa yıkanma sonrası 4 no elekte kalan kuru malzeme ağırlığı eklenerek, tüm numune kuru ağırlığı hesaplanır. 4 nolu elek altındaki temsili alınan kuru malzemeden elekte kalan miktarlarda bir dönüştürme yapılır. Bu dönüştürme 4 nolu elek altına geçmesi gereken kuru malzeme ağırlığı ile çarpılıp, 400 gr ile bölünerek sağlanır. Elde edilen değerler 4 nolu elek üstü malzemenin değerleri ile birleştirilir. Böylece tüm kuru numune ağırlığına göre her elekte kalan malzeme ağırlığı saptanır.

Agrega Deneyleri

Agregalar beton hacminin % 60 - % 80'nini oluşturmaktadır. Pafta B.10'da yeralan F ve G gereç alanları baraja ait regülatörlerin agregası ihtiyacını karşılayacak, baraj için gerekli agregası ise E geçirimli malzeme alanı olan dereden sağlanacaktır.

Agregası çimento ile genellikle kimyasal etkileşime girmez. Çimento hamuru ile agregası arasındaki bağlantı fiziksel ve mekanik özellik taşımaktadır.

Bu bağlantı nedeniyle agregasının granülometri birleşiminin, o agregayı kullanarak üretilen betonun özellikleri üzerinde olumlu veya olumsuz etkileri vardır. Normal beton agregaları 60 mikrondan 31.5 mm'ye kadar olan taneler içerir. Baraj betonlarında ise daha büyük çaplı taneler de kullanılabilir.

Granülometri birleşimi ile betonda kullanılan agregasının su gereksinimi, betonun sıkılığı ve işlenebilirliği arasında yakın ilişki vardır. İri agregaların çokluğu işlenebilirliği zorlaştırmakta, ince granülometri ise su gereksiniminde problemleri sayılmaktadır. İdeal tane dağılımının nasıl olması gerektiği konusundaki çalışmalardan en fazla tutulanı, en fazla sıkılığı (birim hacim ağırlığı) sağladığı söylenen Fuller bağıntısıdır.

Su-çimento oranı betonun teknik özelliklerini etkileyen en önemli birleşim parametresidir. Su miktarı ise betonun işlenebilir niteliğe sahip olmasına bağlıdır.

Agregasının çimento hamuruna yapışabilmesi, tanelerin viskos hamur ortamında hareket edebilmesi için tane yüzeylerinin çok ince su filmi ile sarılması gerekir. Betonun dayanımı için agregasının ıslatma suyu en alt düzeyde tutulmalıdır. ıslatma suyunu belirleyen özellikler agregasının mevcut su içeriği ve granülometresidir.

Beton üretiminde kullanılacak agregası kuru yüzey-doygun durumda olmalıdır. Kuru yüzey-doygun konumu saptamak için standart deneyler vardır. Bağıl nem % 50 nin üzerindeki kapalı ortamlarda saklanan agregalar kuru yüzey-doygun konumda varsayılabilir. Bunun için önerilen teorik formüllerden en önemlisi "Bolomey" formülüdür. Bu formül boyutları 0.2 mm'den küçük taneler için uygulanamaz. Bu



grup taneler için ağırlığının % 23'ü kadar su kullanılması gerekir. Pratik olarak iri agregada ıslatma suyu ağırlığın % 1 - 2'si, kumlarda % 5 - 9'u arasında bir değer alınabilir. Ancak bu formüllerden elde edilen değerler teoriktir. Betonun nasıl bir kıvama sahip olacağı beton üretilmeden kesin olarak anlaşılamaz.

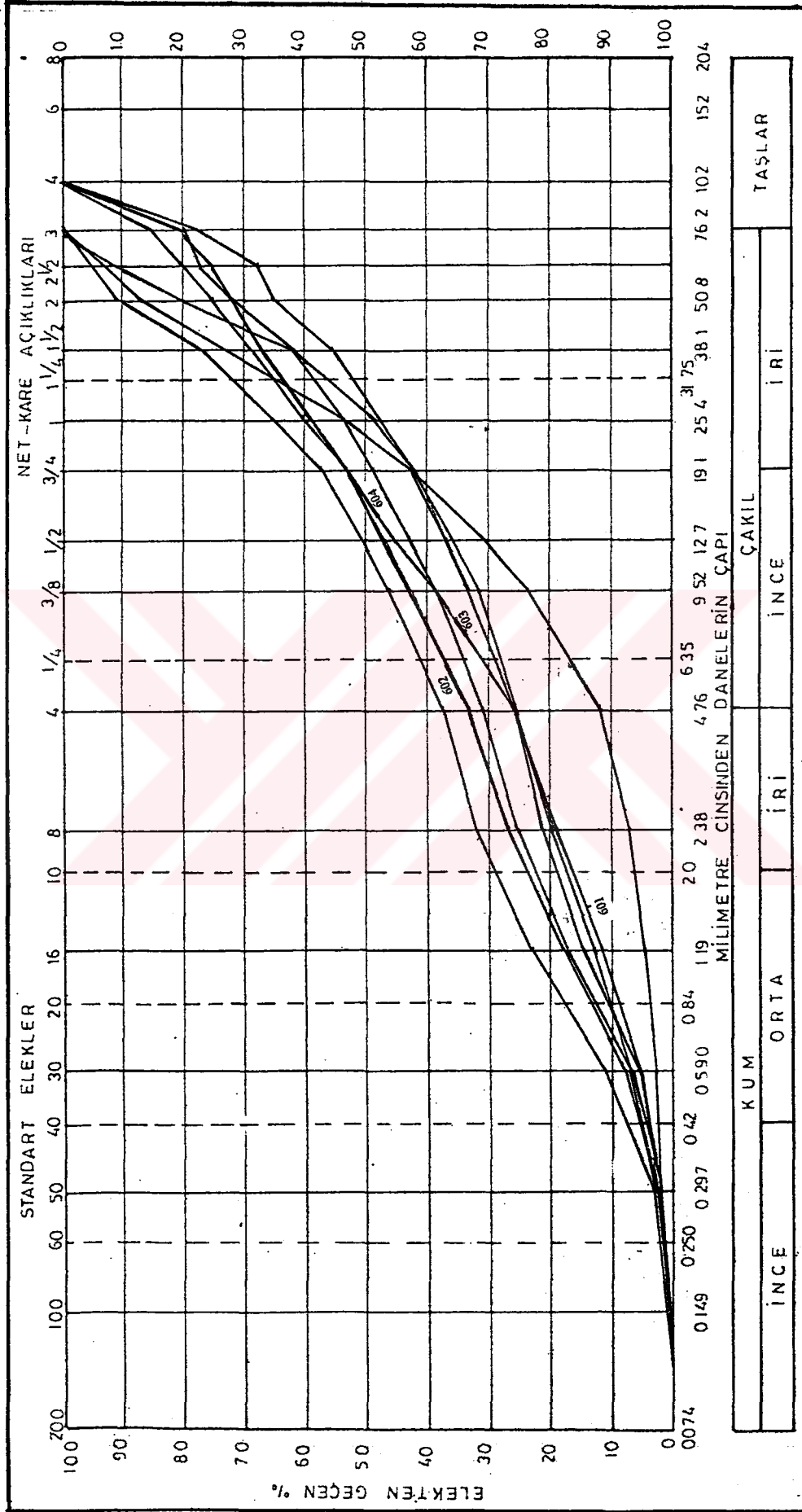
Agregaların fiziksel özellikleri kayalarınkinden farklı değildir. Ancak bunların küçük boyutlarda olmaları ve bağlayıcı maddelerle birlikte kullanılmaları nedeniyle bazı yeni özelliklerin bilinmesini gerektirir. Agregada tanelerinde bulunan boşlukların oranının ve kuru yüzey-doygun konuma gelinceye kadar emdiği su miktarının bilinmesi amacıyla su emme deneyi yapılmaktadır. Birim ağırlık, beton bileşiminin saptanması ve beton üretiminde malzemenin ölçülmesinde gerekli bir özellik olup agreganın granülometresi, özgül ağırlığı ve su içeriğine doğrudan bağlıdır. Özgül ağırlık agreganın kökeni hakkında fikir veren bir karakteristiktir ve genel olarak 2.2-2.7 arasında değerler almaktadır [8].

Betonun donma olayı sonunda parçalanmamasında en önemli rol agregada tanelerindir. Agregada tanelerinin donma etkisine karşı dayanıklılığının tesbiti genel olarak don etkisini benzeştiren Na_2SO_4 veya MgSO_4 eriyiği ile yapılmaktadır. Bu dayanıklılık DIN 4226 (Alman Standartı) ya göre su ile de yapılabilmektedir.

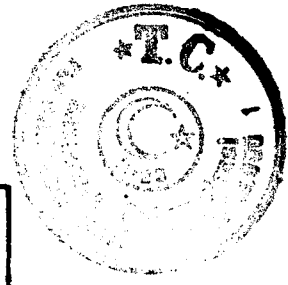
Organik maddelerin, çimentoların prizi ve sertleşmeleri üzerinde olumsuz etkileri vardır. Bu etki organik maddelerin hidrofob (suyu iten) olması ve bunların çimentoda hidrate kristallerin oluşmasına engel olması ile meydana gelmektedir.

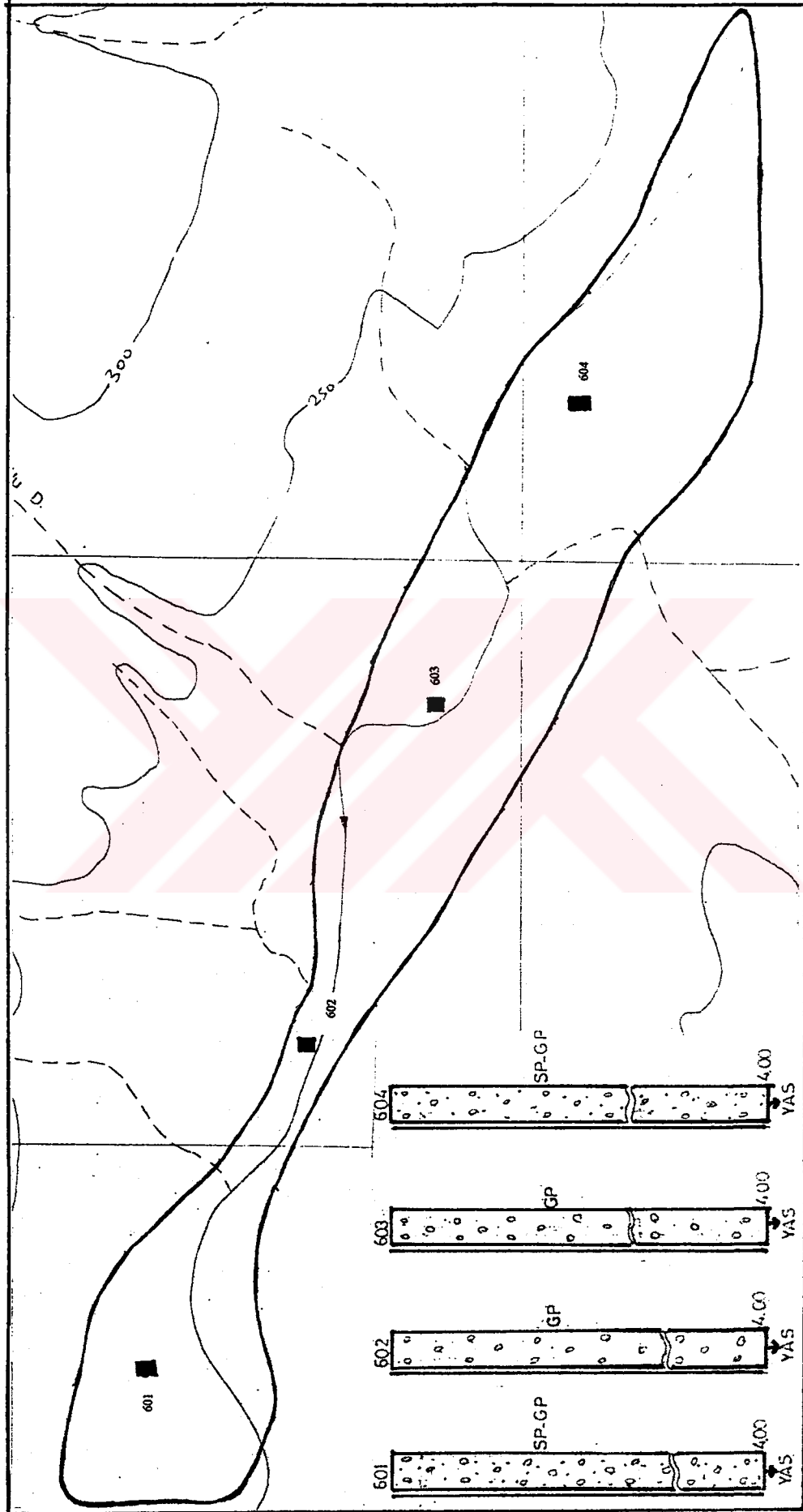
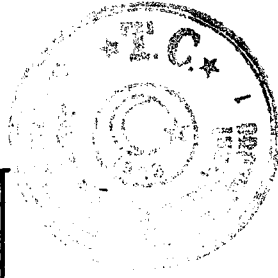
Kil toprakları betonun hacimsel kararlılığını, su alıp şişmeleri nedeniyle bozarlar. Ayrıca hiç mukavemetleri olmadığından beton içinde boşluk gibi davranırlar. Kil ve silt oranının az miktarları betonun işlenebilirliğini ve su geçirmezliğini artırır. Ancak olumsuz etkileri nedeniyle mümkün olduğu kadar az bulunmaları tercih edilir [9].

Agregalarda aranılan en önemli özelliklerden biride bunların mekanik dayanımlarının yüksek olmasıdır. Agreganın porozitesi ve jeolojik kökeni mekanik özellikleri hakkında ön fikir verebilmektedir. Ancak basınç, aşınma ve ufalanma dayanımı deneylerinden biri mekanik özelliklerin belirlenmesi için gereklidir. Basınç dayanımı agreganın diğer mekanik özellikleri ile de ilişkilidir.



Şekil 4.10 Ayyacak Barajı geçirimli gereç granülometrik analizi





Şekil 4.11 Ayvacık Barajı geçirimli gereç alanı ve kuyu kesitleri



Çizelge 4.5 Ayvacık Barajı geçirimli gereç laboratuvar deney sonuçları

Örnek No	Birim Ağırlık gr/cm ³		Özgül Ağırlık gr/cm ³ Su Emme %		200 nolu elekten geçen %		Kil Topakları %		Na ₂ SO ₄ don kaybı		Organik madde rengi
	Kum	Çakıl	Kum	Çakıl	Kum	Çakıl	Kum	Çakıl	Kum	Çakıl	
E-601	1.52	1.57	2.53	2.57	10.9	4.6	12.3	15.1	6.9	12.3	açık sarı
E-602	1.54	1.76	2.60	2.62	5.7	0.6	5.1	1.4	14.5	3.5	sarı
E-603	1.58	1.70	2.56	2.68	8.4	1.2	7.0	1.5	15.6	7.3	sarı
E-604	1.60	1.77	2.59	2.60	3.3	0.5	1.5	0.7	9.4	5.9	sarı

Kuyu kesitleri şekil 4.11 de görülmektedir. Gereç alanındaki malzeme, 604 nolu kuyudan 602 nolu kuyuya kadar yer yer iri bloklu, 601 nolu kuyu ve çevresi normal beton malzemesidir. Gereç alanından GP-SP özelliğinde filitre ve beton malzemesi almak mümkündür. Ancak malzeme yıkanıp elendikten sonra bu maksatla kullanılmalıdır.

Çizelge 4.6 Ayvacık Barajı geçirimli gereç alanına ait bilgiler [6]

Yapıya uzaklığı (m)	8000 Baraj yerine
Yol durumu	Var 2 km düzeltmeli
Açılan kuyu ve yarma	4
Ortalama sıvırma (cm)	50
Önerilen kazı derinliği (m)	4
Gereç niceliği (m ³)	3500000

4.3 Kaya Malzemesi

Kaya-1 gereç alanı : Aks yerine 5 km mesafedeki, Dibekli-Küçükhusün köy yollarının üzerindeki tüflerdir.

Kaya-2 gereç alanı : Aks yerine 6 km mesafede Küçükhusün köyünün 500-700m doğusundaki Yayla tepesindeki tüflerdir.

Kaya-3 gereç alanı : Aks yerinin 10 km kuzeydoğusundaki Yenioba Mahallesi Medetsiz tepedeki rekristalize kireçtaşlarıdır.

Bu gereç alanlarından (Pafta B.10) alınan örnekler üzerinde özgül ağırlık ve su emme Losangeles aşınma kaybı, görünen porozite ve sodyum sülfat ile hava koşullarına dayanım deneyleri yapılmıştır.



Baraj memba ve mansap şevlerinde koruma amacıyla kullanılan kaya malzemenin (riprap) tabiat tesirlerine karşı dayanıklı olması hava ve su etkilerine, don ve dalga tesirlerine mukavemet edebilir olması gereklidir. Mühendislik yönünden kayaların en önemli özellikleri; ağırlık, porozite, direnç ve sertlik ile su emme ve dona karşı dayanıklılıktır. Özgül ağırlık ve su emme kapasitesi kayanın dayanımı hakkında fikir verebilmektedir. Kayaçların özgül ağırlıkları içerilerinde bulunan minerallere bağlıdır. Örneğin içinde ağır mineraller bulunan metamorfik, magmatik taşlar ve bunları kapsayan kum taşlarının özgül ağırlıkları büyüktür. Barajlarda kullanılacak kaya malzemenin özgül ağırlığı $2,60 \text{ gr/cm}^3$ 'den büyük, su emmesi ise en fazla % 1,8 olması gerekmektedir. Görünen porozite, kayacın hacimce su emme oranıdır. Birim hacim ağırlık ile ağırlıkca su emme oranı çarpılarak da bulunabilir [10]. Kaya malzemenin don sonu direnç kaybı % 10'dan fazla olmamalıdır. Los-Angeles aşınma kaybı en fazla 100 devirde % 10, 500 devirde ise % 40'dır.

Uygulamada riprap olarak 10-15 cm açıklıklı ızgaralardan geçirilen karışımdan ızgara üzerinde kalan malzeme kullanılmaktadır. Fakat en yararlı yöntem ocak seçimi yöntemidir. Patlatma deneyi sonunda elde edilen karışımın kaya ufağı %20'den fazla ise ocak değiştirilmelidir [11].

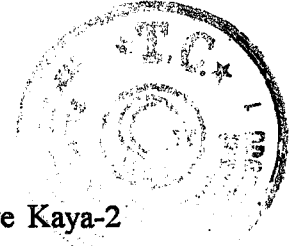
Memba şevini rezervuarda oluşacak dalgalardan korumak amacıyla genelde 0.90 m kalınlığında riprap kullanılmaktadır. Bu kalınlık için ; $e = c V_d^2$ bağıntısı da önerilmektedir [11]. Burada c çizelge 4.7'de verilen bir katsayı, V_d ise Gailard formülü ile bulunan dalga hızıdır ve ; $V_d = 1.50 + 2 Z_d$ (Z_d = Dalga yüksekliği) bağıntısı ile hesaplanır.

Çizelge 4.7 Riprap malzeme kalınlığı hesabında c katsayıları

Baraj Şevi	Kaya Malzemenin Özgül Ağırlığına Bağlı Olarak Verilen c Değeri		
	2.50	2.65	2.80
1/12	0.024	0.022	0.020
1/4	0.027	0.024	0.022
1/3	0.028	0.025	0.023
1/2	0.031	0.028	0.026
1/1,5	0.036	0.032	0.030
1/1	0.047	0.041	0.038

Çizelge 4.8 Ayvacık Barajı kaya gerci laboratuvar deney sonuçları

Örnek no	Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	Su Emme (%)	Los Angeles Aşınma Kaybı		Na_2SO_4 Don Kaybı (%)	Görünen Porozite (%)
			100 Devir (%)	500 Devir (%)		
Kaya-1	2.57	3.9	6.3	25.5	40.7	8.8
Kaya-2	2.64	9.5	8.6	36.9	23.8	19.3
Kaya-3	2.72	0.2	6.2	25.5	0.9	0.5



Arazi gözlemleri ve laboratuvar deney sonuçlarına göre Kaya-1 ve Kaya-2 gereç alanlarının riprap malzemesi olarak kullanılmayacak durumda olduğu görülmüştür.

Kaya-3 gereç alanındaki rekristalize kireçtaşları masif yapılı, az çatlaklı ve deney sonuçlarına göre riprap olarak kullanılabilir gereçtir. Gereç alanından 5.000.000 m³ riprap malzemesi almak mümkündür.

4.4 Gövde Malzemesinin Mühendislik Özellikleri

Dolguda kullanılacak malzemeler üzerinde yalnızca tanımlama deneyleri yapılmış, geçirimsizlik, konsolidasyon ve kesme deneyleri yapılmamıştır.

Tanımlama deneyleri sonucu belirlenen zemin özelliklerinin kullanımları şöyledir ;

Özgül ağırlık: Belli hacimdeki zemin tanelerinin (katı faz) ağırlığının aynı hacimde +4°C deki arı suyun ağırlığına oranıdır. Bu değer çeşitli fazları kapsayan zeminin bileşiminin ve bileşenlerinin birim ağırlık, boşluk oranı, su içeriği, doygunluk derecesi vb. gibi değerlerini hesaplamakta kullanılır. Ancak oldukça dar sınıflar arasında değiştiğinden zemin sınıflandırılmasında ve tanımlanmasında önemli değildir [5]. İndis deneyi olarak malzemenin dayanıklılığının göstergesidir. Çeşitli fazlardaki birim ağırlıkların bilinmesi, basınç, çökme ve stabilite problemlerinin çözümünde gerekmektedir.

Kıvam limitleri: Kohezyonlu zeminlerin kayma direnci, geçirgenlik ve sıkışabilme gibi mühendislik özellikleri ile yakından ilgilidir. Kıvam limitleri ile mühendislik özellikleri arasındaki bazı genel ilişkiler Casagrande tarafından çizelge 4.9da verilmiştir [7].

Çizelge 4.9 Zemin Özelliklerinin Limitlerle ilişkisi

Özellikler	Aynı likit limite olup plastisite indisi yükselen zeminlerin kıyaslanması	Plastisite indisi aynı olup, likit limiti yükselen zeminlerin kıyaslanması
Sıkışabilme yeteneği	Yaklaşık aynı	Artar
Geçirgenlik	Azalırdır (düşer)	Artar
Hacim değişim hızı	Azalırdır	Artar
Plastik limite yakın sertlik	Artar	Azalırdır
Kuru direnc	Artar	Azalırdır



Kıvam limitleri ince taneli zeminlerin tanınması ve sınıflandırılmasında çok yararlıdır. Kil ve silt arasındaki sınır için gerçek kriterdir. 200 nolu elekten geçen tanelerden LL i % 28 den ve PI leri % 6 dan büyük olanlara kil denilmektedir.

Ayrıca kıvam limitlerine ek olarak, kuru direncinin bilinmesi, kohezyonlu zeminlerin karşılaştırılması ve tanımlanması için yararlıdır. Havada kurutulmuş bir kil numunesinin direnci, 2 kg / cm^2 den, 200 kg / cm^2 ye kadar olabilir. Uzman bir kişi zemin taneciklerini parmaklar arasında ezerek çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek biçiminde direnç derecelerini ayırabilir [7].

Granülometrik Analiz: Granülometri daha çok kohezyonsuz zeminlerin tanınması ve sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Kohezyonlu zeminler için aynı derecede önemli değildir. Baraj filtre projelerinde granülometri eğrilerinden faydalanılır. Ayrıca granülometri eğrilerinin kum ve siltler için pratik bir değeri vardır. Teori ve laboratuvar araştırmaları, zemin geçirimsizliğinin efektif tane çapı ile ilgili olduğunu göstermiştir. Efektif tane çapı (D_{10}) zeminin % 10 unun kendinden ince olduğu çaptır ve kohezyonsuz zeminlerde geçirimsizlik, efektif tane çapının karesi ile orantılıdır.

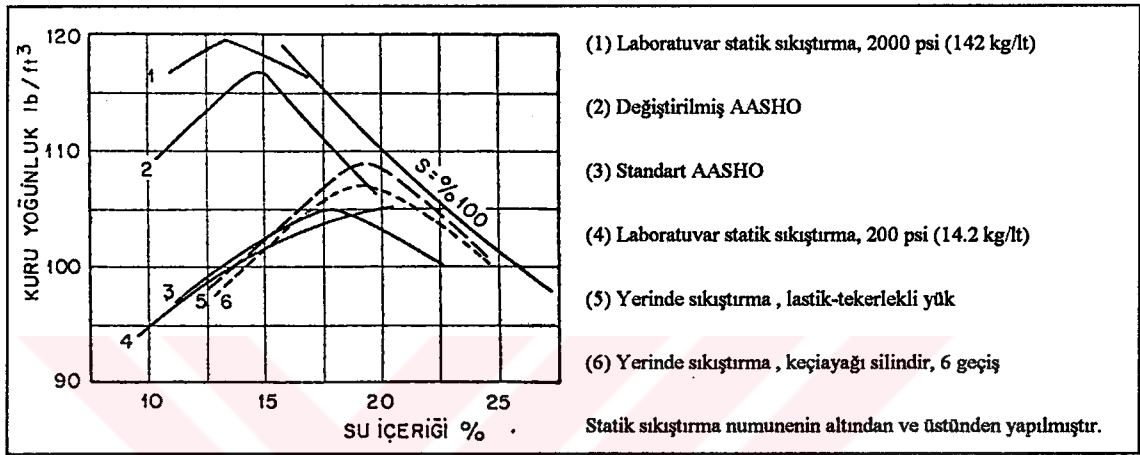
Granülometrik olarak eş boyutlu (uniform) malzemeler genellikle işlenebilir malzemelerdir, yani kolayca kazılıp sıkıştırılabilir. İri taneli zeminlerde boyutların sınırı genişledikçe geçirimsizlik ve sıkışabilirlikte bir azalma kayma direncinde ise, bir artma göze çarpar. İyi derecelenmiş bir zeminin işlenebilme özelliği oldukça iyidir.

Kompaksiyon (Dolguların sıkıştırılması): a) İlerdeki oturmaları azaltmak , b) Zeminin kesme direncini arttırmak c) Geçirimsizliği düşürmek, amaçlarıyla yapılmaktadır. Özellikle ince taneli zeminlerin sıkışmasında suyun önemli rolü vardır. Bir zemine su katıldığında, zemin tanecikleri absorbe edilmiş su zarı ile kaplanmaktadır. Daha fazla su katılırsa, bu zar kalınlaşarak zerelerin birbiri üzerindeki kayma yeteneğini artırır. Ancak belli bir dereceye kadar katılan su zeminlerin sıkışma yeteneğini arttırmaktadır. Bundan dolayı her zemin ve sıkıştırma işlemi için maksimum birim hacim ağırlığını veren optimum su miktarı vardır.

Laboratuvar sıkıştırma deneyinin amacı verilen bir zemin için belli bir sıkıştırma enerjisinde en büyük sıkışmayı (en büyük kuru birim hacim ağırlığı) sağlayacak belirli ölçüdeki su içeriğinin (optimum su içeriğinin) saptanmasıdır. Böylece zemin bu optimum su içeriğinde arazide sıkıştırıldığında beklenen sıklık elde edilecektir. Ancak bu amacın gerçekleşmesi için laboratuvar elde edilen sıkıştırma derecesinin yerinde kullanılan yöntemlerle elde edilen sıkışma derecesine kıyaslanabilir olması gereklidir. Yine de herhangi bir laboratuvar sıkıştırma deneyi , yerindeki



sıkışmayı tam olarak temsil edememektedir. Örnek olarak şekil 4.12 de siltli bir kil zemin için yerey ve laboratuvar sıkıştırmalarının bir kıyaslaması gösterilmiştir. Bu zemin için laboratuvar deneyi optimum su içeriği, gerçek dolgu optimumundan daha düşüktür. Bu durum, birçok zeminler için böylece gözlenebilir [7]Standart proktor deneyi, geçirimsiz ve bazende yarı geçirimli zeminlerin yerey sıkışma denetiminde geçerli olan bir laboratuvar deneyidir.



Şekil 4.12 Laboratuvar ve yerindeki sıkıştırmaların kıyaslaması

Kayaç ve zeminlerin mühendislik yapılarında kullanılma kriterleri (Tanımlama deney sonuçları için uygun kabul edilen değerler) şöyledir [5].

Geçirimsiz malzemede

Özgül ağırlık	: 2,60 gr / cm ³ den büyük
Max. kuru birim ağırlık (γ_{kmax})	: 1,60 gr / cm ³ den büyük
Optimum su içeriği (W_{on})	: % 15-20 arasında
likit limit	: % 40-50 arasında
Plastisite indisi	: 14-20 arasında

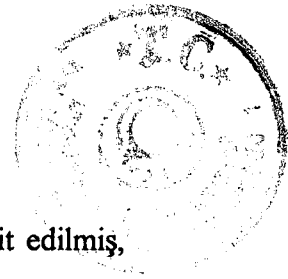
Filtre zonunda kullanılacak malzemede

Özgül ağırlık	: 2,60 gr / cm ³ den büyük
Su emme	:max % 1
Kil topakları (kum için)	:max % 1
(çakıl için)	:max % 25
L. Angeles aşınma kaybı (100 devirde)	: max : % 8-10
(500 devirde)	: max : % 40-50
Don deneyi (kum için)	:max %8-10
(çakıl için)	:max % 10-12
200 nolu elekten geçen malz. mik	:max % 3-5

Kaya dolgu mazemede

Özgül ağırlık	:2,60 gr / cm ³ den büyük
Don deneyi (don sonu direnç kaybı)	:max % 10
Basınç dayanımı	:mın 500 kg / cm ²
Losangeles aşınma kaybı (100 devirde)	:max % 10
(500 devirde)	:max %40

Her sınıfa ait tipik zeminlerin ortalama mühendislik özellikleri, yapılmış olan testlerin istatistiksel analizine dayanarak verilebilmektedir. Çizelge 4.10 ve 4.11de



sıkışmış malzemenin birleştirilmiş zemin sınıflandırması esaslarına göre tesbit edilmiş, özellikleri verilmiştir [12] .

Çizelge 4.10 Birleştirilmiş sistemde sıkışmış malzemenin özellikleri

Tipik İsim	% 95 Max. Standart Yoğunluk veya % 70 İzafi Yoğunluğa Kadar Sıkıştırılmış Malzemelerin İzafi Özellikleri					Grup Sembolleri
	Sature Durumunda Kesme Mukavemeti	Sature Durumunda Sıkışabilme	Permeabilite	Borulanmaya Karşı Direnç	Deformasyonla Çatlamaya Karşı Hassasiyet	
İyi derecelenmiş çakıllar çakıl-kum karışımları az veya hiç yok derecede ince malzeme	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yok	GW
Kötü derecelenmiş çakıllar çakıl-kum karışımları az veya hiç yok derecede ince malzeme	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yok	GP
Siltli çakıllar, çakıl-kum-silt karışımları	Yüksek	Düşük	Orta	Ortadan Düşüğe	Orta	GM
Killi çakıllar, çakıl-kum-kil karışımları	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek	Orta	GC
İyi derecelenmiş kumlar, çakıllı kumlar, az veya hiç yok derecede ince malzeme	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta	Yok	SW
Kötü derecelenmiş kumlar, çakıllı kum, az veya hiç yok derecede ince malzeme	Orta	Düşük	Yüksek	Ortadan Düşüğe	Yok	SP
Siltli kumlar, kum-silt karışımları	Orta	Orta	Orta	Orta PI>6 Düşük PI<6	Ortada Yüksekçe	SM
Killi kumlar, kum-kil karışımları	Orta	Orta	Düşük	Orta	Orta	SC
Anorganik siltler ve çok ince kumlar, kaya unları, siltli veya killi ince kumlar veya düşük plastisiteli killi siltler	Ortadan Düşüğe	Orta	Orta	Yüksek PI>15 Orta PI<15	Yüksek PI<15 Düşük PI>15	ML
Düşükten orta plastisiteye kadar anorganik killer, çakıllı killer, siltli killer, kumlu killer, yağsız killer	Orta	Orta	Düşük	Yüksek PI>15 Orta PI<15	Yüksek PI<15 Düşük PI>15	CL
Düşük plastisiteli organik silt ve organik siltli killer	Düşük	Yüksek	Orta	Ortadan Düşüğe	Orta	OL
Anorganik siltler, mikali veya diyatomeali ince kumlu veya siltli topraklar, elastik siltler	Düşük	Yüksek	Düşük	Ortadan Düşüğe	Orta	MH
Yüksek plastisiteli anorganik killer, yağlı killer	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	CH
Orta plastisiteden yüksek plastisiteye kadar organik killer, organik siltler	Düşük	Yüksek	Düşük	Ortadan Yüksekçe	Orta	OH
Yüksek organik topraklar	İnşaat İçin Elverişli Değil					Pt

Çizelge 4.12 de zeminin yoğunluk, su muhtevası, boşluk oranı, permeabilite, sıkışabilirlik, kesme direnci özelliklerine ait sınıflar itibarıyla ortalama değerleri verilmiştir. Bu tablo, Amerikan Bureau of Reclamation servisine ait Denver Colorado mühendislik laboratuvarında yapılan 1500 teste ait değerlerin kullanılmasıyla tanzim edilmiş, değerlendirmeye sokulan testler Batı Amerika'daki 17 eyalete ait topraklar üzerinde yapılmıştır [12] .

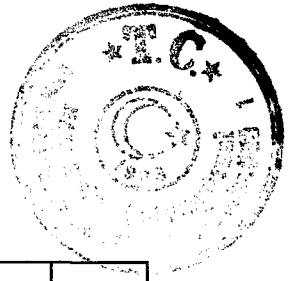
Çizelge 4.12 deki her özelliğe ait değerlerin % 90'ı emniyet sınırı olarak verilmiştir. İri taneler için yapılan permeabilite testleri hariç, bütün laboratuvar testleri zeminin 4 numaralı elekten geçen kısmı üzerinde yapıldığından, tabloda birçok özellik için çakıla ait değerler mevcut değildir. Bununla beraber, çizelgede verilen kum grubu



zeminlere ait değerlere mukayese edilmek suretiyle, çakıl değerleri hakkında fikir verilebilir. Değerlerdeki (+) ve (-) limitler yapılan denemelerin sayılarından matematiksel ve kullanılan donelerin standart sapmalarından elde edilmişlerdir.

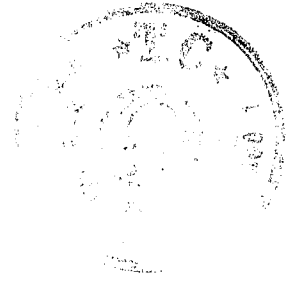
Çizelge 4.11 Birleştirilmiş sistemde sıkışmış malzemenin baraj gövdesinde kullanımı

Normal Sıkışmada Kuru Yoğunluk (gr/cm ³)	İşleme veya İnşaat Karakteristikleri	Arzu Edilen Sıkıştırıcı	Gövde ve Geçirimsiz Blanketler için Kıymeti	Grup Semboller
2.000	İyi	Paletli traktör veya çelik tekerlekli ve titreşimli araçlar	Çok emniyetli (stabil) geçirimli sedde ve baraj şevleri	GW
1.840	İyi	Paletli traktör veya çelik tekerlekli ve titreşimli araçlar	Makul derecede emniyetli(stabil) geçirimli sedde ve baraj şevleri	GP
1.920	Orta	Lastik tekerlekli araçlar veya keçi ayağı	Makul derecede emniyetli, geçirimli şevler için uygun değil, geçirimli şevler ortasında geçirimsiz çekirdek malzemesi olarak kullanılabilir.Daha az geçirimli malzemenin dış kısımlarına konulabilir.	GM
1.840	İyi	Lastik tekerlekli araçlar veya keçi ayağı	Emniyetli (stabil) homojen gövdeler, geçirimsiz blanketler veya her türlü geçirimsiz kısımlar için kullanılabilir.	GC
1.840	İyi	Paletli traktör ve titreşimli veya çelik tekerlekli araçlar.	Çok emniyetli, geçirimli kısımlarda kullanılır, şev korumasına ihtiyaç gösterir.	SW
1.680	Orta	Paletli traktör ve titreşimli veya çelik tekerlekli araçlar.	Makul derecede emniyetli kısımlarda, düşük meyilli dolgular için kullanılır, şev korumasına ihtiyaç gösterir.	SP
1.760	Orta	Lastik tekerlekli araçlar veya keçi ayağı	Makul derecede emniyetli (stabil), geçirimli şevler için uygun değil, geçirimli şevler veya daha az geçirimli dış kısımlar içinde geçirimsiz çekirdek malzemesi olarak kullanılabilir.Şev korumasına ihtiyaç gösterir.	SM
1.760	İyi	Lastik tekerlekli araçlar veya keçi ayağı	Emniyetli (stabil) homojen dolgular,geçirimsiz blanketler veya her çeşit geçirimsiz kısımlar için kullanılabilir.	SC
1.600	Orta	Keçi ayağı	Zayıf stabilite iyi bir kontrolle gövdeler için kullanılabilir, şev korumasına ihtiyaç gösterir.	ML
1.680	İyiden Ortaya	Keçi ayağı	Emniyetli stabil, homojen dolgular, geçirimsiz blanketler veya herhangi bir geçirimsiz kısım için kullanılabilir.	CL
1.440	Zayıf		Gövde için arzu edilmez.	OL
1.360	Zayıf	Keçi ayağı	Zayıf stabilite, barajın esas kısımları için kullanılması arzu edilmez. İnce geçirimsiz çekirdekler için iyi bir kontrolle ve korumalı blanketlerle kullanılabilir.	MH
1.360	Zayıf	Keçi ayağı	Zayıf stabilite, çekirdeklerde, geniş şev veya korumalı blanketlerde kullanılır.Çatlamalara sebep olacak kurumaya engel olunmalıdır.	CH
1.200	Zayıf		Gövde için arzu edilmez.	OH
Gövde İnşaatı İçin Kullanılmaz				Pt



Çizelge 4.12 Zeminin ortalama mühendislik özellikleri

Zemin	Max. Kuru Yoğun. gr/cm ³	Min. Kuru Yoğun. gr/cm ³	Optimum Su Muhtevası (%)	Boşluk Oranı (%)	Permeabilite k (cm/sn)	Sıkışabilirlik		Kesme Direnci			tan ϕ
						Basınç Altında(%)		Optimum Rutubette Koh. c _o (kg/cm ²)	Doğru Rutubette Koh. c _{sat} (kg/cm ²)	ϕ	
						1.4 kg/cm ²	3.4 kg/cm ²				
GW	1.906	-	<13.3	x	2.6x10 ⁻⁵ ±1.3x10 ⁻⁵	<1.4	x	x	x	>38° 21'	>0.79
GP	1.762	-	<12.4	x	6.2x10 ⁻⁵ ±3.3x10 ⁻⁵	<0.8	x	x	x	>36° 30'	>0.74
GM	1.826	-	<14.5	x	>2.9x10 ⁻⁵	<1.2	<3.0	x	x	33° 50'	>0.67
GC	1.842	-	<14.7	x	>2.9x10 ⁻⁵	<1.2	<2.4	x	x	>31° 00'	>0.60
SW	1.986	1.826	13.3±2.5	0.37±x	x	1.4±x	x	0.40±0.04	x	38° 20'±40'	0.79±0.02
SP	1.794	1.762	12.4±1.0	0.50±0.03	>1.45x10 ⁻⁵	0.8±0.3	x	0.23±0.06	x	36° ±45'	0.74±0.02
SM	1.842	1.826	14.5±0.4	0.48±0.02	7.3x10 ⁻⁵ ±4.5x10 ⁻⁶	1.2±0.1	3.0±0.4	0.52±0.06	0.20±0.07	33°±2°50'	0.67±0.02
SM-SC	1.922	1.890	12.8±0.5	0.41±0.02	1.9x10 ⁻⁷ ±1.4x10 ⁻⁶	1.4±0.3	2.9±1.0	0.51±0.22	0.15±0.06	33° 30'±2°50'	0.66±0.07
SC	1.858	1.826	14.7±0.4	0.48±0.01	2.9x10 ⁻⁷ ±1.9x10 ⁻⁷	1.2±0.2	2.4±0.5	0.76±0.15	0.11±0.06	31°±2°50'	0.60±0.07
ML	1.666	1.634	19.2±0.7	0.63±0.02	5.7x10 ⁻⁷ ±2.2x10 ⁻⁷	1.5±0.2	2.6±0.3	0.68±0.11	0.09±x	31°50'±1°40'	0.62±0.04
ML-CL	1.778	1.714	16.8±0.7	0.54±0.03	8.8x10 ⁻⁸ ±1.2x10 ⁻⁸	1.0±0.2	2.2±0.0	0.54±0.17	0.22±x	31°50'±2°25'	0.62±0.06
CL	1.746	1.714	17.3±0.3	0.56±0.01	7.7x10 ⁻⁸ ±2.9x10 ⁻⁸	1.4±0.2	2.6±0.4	0.88±0.11	0.13±0.02	28°20'±1°45'	0.54±0.04
OL	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MH	1.378	1.249	35.3±3.2	1.15±0.12	1.5x10 ⁻⁹ ±0.9x10 ⁻⁹	2.0±1.2	3.8±0.8	0.74±0.30	0.20±0.09	25°10'±2°20'	0.40±0.05
CH	1.538	1.473	25.5±1.2	0.80±0.04	4.8x10 ⁻⁹ ±4.8x10 ⁻⁹	2.6±1.3	3.9±1.5	1.04±0.34	0.11±0.06	10°20'±4°30'	0.35±0.09
OH	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x



5. HİDROLOJİK VERİLER

Hidrolojik durum baraj tipi seçimine etki eden en önemli faktörlerdendir. Baraj beslenme alanına düşen yağış miktarı ve süresi, akarsuyun taşkın debisi ve dalga etkileri baraj tipini belirleyen hidrolojik verilerdir. Yağış alanına ait yeteri kadar hidrolojik veri yoksa baraj tipi ve yüksekliğini saptamak pek kolay olmaz. Akarsuyun maksimum taşkın suyunu boşaltacak bir savak yapmak ve bunu barajın en uygun yerine yerleştirmek, baraj projelerinde düşünülen problemlerin en başta gelenlerindedir. Savak yerinin şeklinin ve büyüklüğünün iyi seçilmemiş olması bir çok barajın yıkılmasına neden olabilmektedir.

Baraj tipinin seçilmesinde taşkın debisinin rolü bir örnekle açıklanabilir. Sakarya nehri üzerinde yapılan Sarıyar Barajı için önce kaya dolgu sonra da ağırlık ve kemer tipi ayrı ayrı düşünülmüştür. Fakat Sakarya Nehri'nin getirdiği 9000 m³/s'lik taşkın debisini boşaltacak dolu savağın vadiye yerleştirilmesi, baraj emniyeti bakımından tehlikeli görülmüş ve ağırlık barajı tipine gidilerek savak baraj üzerine alınmıştır.

İklim de baraj tipi üzerinde etkilidir. Yağışı fazla olan veya don yapan bölgelerde toprak baraj gövdesinde geçirimsiz ve yarı geçirimli malzemenin yerleştirilmesi çok zor olur. Diğer taraftan kurak bölgelerde de gövdenin kompaksiyonu için gerekli suyun sağlanması ayrı bir problemdir [13].

5.1 İklim ve Su Kaynakları [14]

a) İklim ve Meteoroloji İstasyonları

Proje alanı coğrafi olarak Marmara iklim bölgesinde yer alır. Ancak Ege denizine kıyı olması bakımından Ege denizi ikliminin etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak (az yağışlı) kışları ise nisbeten yağışlı geçmektedir. Aralık, Ocak ve Şubat en fazla yağış görülen aylardır.

Meteoroloji istasyonu olarak, proje alanı içinde sadece Tuztaşı, yakın çevresinde ise, Ayvacık, Bayramiç, Evciler, Bezirganlar ve Karaköy bulunmaktadır. Bunlardan Edremit ve Bayramiç uzun süreli ve güvenilir gözlemlere sahiptir ve baz istasyonlar olarak kabul edilmiştir.



Proje alanındaki yağışlar genellikle depresyonik ve erografik tiptedir. Proje alanında batıdan doğuya doğru, denizden uzaklaştıkça kotlar artmaktadır. Baraj yeri yağış ortalama kotu 500 m dir. Denizden gelen nemli hava kütleleri üst katlara yükselirken bol yağış bırakır. Bu durum da yağış merkezi proje alanının kuzey doğusunda meydana gelmektedir.

Proje alanı ve çevresindeki meteoroloji istasyonları verilerine göre yapılan hesaplarda proje alanı yıllık toplam yağış 977,5 mm olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.1 Ayvacık Barajı proje alanının aylık ortalama yağış değerleri (mm)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Y.T.Y
Top.	161.5	111.7	108.9	74.0	38.8	40.2	18.0	6.6	3.7	54.8	193.8	165.5	977.5
Yağış													

Proje alanı çeşitli sıklıktaki günlük max yağışları ise aşağıdaki şekildedir :

T (sene)	Proje alanı Q_T (m^3 / s)
2	78.8
5	116.7
10	133.3
25	160.5
50	182.5
100	200.6

Proje alanının çeşitli yinelemeli yağış-şiddet-süre-yineleme değerlerinden elde edilen projenin dolusavak taşkın hidrografının hesabında kullanılacak olası max yağış OMY 302.2 mm dir.

Sıcaklık hesaplarında Ayvacık meteoroloji istasyonu değerleri kullanılmış ve Ayvacık Barajı yağış alanı için yıllık ortalama sıcaklık 11.9 °C olarak hesaplanmıştır. Meteoroloji istasyonunda en yüksek sıcaklığa Temmuz ayında (38°C) en düşük sıcaklığa Ocak ayında (-10.8 °C) rastlanmıştır.

Proje alanı için, Edremit meteoroloji istasyonu değerlerine göre yıllık ortalama rüzgar hızı 2.6 m / s dir. En hızlı rüzgar yönü ve hızı SW yönünden 31.3 m/s olarak verilmiştir. Ortalama fırtınalı gün sayısı 20.3 gündür.

Verilere göre yıllık ortalama bağıl nem değeri Ayvacık için % 68.5 civarında Edremit için ise, % 60 dir. Bağıl nemin en yüksek olduğu aylar Kasım, Aralık ve Ocak, en düşük olduğu ay ise Temmuzdur. Ayvacık Barajı net buharlaşma değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2 Ayvacık Barajı Net Buharlaşma Değerleri

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Y.T.B
Net B	—	—	—	12.5	61.2	128.1	153.9	152.5	107.7	30.2	—	—	646.1



b. Yerüstü Su Kaynakları ve Akım Gözlem İstasyonları

Projenin ana su kaynağı Tuzla çayıdır. Tuzla çayı, Tuztaşı köyünün kuzeyindeki Dede dağının güney yamaçlarından yaklaşık 1000 m kotlarından doğmaktadır. Denize kadar 501 km² lik yağış alanına sahiptir. Çayın Ayvacık Baraj aksında sahip olduğu yağış alanı 143 km² dir.

Tuzla çayı üzerinde Ayvacık mevkiindeki (4-11) ve (4-28) nolu akım gözlem istasyonu değerleri kullanılarak yapılan su temini çalışmalarına göre; Ayvacık Baraj yeri için 29 yıllık ortalama akım 46.06 X 10⁶ m³ dür. Bu değer 322,1 mm lik akış değerine 10,2 l/s/km² lik verime, 1,46 m³/ s lik ortalama debiye eşittir.

Çizelge 5.3 Tuzla çayı aylık ortalama akımlar (hm³)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	YOA
Ort.	0.55	1.75	7.65	9.80	10.46	7.76	4.18	2.10	0.81	0.23	0.09	0.23	46.06
Akım													

Su kalitesi ölçümlerinde sadece sulama suyu yönünden analizler yapılmış kalitesi C₂S₁ olup sulamaya engel bir durum görülmemiştir.

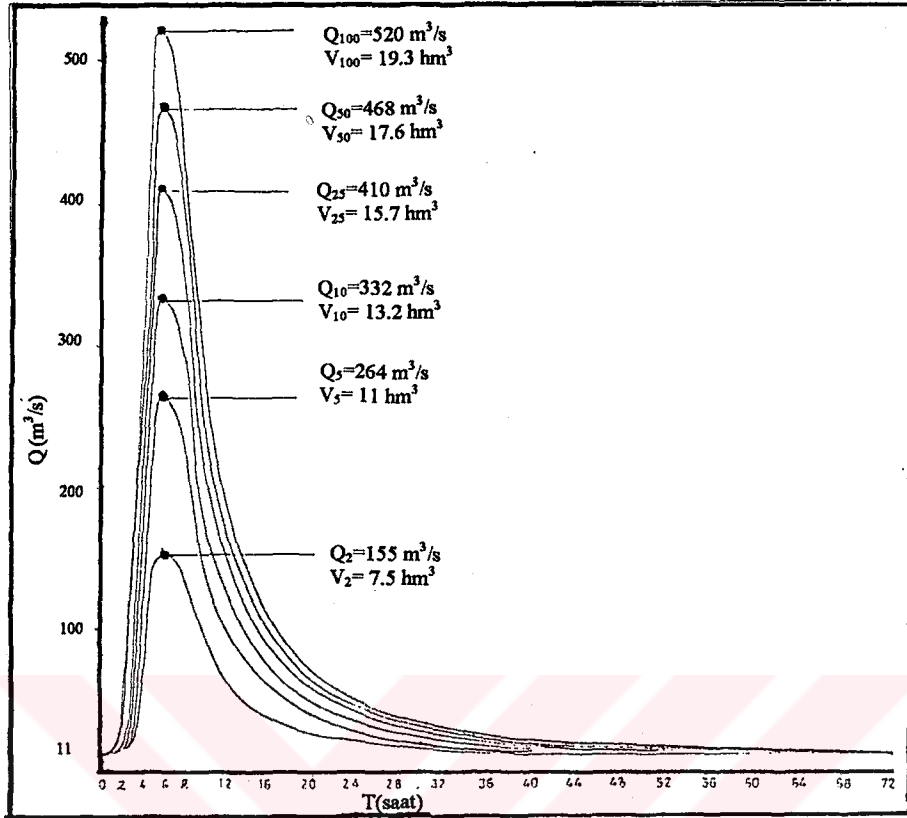
5.2 Proje Taşkınları [14]

Ayvacık Barajı yeri taşkın yineleme debilerinin hesaplanmasında istatistik yöntem ve birim hidrograf yöntemleri kullanılmıştır.

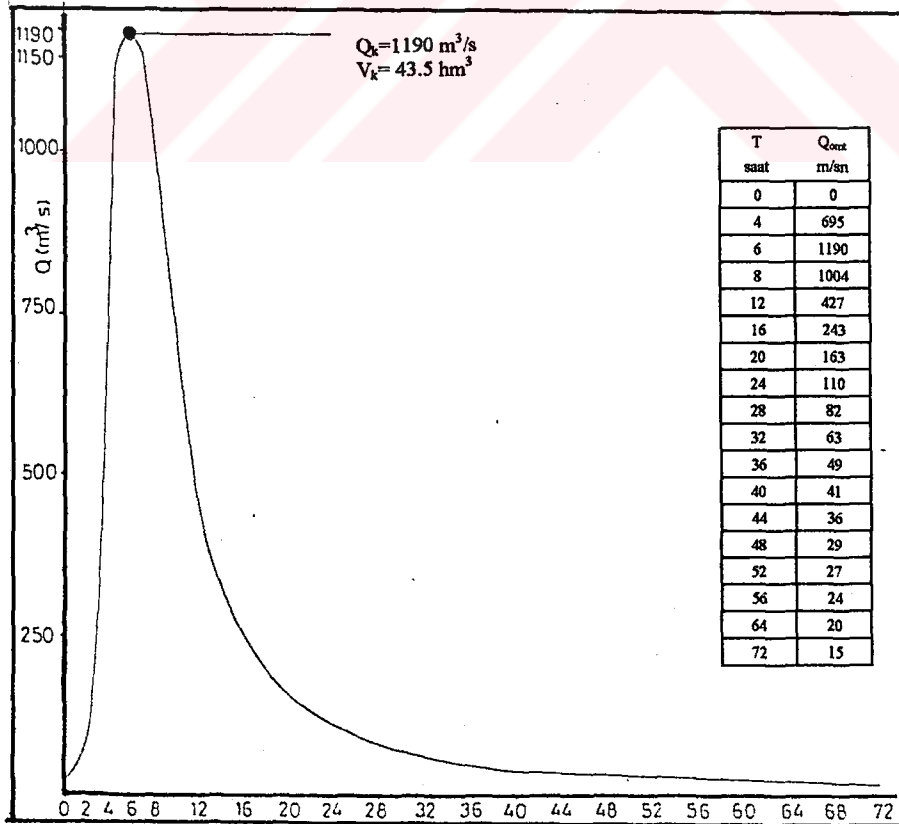
İstatiksel yöntemle taşkın frekans analizinin sonuçları şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Birim hidrograf analizlerine göre Ayvacık Barajı olası muhtemel taşkın debisi OMT = 1190 m³/s olarak hesaplanmıştır. (Şekil 5.2)

Projede Q_k=1190 m³/s olarak seçilen dolusavak taşkın debisi 100 yıl yinelemeli proje taşkını olan Q₁₀₀ = 520 m³/s'lik taşkının yaklaşık 2-3 katıdır. Bu değer (2-6) limit değerler arasında kalmaktadır. Dolu savak taşkın hacmi V_k = 43.5 hm³ olup 100 yıl yinelemeli taşkın hacminin (V₁₀₀ = 19.3 hm³)yaklaşık 2-3 katı olup, (2-6) limit değerler arasında kalmaktadır.



Şekil 5.1 Ayvacık Barajı taşkın hidrografları



Şekil 5.2 Ayvacık Barajı dolusavak taşkın hidrografi



5.3 Sediment Durumu

Tuzla çayında sediment gözlemleri yapılmamaktadır. Bu durumda havzanın bitki örtüsü ve zemin yapısına göre havza sediment modülü olarak

$$S_m = 300 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{yıl} \text{ seçilmiştir.}$$

Baraj ömrü 50 yıl alınmak suretiyle baraja gelecek sediment hacmi

$$V_s = 300 \times 50 \times 143 = 2.145 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ olarak hesaplanmıştır [14].}$$

Baraj ömrünün bir ölçüsü olan bu ölü hacmin tayini, baraj göllerinin rüsup ile dolması ve kullanılamaz duruma gelmesi problemi nedeniyle oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Baraj gölünün oluşmasından hemen sonra aşağıda sıralanan olaylar gerçekleşir.

- ◆ Baraj gölü rüsubu belirli oranda tutar.
- ◆ Göl içinde oturan rüsubun özgül ağırlığı zaman içinde değişir.
- ◆ Göl içinde oturan rüsup tane çapına göre bir ayırma uğrar.
- ◆ Oturan rüsup barajın ömrünü kısaltacağı için bunun bir kısmını mansaba geçirme gereği vardır. Böylelikle mansap kanalının taban oyulması da sınırlanmış olur [11].

Gölün senelik hacim kaybı aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir.

$$V C_L = T_E Q_s$$

C_L = Göl hacmindeki kayıp (senede % cinsinden)

V = Başlangıçtaki göl hacmi (m^3)

T_E = Gölün rüsup tutma kapasitesi (% cinsinden)

Q_s = Drenaj alanından gelen senelik rüsup verdisi (senede m^3 cinsinden)

T_E 'nin saptanması için Brown (1944), Brune (1953) ve Churchill (1948) tarafından önerilen rezervuar hacmine bağlı eğriler kullanılmaktadır [11].



6. JEOTEKNİK KOŞULLAR ve PROJELENDİRME

6.1 Temel Dizayını

Baraj göl alanında ana kayayı aglomera ve andezitler oluşturmaktadır.

Aks yerindeki yeraltı suyu ölçümlerine göre sol yamaçta akım yönü dereye doğru eğimlidir. Fakat sağ yamaçta SK-4 ile SK-5 nolu kuyulardaki seviye farkı çok azdır. Bu açıdan, çevrede kaynak araştırması yapılmıştır. Sağ sahildeki yamacın dış yüzü, özellikle de ova ile birleştiği kotlar ve aks yerinin mansabı araştırılmış önemli sayılabilecek bir su kaynağına rastlanmamıştır. Bu duruma göre göl alanında geçirimsizlik açısından herhangi bir problem görülmemektedir.

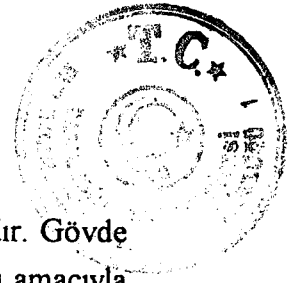
Göl alanı duraylılık açısından incelendiğinde çoğunlukla andezit ve aglomeralardan oluşmuş bölgede yer yer neojen tortullarına rastlanmaktadır. Taban kısımlar ise tamamen bitkisel toprakla örtülüdür. Ancak heyelan bölgesine rastlanmamıştır. Sağ ve sol yamaçlarda eğim çok düşük olduğundan heyelan açısından bir sorun yoktur. Aglomeralarda çimentonun su ile ayrışması sonucu kaya düşmesi veya küçük çaplı akmlar olabilir. Bunlar baraj gövdesi için tehlike yaratacak boyutta değildir.

Baraj aks yerinde yapılan temel sondajlarının tümünde tamamen aglomera geçilmiştir. Aglomeraların üzerinde yamaçlarda 2-3 metre kadar kalınlıklarda az tutturulmuş yamaç malozu ve dere yatağında da 1 metre kadar kalınlıkta alüvyon yer almaktadır.

Aglomera gri mor ve yeşil renklerde olup irili ufaklı andezit blok ve çakılların tuf çimento ile iyi tutturulmasından oluşmaktadır. Bazen açık bazen de kil dolgulu olmak üzere yer yer eklem sistemleri 0,3-1 m arasındadır. Aynı zamanda, bağlayıcının aşınması blok ve çakılların serbest kalması şeklindeki yüzeysel alterasyon görülmektedir.

Sağ ve sol yamaçta heyelana neden olabilecek şartlar yoktur, ancak su ve doğal şartlar etkisiyle blok ve çakıl dökülmeleri görülebilir. Yamaç şev eğimine göre birimlerin konumuna bakıldığında, sol yamaçta aglomeralardaki akma yapılarının eğimleri 8°-15° dir. Eğim derecelerinin düşük ve çoğunlukla yamaç içine doğru olması şev duraylılığı açısından olumludur.

Jeolojik koşullara göre temelde taşıma gücü bakımından bir problem yoktur. Duraylılık açınsansa kitlesel bir heyelan beklenmemektedir. Ancak, dere yatağındaki



tüm alüvyon kaldırılmalı ve sıyırma kazıları uzun süre açıkta bırakılmamalıdır. Gövde altı sıyırması, yamaç molozu, alüvyon, serbest blok ve çakılların kaldırılması amacıyla 1 metre derinliktedir. Çekirdek hendeği kazısı ise yamaçlarda 2 m talvegte 3 m derinlikte açılacaktır. Kazı sırasında problem yaratabilecek tektonik bir zon beklenmemektedir.

Aks yerindeki yeraltı suyu seviyesi ölçümlerine göre sağ sahilde seviyenin yamaca doğru belirgin bir yükselme göstermemesi durumu mevcuttur.

Ana kayanın çatlaklarının geçirimsiz hale getirilebilmesi için enjeksiyon gerekmektedir. Perde enjeksiyonu dik olarak, tek sıra halinde ve 25-45 m arasında değişen derinliklerde uygulanacaktır. 434 m uzunluğunda 3 m aralıklarla, 146 adet kuyuda yapılacak perde enjeksiyonu toplam 5400 m dir. Perde enjeksiyonunun iki yanında, çift sıra şaşırtmalı olarak 290 adet kapak enjeksiyonu yapılacaktır. Bunlar, dik ve 5 m derinlikde olmak üzere toplam 1450 m dir. Kontrol enjeksiyonları ise, eğik olarak uygulanacaktır(Pafta B.9) [1].

Baraj tipi seçiminde ; hidrolojik topografik, jeolojik, malzeme temini ve ekonomik uygunluğun yanı sıra temel kayaçlarının mekanik davranış türlerine bağlı olarak da yaklaşımlarda bulunmaktadır [15].

Baraj temellerinin diğer yapı temellerine oranla daha geniş ve ayrıntılı çalışmalar gerektirmesi şu şekilde açıklanabilmektedir [15].

- ◆ Diğer mühendislik yapılarıyla karşılaştırıldıklarında baraj temellerine aktarılan yükler daha büyük ve karmaşık niteliktedir.
- ◆ Temele aktarılan yükler rezervuardaki su yüzeyi değişiminden dolayı periyodiktir. Bu nedenle temel kayacının davranışının gerilme durumundaki değişime uyumlu olması gerekmektedir.
- ◆ Yapının büyüklüğü nedeniyle temelde yer alacak kayaç veya kayaçların homojen olmayan davranışı yapının oturmalar açısından stabilitesini doğrudan etkilemektedir.
- ◆ Baraj temellerinde, rezervuarda tutulan su etkisiyle, hidrolik eğim yükselmekte ve boşluk veya çatlak suyu basıncı artmaktadır.

Dolgu barajların dizayn kriteri kaymaya karşı stabiledir. Bu stabilite dolgu içindeki duraysızlıkların yanısıra temelde ve temel-baraj gövdesi dokanağında da büyük öneme sahiptir.

Ortamdaki süreksizliklerin türü ve yoğunluğu temel kayacının dayanım parametreleri üzerinde büyük etkiye sahiptir. Ortam süreksizlerle parçalanması



oranında dayanımı kaybetmekte ve dolayısıyla temele daha az yük aktaran baraj türlerinin seçilmesi zorunlu olmaktadır. Kayaç anizotropisinden en az etkilenen dolgu barajlar , diğer baraj tiplerine göre 4.5 ila 9 kat daha fazla bir alana yayılmakta ve 16 ile 40 kez daha az taşıma direnci olan kayalar üzerine inşa edilebilmektedir [15].

6.2 Derivasyon Tüneli

Tünel güzergahı Jeoloji kesiti pafta B.5de verilmiştir. [1] Derivasyon tünelinin uzunluğu yaklaşım galeriyle birlikte yaklaşık 446 metre kadardır. Tünel güzergahına en yakın olan SK-1 ve TSK-2 sondajlarının verileri değerlendirmeye alınmıştır. Tünel güzergahındaki aglomera, çok az altere, zayıf kaliteli ve çatlaklı-kırıktır.

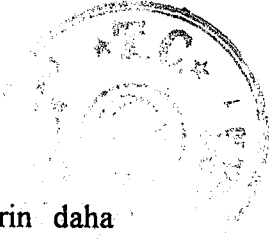
Tünel giriş ve çıkış yerleri, jeolojik açıdan uygundur. Ancak giriş ve çıkış ağı üst kotlarında 1-2 m kalınlıkta yamaç molozu gözlenmektedir. İnşaat aşamasındaki bu yamaç molozlarının tünel ağzına ve su alma yapısına zararlı olabilecek kısmı kaldırılmalı ve tünel giriş ve çıkış ağızlarının sağlamlaştırılması için portal betonu dökülmelidir.

Giriş ağzında tünel yaklaşım galerisi kazısı tabanının başladığı noktadan itibaren 145-225 metreler arasında beyazımsı bej renkli tuf görünümlü çimentosu daha gevşek ve aşınımı daha kolay olan aglomeradan geçme olasılığı vardır.

Birimdeki eklem sistemlerinin doğrultuları KD-GB, eğimleri 50°-85° KB dır. Eklem aralıkları 1 metreden az bazen açık genellikle kil dolguludur. Eklem sistemleri tüneli çoğunlukla verevine kesecektir ve bu sistemlerin geliştiği yerlerde, kaya düşmesi, aşırı sökülme ve su boşalmaları beklenmektedir. Bu kısımlarda kazının fazla açıkta tutulmaması gereklidir. Aglomeranın özellikleri dikkate alınarak tünel yaklaşım şevlerinin 1 yatay 2 düşey oranında uygulanması uygun görülmüştür.

Tünel güzergahı giriş ve çıkış ağızlarında yaklaşım galerilerinin başladığı yerden yaklaşık 90-95 metre içeriye kadar kazı kuruda yapılacaktır. Diğer kısımlarda ise kazılar yeraltı suyu seviyesinin altındadır. Kazı boşluğuna birimden sızma, çatlaklardan ise boşalmalar şeklinde su gelmesi beklenmelidir.

Tünel güzergahından alınan numunelerin belirlenen tek eksenli basınç dayanımı sonuçlarına göre kaya CSIR (İlmi ve Endüstriyel Araştırma Kurumu) sisteminde sınıflandırılmıştır. Ancak bu sistemde ilk desteğin seçiminde gözönüne alınan genişlik 5-12 m'dir. Bu durumda önerilen destek önlemleri 5m genişlikte bir



tünel için gereğinden fazla olabilmektedir. Bu amaçla önerilen önlemlerin daha gerçekçi olması bakımından, NGI (Norveç Jeoteknik Enstitüsü) Kaya sınıflama yöntemi kullanılmıştır.

NGI (Q) Kaya Sınıflama Yöntemi

Bu sistemde kaya kütlesi niteliği (Q) şu formülle hesaplanmaktadır.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \frac{J_r}{J_a} \frac{J_w}{SRF}$$

Formülde RQD/J_n kaya kütlesinin genel yapısını ve relatif blok boyutunu, J_r/J_a bloklar arası kayma dayanımını, J_w / SRF ise aktif gerilmeyi belirlemektedir.

RQD, kaya kalitesinin yüzde olarak belirlenmesidir. Sondaj karotu olmadığı zamanlarda, RQD birim hacimdeki eklemelerin sayısından hesaplanabilir ve her bir eklem takımı için metredeki eklem sayısı ilave edilir. Kil içermeyen kaya kütleleri için bu sayıyı RQD'ye çevirmek amacıyla aşağıdaki basit ilişki kullanılabilir [16].

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

J_v: Her metreküpteki toplam eklem sayısı (RQD = J_v<4,5 için)

J_n, çatlak sistemi değeridir. Eklem takımlarının sayısını ifade eden J_n parametresi genellikle çizgisellik (foliasyon), şistozite, dilinim veya tabakalanma vs'den etkilenebilmektedir. Bu durumda iyi bir gelişme göstermişse bu paralel "eklemler" tam bir eklem takımı olarak sayılmaktadırlar. Bununla birlikte, sadece görünür birkaç eklem veya bu özellikleri nedeniyle karotta yer yer kırıklar mevcutsa, J_n'nin değerlendirilmesinde bunların "gelişigüzel eklem" olarak sayılmaları daha uygundur [16].

J_r, çatlak pürüzlülük değeri, J_a ise çatlak ayrışma derecesidir. Makaslama dayanımını temsil eden J_r ve J_a parametreleri, belirli bir zondaki en zayıf önemli eklem takımına veya kil dolgulu süreksizliğe ilişkin olmalıdır. Kil dolgu içermeyen çatlak yüzü, dalgalı olduğundan pürüzlülük değeri yüksek, killi çizikli, parlak yüzlerle, fay zonlarında ise pürüzlülük değeri düşüktür. Bununla birlikte, minimum (J_r / J_a) değerli eklem takımının veya süreksizliğin stabilitesi için uygun bir konumda ise, daha az uygun konumdaki eklem takımı veya süreksizlik bazen daha az önem taşır ve bu durumda (J_r/J_a) değeri yüksek olanı, Q'nun hesaplanmasında kullanılır. (J_r/J_a)nın değeri gerçekte, yenilmenin başlamasına müsaade eden yüzeyle ilişkilidir [16].

J_w, çatlak suyu azalma faktörüdür. Çatlak aralarındaki su basıncı çatlak kayma direncini düşüreceğinden basınç arttıkça, J_w'nin düşük değerleri alınmaktadır.



SRF, gerilim azaltma faktörüdür. Belirlenmesinde a) yeraltı kazısının incelenen kesiminde fay ve benzeri, kil içeren zayıflık zonları bulunması durumunda kaya kütlelerinin gevşemesine neden olacağından duraylılık daha ziyade kayma direncine bağlıdır. b) Kaya sağlam ve dayanıklı ise yani çatlaklılık minimum, kil hiç yoksa bu durumda kayanın basınç direnci birinci derecede rol oynar. Duraylılık kayanın basınç direncinin gerilmeye oranına bağlı olacaktır [5]. Bu parametreler arazideki ölçüm ve saptamalar sonucu, tabloların da yardımıyla sayısal olarak belirlenmekte ve Q kaya kütleleri niteliği hesaplanmaktadır.

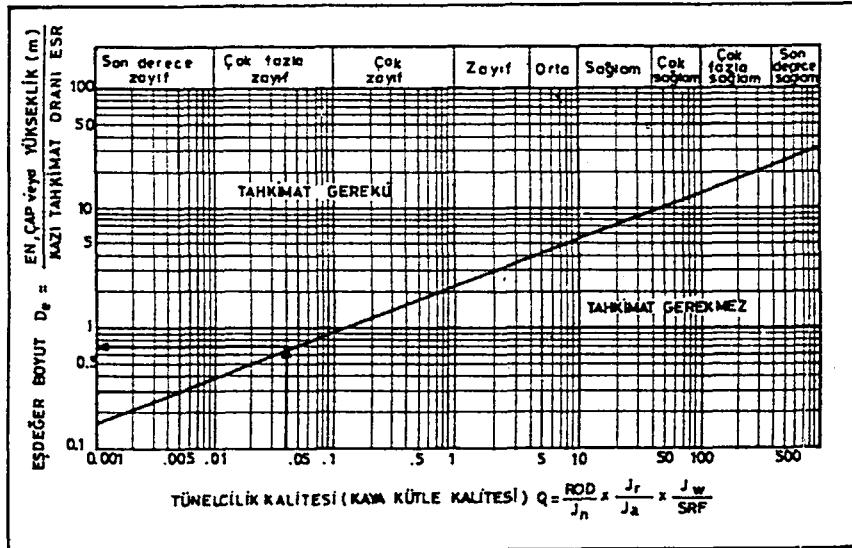
Q kaya sınıflama sisteminde Q indeksine ek olarak "Eşdeğer boyut-De" tanımı da kullanılmakta olup, yeraltı açıklığının boyutlarının tahmini için yararlı bir parametredir [16].

$$D_e = \frac{\text{En, } \varphi \text{ ap veya yükseklik (m)}}{\text{Kazı destek oranı (ESR)}} \quad \text{olarak ifade edilmektedir.}$$

Bu ifadede ESR, bir tür güvenlik katsayısı olup, yeraltı kazısının niteliğine göre çizelge 6.1'den tayin edilmektedir:

Çizelge 6.1 Kazı destek oranları

Kazı Tipi	ESR
A. Geçici maden kazıları	3-5
B. Uzun süreli maden kazıları, hidrolik amaçlı su tünelleri, büyük kazılar için pilot tüneller, geniş yeraltı kazıları için yarmalar ve aynalar	1.6
C. Geniş yeraltı odaları, su tasfiye tesisleri, küçük kara ve demiryolu tünelleri, yaklaşım tünelleri, denge bacaları	1.3
D. Enerji santralleri, büyük (ana) kara ve demiryolu tünelleri sivil savunma sığınakları, tünel ağzları ve yeraltında birbirini kesen açıklıkların kesişme bölgeleri	1.0
E. Yeraltı nükleer enerji santralleri, demiryolu istasyonları, spor ve kamu tesisleri, fabrikalar	0.8



Şekil 6.1 Q sisteminde D_e ve Q parametreleri arasındaki ilişki



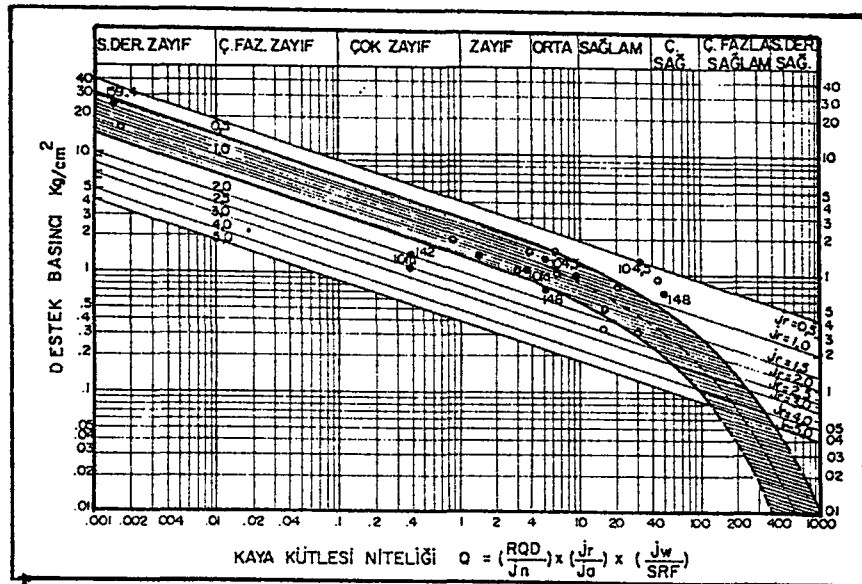
Yeraltı boyutunun hesaplanabilmesi için Q değerine göre yukarıdaki şekil 6.1 den D_e tayin edilmektedir.

Kazı sırasında uygulanacak destekleme sistemi kaya kütlesi niteliği ve eş boyut parametrelerine göre hazırlanmış abaktan sayısal olarak saptanır. Destek önlemleri tablosundan bu sayıya karşılık gelen destek cinsi ve boyutları belirlenmektedir.

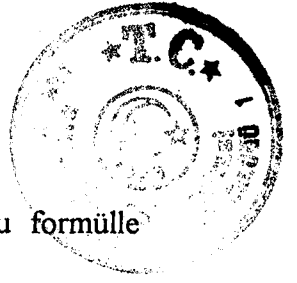
Kalıcı Destek Basıncı Hesabı [5]; Terzaghi (1946) tarafından ortaya konan destek basıncı kriterleri kazının boyutundan çok, kaya kütlesi niteliğine dayanmaktadır. Barton, Lien ve Lunde ise Terzaghi'nin 9 kaya kütlesi tanımlaması için 6 sınıflama parametresi değerlerini vermişler (Çizelge 6.2) ve destek basıncı ile kaya kütlesi niteliği (Q) arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmışlardır (Şekil 6.2).

Çizelge 6.2 Terzaghi'nin 9 kaya kütlesi için belirlenen Q parametreleri (Barton, Lien ve Lunde)

No	RQD	J _n	J _r	J _a	J _w	SRF	Q
1	100	≤2	4	1	1	1	≥200
2	≥30	3	1	1	1	1	20-10
3	100	6	≥1,5	1	1	1	50-25
4	80	9	1	≤3	0,66	1	6-2
5	50	12	1	≥3	0,66	1	1-0,4
6	20	15	1	2	≤0,66	5	0,08-0,04
7	20	20	1	≥6	0,66	5-10	0,03-0,01
8	0	20	1	≥6	0,33	10-20	0,004-0,001
9	0	20	1	12	≤0,66	10	0,003-0,001



Şekil 6.2 Destek basıncı ile kaya kütlesi niteliği arasındaki ilişki.



Tüneldeki kalıcı tavan desteği basıncı ile Q arasındaki ilişki şu formülle tanımlanmaktadır.

$$\text{Çatlak takımı sayısı 3 den az ise } P_{\text{tavan}} = \frac{2J_n^{1/2} (Q)^{-1/3}}{3J_r}$$

$$\text{Çatlak takım sayısı 3 den fazla ise } P_{\text{tavan}} = \frac{2}{J_r} (Q)^{1/3}$$

P = Kalıcı tavan desteği basıncı (kN/m²)

Kazı duvarlarının tavana göre daha uygun konumda olması nedeniyle herhangi bir kazı için kaya kütlesi niteliğinin bir fonksiyonu olarak kuramsal bir “duvar niteliği” artışı düşünülür. Bu ise genellikle $P_{\text{duvar}} = \frac{1}{3} P_{\text{tavan}}$ şeklindedir.

Kazıda kullanılacak bulon uzunlukları kazı boyutuna bağlıdır. Tavanda kullanılan bulonların uzunluğu kazı enine, duvarlarda kullanılanları ise kazı yüksekliğine bağlıdır.

$$\text{Tavan için : } L = 2 + 0.15 \frac{B}{\text{ESR}}$$

$$\text{Duvarlar için: } L = 2 + 0.15 \frac{H}{\text{ESR}}$$

Projenin Derivasyon Tüneli güzergahında NGI kaya sınıflamasındaki 6 parametre şu şekilde belirlenmiştir. [1]

$$\text{RQD} = 60$$

$$J_n = 3 \text{ (Bir çatlak sistemi ve gelişigüzel çatlaklar)}$$

$$J_r = 3 \text{ (pürüzlü yada düzensiz dalgalı)}$$

Ja = 2 (Hafifçe ayrılmış çatlak yüzleri, yumuşamayan mineral kaplamaları, kil içermeyen kaya parçaları)

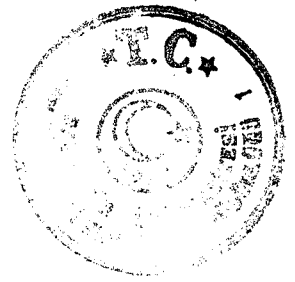
$$J_w = 1 \text{ (Kuru kazılar yada <5lt/dak su gelen kazılar)}$$

SRF = 7,5 (Kil kapsamayan dayanımlı kayada birden fazla makaslama zonu, gevşek çevre kayacı)

$$Q = \frac{\text{RQD}}{J_n} \frac{J_r}{J_a} \frac{J_w}{\text{SRF}} = \frac{60}{3} \frac{3}{2} \frac{1}{7.5} = 4$$

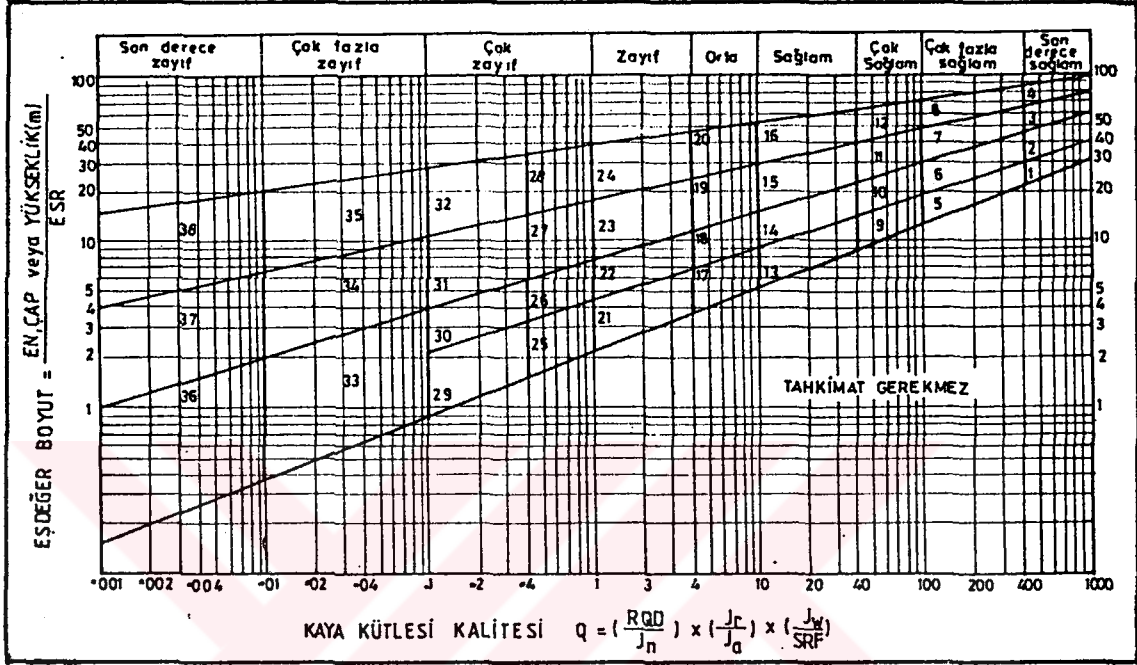
Q = 4 kaya kütlesi sınıflamasında zayıf-orta kayaya girmektedir.

$$\text{ESR} = 1,6 \text{ (su tünelleri)}$$



$$D_e = \frac{\text{Tünelç apı}}{\text{ESR}} = \frac{5}{1.6} = 3.125$$

Eşdeğer boyut-kaya kütlesi niteliği destek sistemi belirleme grafiğinde (şekil 6.3) birim, destekleme gerekmeyen kategoride yer almaktadır.



Şekil 6.3 Destek sistemi belirleme grafiği

Bu durumda $Q = 4-1$ için şartlı faktörler incelenmiştir.

$$\frac{RQD}{J_n} = \frac{60}{3} = 20 \quad \frac{J_r}{J_a} = \frac{3}{2} = 1.5 \quad \frac{\text{Kazıni}}{\text{ESR}} = \frac{5}{1.6} = 3.125$$

Bu oranlara göre çizelge 6.3de görüldüğü gibi, birimde destekleme gerekmez. sadece zayıf yerlerde olmak üzere 1-1,5 m aralıklı germesiz enjeksiyonlu sistematik bulonlama yapılmalı ve şatkrıt kaplanmalıdır.

Kalıcı Destek Basıncı;

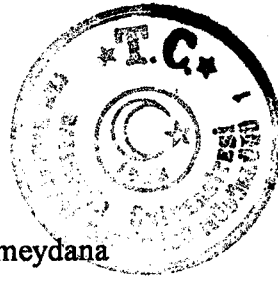
$$P_{\text{tavan}} = \frac{2J_n^{1/2} Q^{-1/3}}{3J_r} = \frac{2(3)^{1/2} (4)^{-1/3}}{3.1} = 0.72 \text{ kg/cm}^2 = 72 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{\text{duvar}} = 1/3 P_{\text{tavan}} = 24 \text{ kN/m}^2$$

Bulon uzunlukları;

$$L = 2 + 0.15 \frac{B}{\text{ESR}} = 2 + 0.15 \frac{4}{1.6} = 2.375 \text{ m. olarak tavan ve duvar içinde}$$

aynıdır.



Kazı sırasında karşılaşılan zayıf zonlarda kaya düşmesi ve göçüklerin meydana gelmemesi için destek sistemlerinin geciktirilmeden uygulanması gerekmektedir.

Çizelge 6.3 Destek sistemleri

Dest. Kate.	Q	Şartlı Faktörler			Destek Tipi
		RQD / J _n	J _r / J _n	Kazı eni / ESR(m)	
17	10-4	>30	--	3.5-9	sb (utg)
		≥10, <30	--		B (utg) 1-1.5 m
		<10	--		B (utg) 1-1.5 m + S 2-3 cm
		<10	--		S 2-3 cm
18	10-4	>5	--	7.15	B (tg) 1-1.5 m + clm
		>5	--		B (utg) 1-1.5 m + clm
		≤5	--		B (tg) 1-1.5 m + S 2-3 cm
		≤5	--		B(utg) 1-1.5 m + S 2-3 cm
19	10-4	--	--	12-29	B (tg) 1-2 m + S (mr) 10-15 cm
		--	--		<20
20	10-4	--	--	24-52	B (tg) 1-2 m + S (mr) 20-25 cm
		--	--		<35
21	4-1	≥12.5	≤0.75	2.1-6.5	B (utg) 1 m + S 2-3 cm
		<12.5	≤0.75		S 2.5-5 cm
		--	>0.75		B (utg) 1 m
22	4-1	>10, <30	>1.0	4.5-11.5	B (utg) 1 m + clm
		≤10	>1.0		S 2.5-7.5 cm
		<30	≤1.0		B (utg) 1 m + S (mr) 2.5-5 cm
		≥30	--		B (utg) 1 m
23	4-1	--	--	8-24	B (tg) 1-1.5 m + S (mr) 10-15 cm
		--	--		<15
24	4-1	--	--	18-46	B (tg) 1-1.5 m + S (mr) 15-30 cm
		--	--		<30

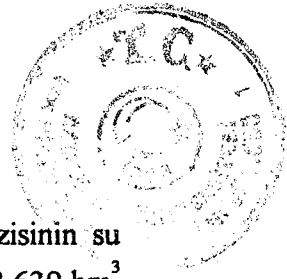
sb	lokal bulonlama
B	sistemik bulonlama
(utg)	gerdirmesiz, şerbetli
(tg)	gerdirmeli (sağlam kaya kütleleri için genişleyen kabuk tipli, çok zayıf kaya kütleleri için şerbetli ön-gerdirmeli)
S	püskürtme betonu
(mr)	zincir kafes takviyeli
clm	kafes takviyeli

6.3 Gövde Dizaynı

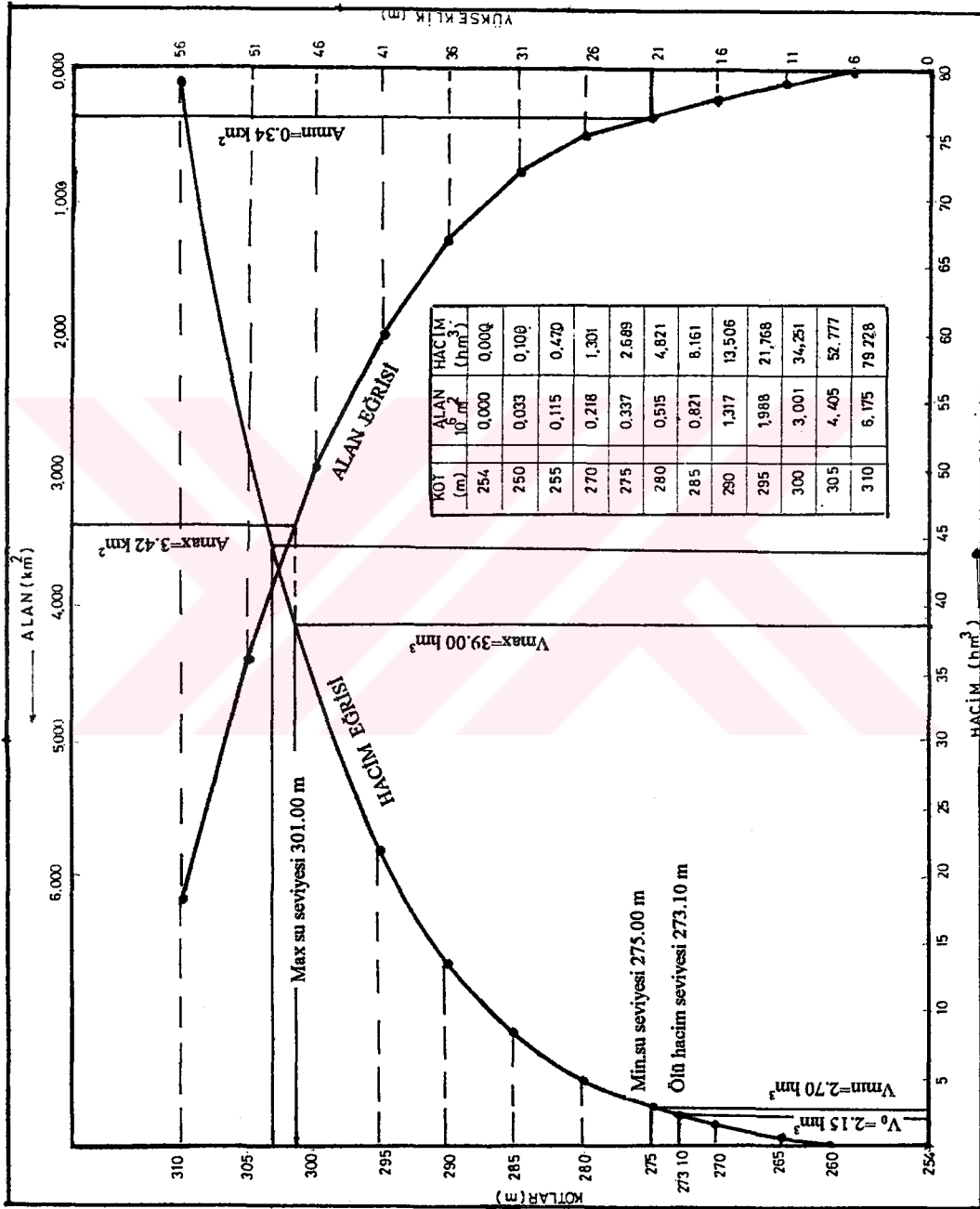
Proje sahasında yapılan doğal yapı malzemesi çalışmalarına göre yeterli miktarda ve gerekli kalitelerde geçirimli ve geçirimsiz malzemenin mevcut olduğu saptanmış ve ekonomik analizler sonucunda Ayvacık Barajı zonlu tipte toprak dolgu olarak projelendirilmiştir.

Baraj Yüksekliğinin Tayini

Bu amaçla ilk olarak baraj aksına göre hacim-yüzey diyagramı çizilmiştir. (Şekil 6.4) Hidrolojik verilere göre projenin yıllık ortalama akım değeri 46.06 hm³ dür. Yıllık sulama talebi ise 7063.30 m³/ha dır. Baraj işletme çalışmaları kısıtlı sulama kriterlerine göre yapılmıştır [17]. Bunda amaç rezervuarda 300 m kotundan sonra verimli tarım arazilerinin su altında kalmamasıdır ve buna göre Ayvacık, Paşaköy ve Tuzla ovasında



3364 ha, rezervuarda ise 385 ha olmak üzere toplam 3749 ha tarım arazisinin su ihtiyacının karşılanması planlanmıştır. Bu durumda sulamaya verilen suyun $22,639 \text{ hm}^3$ olacağı, %49.15 regülasyon oranına göre yapılan işletme çalışması esas alınmıştır. Bu regülasyon oranına göre saptanan baraj aktif hacmi 39 hm^3 dür, minimum kapasite 2.7 hm^3 olarak bulunmuştur.



Şekil 6.4 Ayvacak Barajı'na ait Hacim-Yüzey diyagramı

Hacim yüzey diyagramında 39 hm^3 'lük aktif hacme karşılık olarak rezervuar max su seviyesi 301,50 m olarak tespit edilmiştir, min su kotu ise 275.00 m'dir. Hidrolojik verilere göre 2.145 hm^3 'lük sediment hacmine karşılık ölü hacim kotu 273.10 m'dir.



Hava payının hesaplanması için stefenson formülü kullanılmıştır. Feç uzunluğu $F=1,5$ km olduğundan

$$\text{Dalga yüksekliği, } Z_d = 0.75 + 0.34\sqrt{F} - 0.26\sqrt[4]{F} = 0.879\text{m.}$$

$$\text{Dalga hızı, } V_d = 1.5 + 2Z_d = 3.258\text{m.}$$

$$\text{Hava payı} = 0.75Z_d + \frac{V_d^2}{2g} = 1.2\text{m. hesaplanmıştır.}$$

Buna göre taşkın yüksekliği ve hava payı 1,5 m olarak belirlenmiştir. Baraj kret kotu 303.00 m'dir.

Gövde en kesiti

Barajın kret genişliği 10 m seçilmiştir. Memba batardosu baraj gövdesinin içindedir ve 25 yıllık hidrografa göre projelendirilmiştir. Derivasyon tüneli - batardo maliyetlerinin ekonomik analizi sonucu batardo kret kotu 275.00 m bulunmuştur. Kret genişliği 8m, şev eğimleri membada 1/3.5, mansapta 1/2.5 olarak kil çekirdekli toprak dolgu tipinde düzenlenmiştir.

Geçirimsiz çekirdeğin boyutlandırılmasında, zonlu gövdeler için min taban genişliğine uyulmuş, aynı zamanda talvegde, batardo ile kil çekirdek arasında olması gerekli min 10 m uzaklık korunmuştur. Bu durumda geçirimsiz çekirdek şevleri memba ve mansap için 2.5/1 olarak bulunmuştur.

Baraj gövdesinin şevleri ise taslak olarak memba 1/3, mansap 1/2.5 şeklinde düzenlenmiştir [17].

Şev stabilite analizleri;

Ayvacık Barajı gövde tip enkesiti şekil 6.5'de görülmektedir. Dolguda kullanılacak malzemelerin karakteristikleri;

Geçirimsiz çekirdek malzemesi için:

$$\delta = 2.66 \text{ ton/m}^3 \text{ (özgül ağırlık)}$$

$$\gamma_k = 1.64 \text{ ton/m}^3 \text{ (kuru birim ağırlık)}$$

$$W_{opt} = \%19.33 \text{ (optimum su muhtevası)}$$

$$\gamma_y = \gamma_k (1 + W) = 1.95 \text{ ton/m}^3 \text{ (ıslak birim ağırlık)}$$

$$\gamma_d = \gamma_k \frac{\delta - 1}{\delta} + 1 = 2.02 \text{ ton/m}^3 \text{ (doygun birim ağırlık)}$$

$$\gamma_b = \gamma_k \frac{\delta - 1}{\delta} = 1.02 \text{ ton/m}^3 \text{ (suya batmış birim ağırlık)}$$

$$\phi = 20^\circ \text{ veya } 22^\circ \text{ (içsel sürtünme açısı)}$$

$$c_k = 6 \text{ ton/m}^2 \text{ (kuru durumdaki kohezyon katsayısı)}$$

$$c_d = 1,5 \text{ ton/m}^2 \text{ (doygun durumdaki kohezyon katsayısı)}$$

Geçirimli malzeme için:

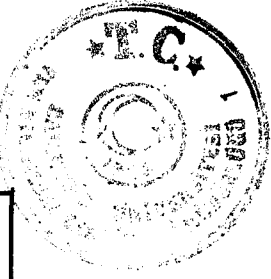
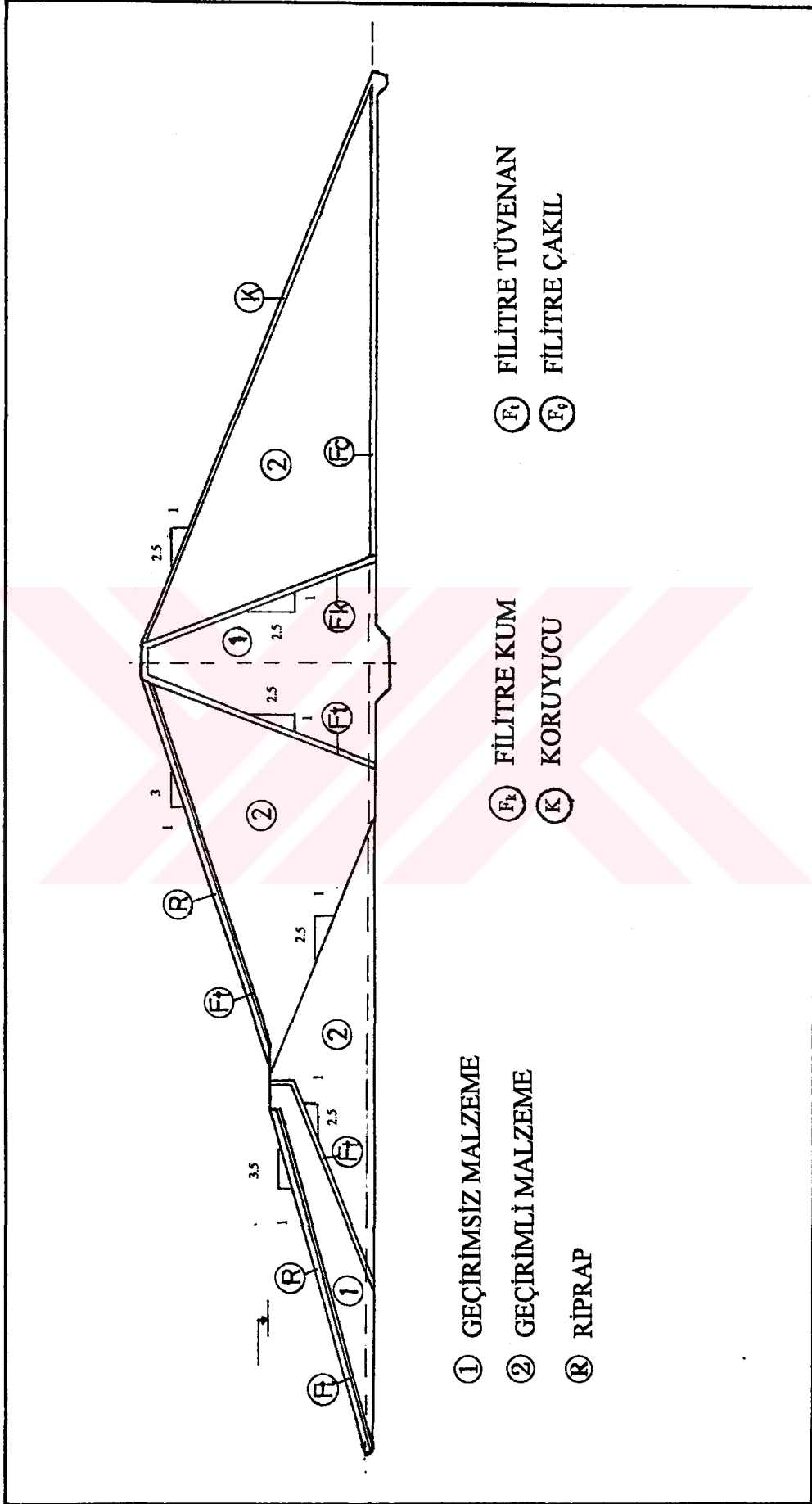
$$\gamma_k = 1.75 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_y = 1.83 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_d = 2.08 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_b = 1.08 \text{ ton/m}^3$$

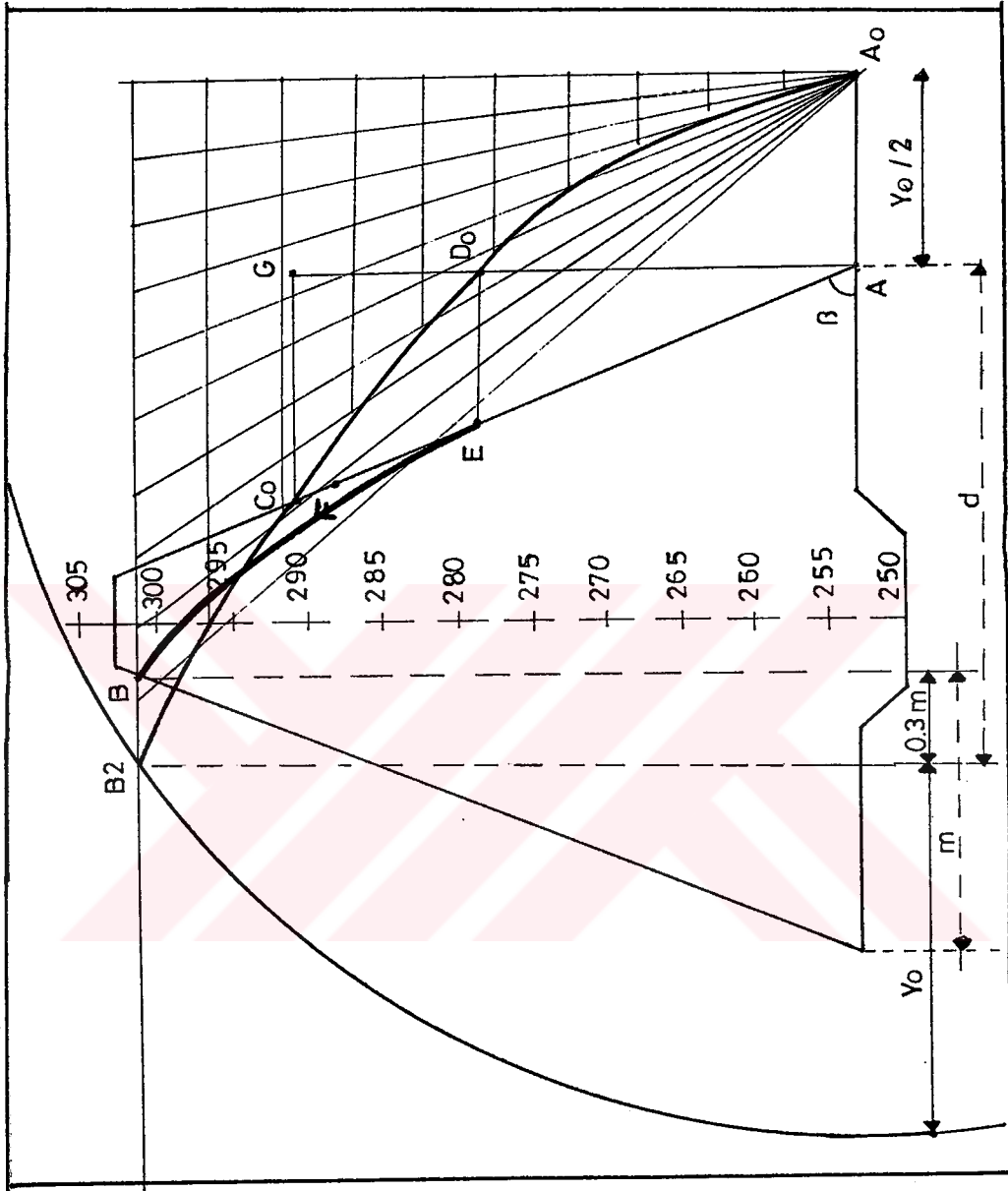
$$\phi = 30^\circ \text{ veya } 32^\circ$$



Şekil 6.5 Ayvacak Barajı gövde tip enkesiti

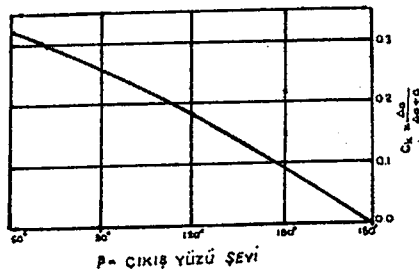


Freatik hattın çizimi :

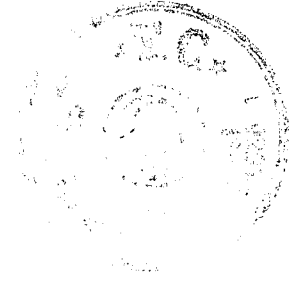


Şekil 6.6 Ayvacak Barajı gövdesi için freatik hattın çizimi

Çıkış şevi $60^\circ < \beta \leq 180^\circ$, c çıkış noktasının saptanması.



$$\beta=68^\circ \rightarrow c_k = 0.316$$



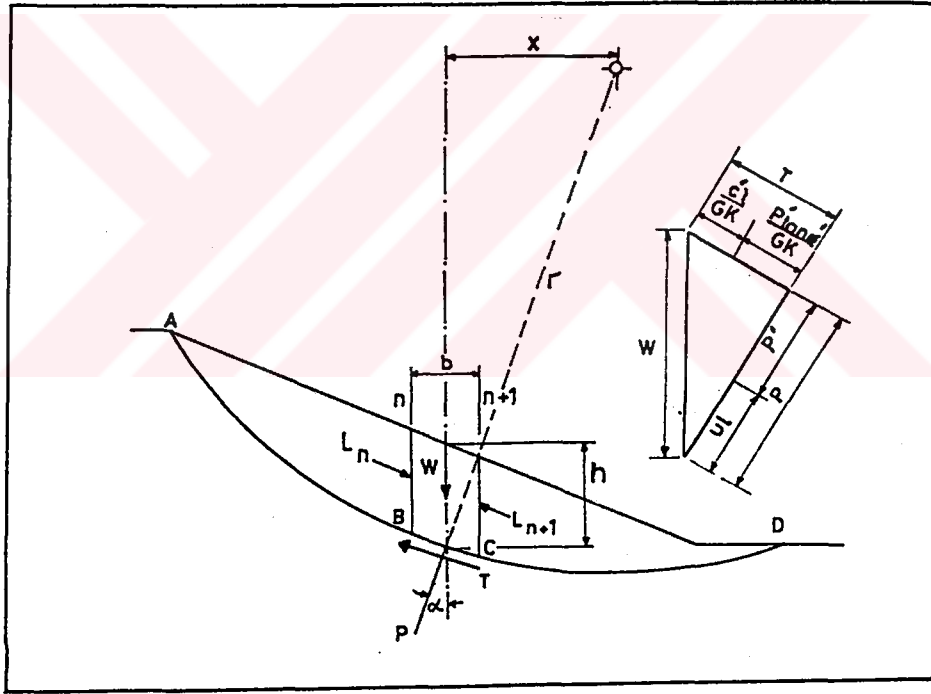
$$c_k = \frac{\Delta a}{\Delta a + a}$$

$$h_1 = \frac{y_0}{\tan \beta} + \sqrt{\frac{y_0^2}{\tan^2 \beta} + y_0^2} = \frac{25.5}{\tan 68} \sqrt{\frac{25.5^2}{\tan^2 68} + 25.5^2} = 37.80 \text{m.}$$

$$\sin \beta = \frac{h_1}{a + \Delta a} \rightarrow a + \Delta a = \frac{37.80}{\sin 68} \rightarrow a + \Delta a = 40.769 \text{m.} \rightarrow$$

$$0.316 = \frac{\Delta a}{40.769} \rightarrow \Delta a = 12.883 \text{m.} \rightarrow a = 27.886 \text{m.}$$

Şev stabilite analizleri Basitleştirilmiş Bishop Yöntemine göre bilgisayar ile yapılmıştır. Bishop yönteminde kayan kütle dilimlere ayrılarak, önce her dilimin tek tek, daha sonra tüm kütlelerin stabilitesi hesaplanmaktadır (Şekil 6.7).



Şekil 6.7 Bishop yöntemi ve her dilime etkiyen kuvvetlerin konumu

Bu yöntem statik açıdan hiperstatik bir yöntem olup çözüme ulaşılması için kabuller yapılmasını gerektirir. Bu açıdan bir dilime kenarları üzerinde etkiyen dilimler arası L_n ve L_{n+1} kuvvetlerinin sabit olduğu kabul edilerek "Basitleştirilmiş Bishop" yöntemi kullanılmaktadır. Bu kabulün yapılması ile güvenlik sayısının hesabında genelde %2-%7 dolayında bir hata yapılmaktadır [18]. Ancak hesaplanan güvenlik



sayısının gerçeğe en yakın değerden daha düşük olması nedeniyle güvenli tarafta kalınmaktadır [16]. Her dilim için etkiyen kuvvetler ve geometrik ilişkiler şöyledir;

- W = dilimin ağırlığı
P = dilimin tabanında etkiyen toplam normal kuvvet
T = dilimin tabanında etkiyen makaslama kuvveti
h = dilimin yüksekliği
b = dilimin genişliği
l = dilimin tabanının -BC yayının- uzunluğu (doğru parçası olarak kabul edilir).
 μ = P kuvveti ile düşey arasındaki açı (dilim tabanı eğim açısı)
X = dilimin merkezinden O dönme merkezine olan yatay mesafe
r = kayma dairesinin yarıçapı
u = gözenek suyu basıncı

Efektif gerilim ilkesine göre makaslama dayanımı aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$\tau = \frac{c' + (\sigma_n - u) \tan \phi'}{S_F}$$

Dilimin tabanında etkiyen normal gerilim $\sigma_n = \frac{P}{L}$ olduğundan

$$\tau = \frac{1}{S_F} \left(c' + \left[\frac{P}{L} - u \right] \tan \phi' \right) \text{ dir.}$$

Dilimin tabanında etkiyen makaslama kuvveti $T = \tau L$

Limit dengenin sağlanabilmesi için;

Kaymayı teşvik edici moment = Kaymaya karşı koyucu moment

$$\sum WX = \sum Tr = \sum \tau Lr = \frac{r}{S_F} \sum [c' L + (P - uL) \tan \phi']$$

$$SF = \frac{r}{\sum Wx} \sum [c' L + (P - uL) \tan \phi']$$

L_n ve L_{n+1} kuvvetleri ihmal edilip, dilim üzerinde etkiyen düşey kuvvet olarak sadece W alındığında

$$P = W \cos \alpha \quad \text{ayrıca,}$$

$$X = r \sin \alpha$$

$$SF = \frac{1}{\sum W \sin \alpha} \sum [c' L + (W \cos \alpha - uL) \tan \phi']$$

$$\text{Gözenek suyu basıncı oranı, } r_u = \frac{u}{Wb} \quad \text{olup } u = r_u \gamma h = r_u \frac{W}{b}$$

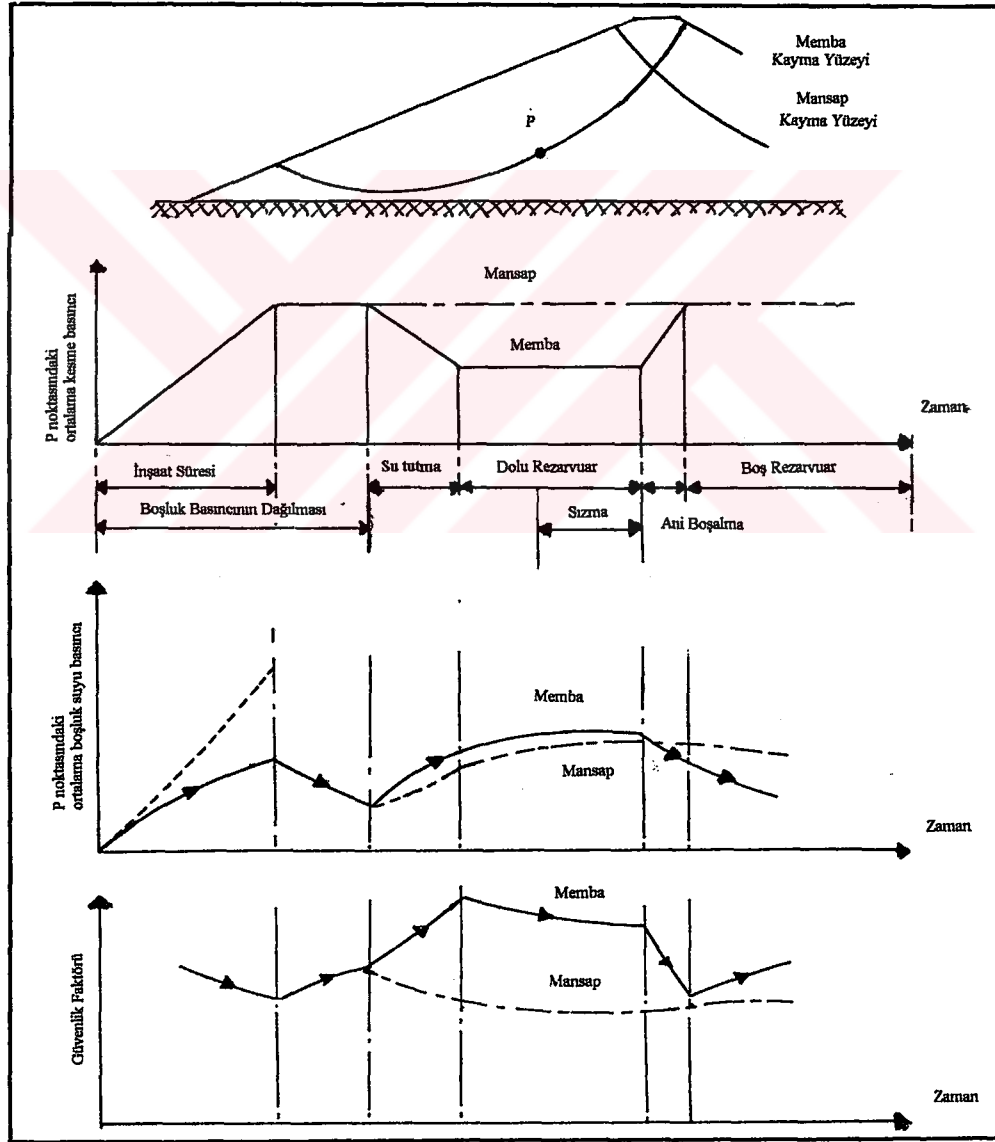


$$b = L \cos \alpha \rightarrow u = \frac{r_u W}{L} \sec \alpha$$

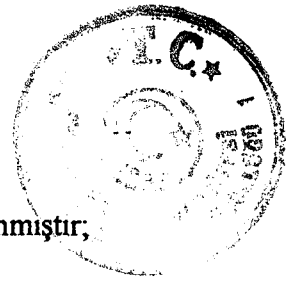
Bu eşitlikler güvenlik katsayısı eşitliğinde yerine konmaktadır [11].

$$SF = \frac{1}{\sum W \sin \alpha} \sum [c' L + W (\cos \alpha - r_u \sec \alpha) \tan \phi']$$

Stabilite hesapları memba şevinde, inşaat sonu ve ani boşalma hali için, mansap şevinde ise inşaat sonu ve dolu hazne durumları için yapılmaktadır. Şekil 6.8 den memba ve mansap şevine ait bu kritik zamanlar tespit edilebilmektedir. Bu şekilde, bir toprak barajın inşaat aşaması ve onu takip eden rezervuarın çalışma süresince, kesme gerilmesi, boşluk suyu basıncı ve güvenlik faktörünün değişimi görülmektedir [19] .



Şekil 6.8 Bir toprak dolgu barajda inşaat aşaması ve sonrasında kesme gerilmesi, boşluk suyu basıncı ve güvenlik faktörünün değişimi



◆ Bilgisayar çözümü için gerekli sınır şartları aşağıdaki şekilde saptanmıştır;

Kayma yüzeyi adedi	= 100
Kayma daireleri giriş aralıkları	= $X_1 = 5$ ft $X_2 = 20$ ft
Kayma daireleri giriş aralıkları	= $X_3 = 540$ ft $X_4 = 565$ ft
Kayma yüzeylerinin geçeceği min seviye	= 10 ft
Kayma dairelerindeki dilim genişliği	= 20 ft
Başlangıç, yüzeyi için sınırlama	= $0^\circ - 15^\circ$
Yatay deprem ivmesi	= 0,20

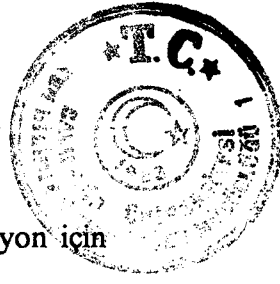
Şekil 6.9-10-11-12 de memba ve mansap şevi stabilite analizlerinde inşaat sonu, ani boşalma ve dolu hazne hallerinde kullanılan sınır koordinatları, piezometrik yüzey koordinatları ve izotropik zemin parametreleri verilmektedir.

Şev stabilite analizi sonuçlarına göre kritik kayma yüzeylerine ait emniyet faktörleri;

	$\phi_1 = 22^\circ$,	$\phi_2 = 32^\circ$	durumunda;	
Memba	-	inşaat sonu	-	depremsiz : $S_F = 2,415$
				depremlı : $S_F = 1.355$
		ani boşalma	-	depremsiz : $S_F = 1.996$
				depremlı : $S_F = 0.959$
Mansap	-	inşaat sonu	-	depremsiz : $S_F = 1.704$
				depremlı : $S_F = 1.065$
		dolu hazne	-	depremsiz : $S_F = 1.679$
				depremlı : $S_F = 0.744$

Bu sonuçlara göre mansap şevi 2,75/1 yatırırlararak tekrar analiz yapılmış, kritik olan depremlı, dolu hazne hali için $S_F = 0,872$ bulunmuştur. Tüm analiz sonuçlarına göre 1/3 ve 1/2,5 şeklindeki memba ve mansap şevleri emniyetli kabul edilmiştir.

Bishop yönteminde olduğu gibi diğer şev stabilite analizlerinde de genellikle "limit denge yöntemleri" kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerle bulunan güvenlik sayıları uzun yıllardır tartışılmaktadır. Güvenlik sayısı, kullanılan stabilite analizi yöntemi ile ilgili olduğu kadar analizde kabul edilen zemin parametrelerinin güvenilirliği ile de ilgilidir. Bazı araştırmacılar güvenlik sayısı kavramına tümüyle karşı çıkmakta ve şevlerin tasarımında limit deformasyonlardan hareket edilmesi gerektiğini belirtmektedirler. Ancak şevlerde limit deformasyonların belirlenmesi ve tahmin edilmesi, limit denge durumunun belirlenmesinden çok daha güçtür. Bazı araştırmacılar



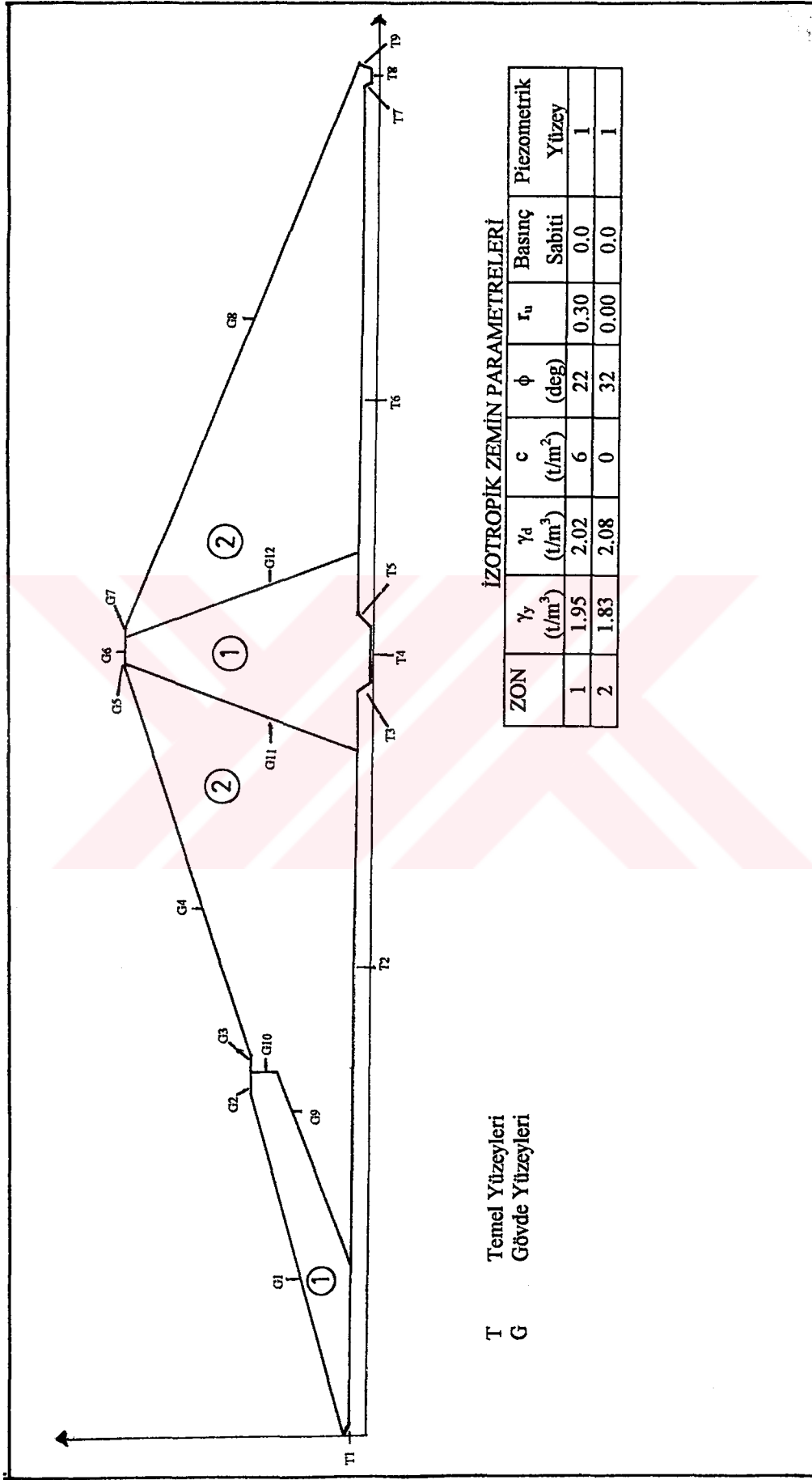
ise tek bir güvenlik sayısı yerine kısmi güvenlik sayılarının (örneğin, kohezyon için 1.5, kayma mukavemetli açığı için 1,2) kullanılmasını savunmuşlardır [18].

Şev stabilitesini etkileyen çok sayıda iç ve dış faktörler bulunmaktadır. Çevresel faktörlerden, en önemlisi deprem olmakla birlikte iklim de etkilidir. Yağışlarla şev kaymaları arasında büyük bir korelasyon olduğu bilinmektedir. Yağışlarla ilgili yapılan bir değerlendirmede 24 saatlik yağışın 60-120 mm'den fazla olması halinde, suya doygun şevlerde kayma meydana geleceği bulunmuştur [18].

Sızma bir baraj gövdesinin stabilitesine birkaç yoldan etki etmektedir. Gövde içinden geçip mansap yüzeyinde meydana çıkan su, mansap topuğunda dolgu malzemesinin akışkan hale gelmesine ve mansap şevinin yavaş yavaş zarar görmesine yol açabilmektedir. Gövdenin altına geçen ve tam gövde altında ortaya çıkan su, dirençsiz, akışkan bir ortam oluşturmaktadır. Bu ortam önce borulanmaya, giderek tünelleşmeye uğramaktadır. Stabilitenin diğer bir yolla bozulmasında memba şevi yüzeyinde görülür. Tamamen dolu bir rezervuarın gövdesi sızma yolu ile sature durumdadır (Freatik hattın altı), böyle bir rezervuar ani boşalmaya uğrarsa memba şevi yüzeyinde akışkanlıklar, hatta derin rotasyonel kaymalar oluşabilmektedir [12]. Dolgu barajlarda gövde, bu olasılıklar gözönüne alınarak herbirinin değişik görevi olan birçok ek ünite ile birlikte dizayn edilmektedir.

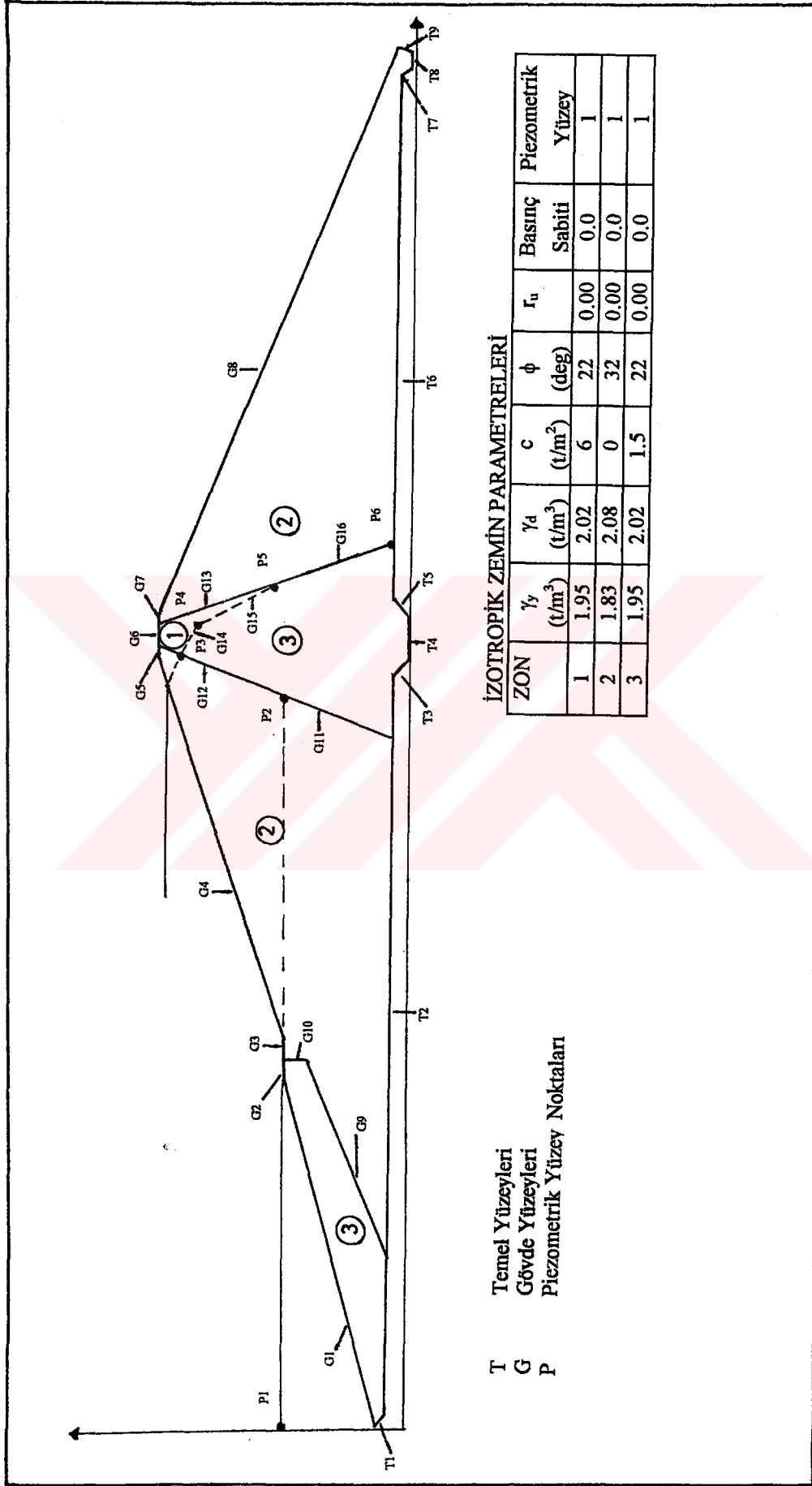
Stabilite açısından yapının en etkili bölümünü dolgu içine ve temel zeminine yerleştirilen iç drenaj sistemleri oluşturmaktadır. Dolgu barajlarda zemin ile kontak halinde bulunan koruyucu filitre ve sızım suyunu toplayan ve tahliyesini sağlayan kondüvilerden oluşan içsel drenaj sistemi ile; dolgu ve temel zemininde oluşacak boşluk suyu basınçları azaltılır, sızım erozyonu, kütle duraylılığı, kaynama ve borulanma önlenir. Dolayısıyla dolgu barajın stabilitesi arttırılmış olmaktadır [20].

Etkili bir iç drenaj (filitre) sistemi, önemli yük kayıpları olmaksızın suyun tahliyesini sağlamalıdır ve aynı zamanda drenaj sistemi içine zemin taneciklerinin girişine müsaade etmemelidir. Bir başka ifade ile dolgu içinde serbest drenaja müsaade edebilmek için drenaj sisteminin yalnızca gevşek bir yapıya sahip olmaması yeterli değildir. Aynı zamanda filitre korunan zemini yerinde tutabilmek için yeterince ince olmalıdır. Bu iki işlevin (serbest drenaj ve erozyon önleme) filitre tarafından yerine getirilmesi toprak dolgu barajın stabilitesi için gereklidir [20].



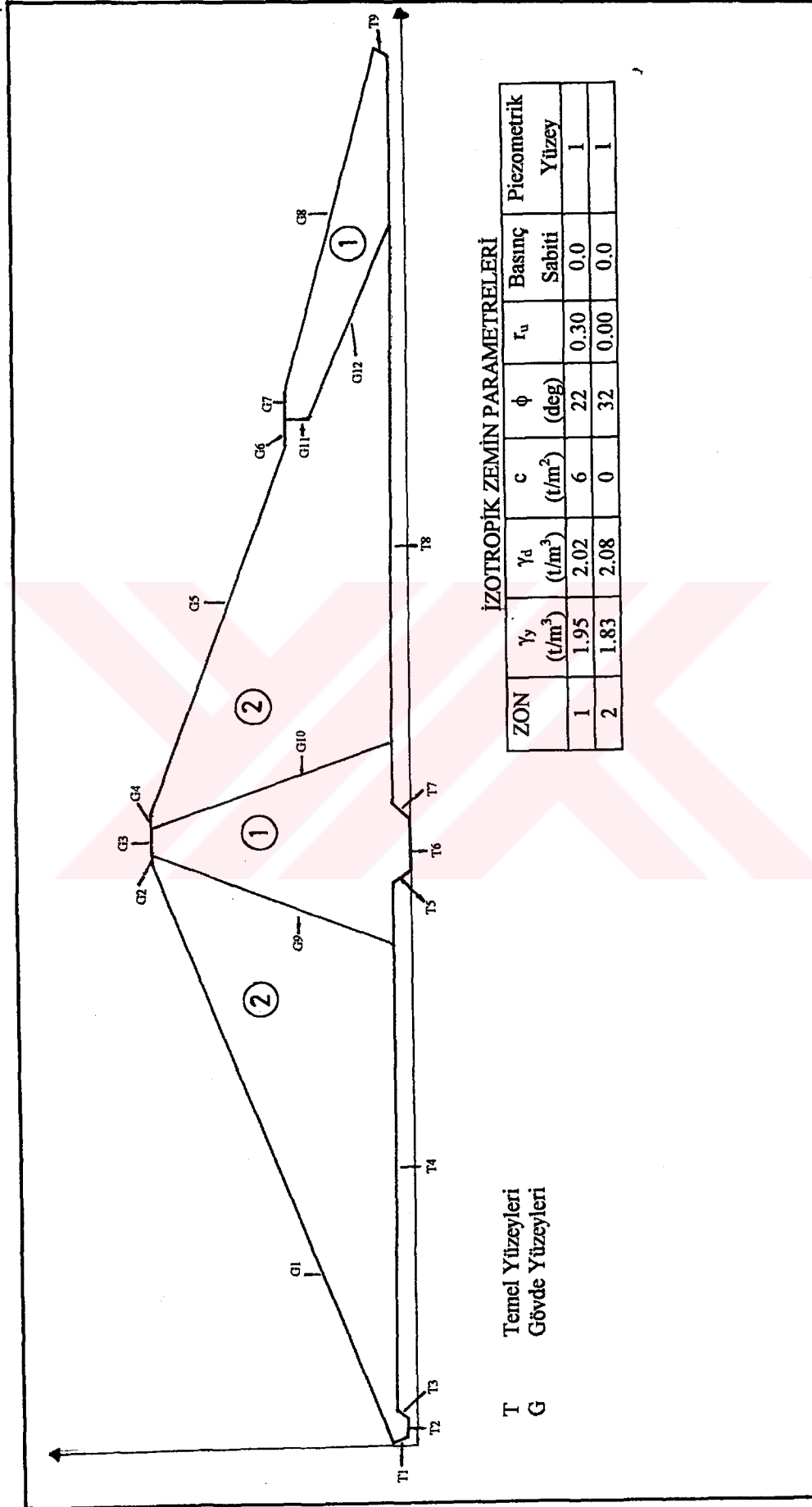
T Temel Yüzeyleri
G Gövde Yüzeyleri

Şekil 6.9 Ayvackı Barajı memba şevi inşaat sonu hali

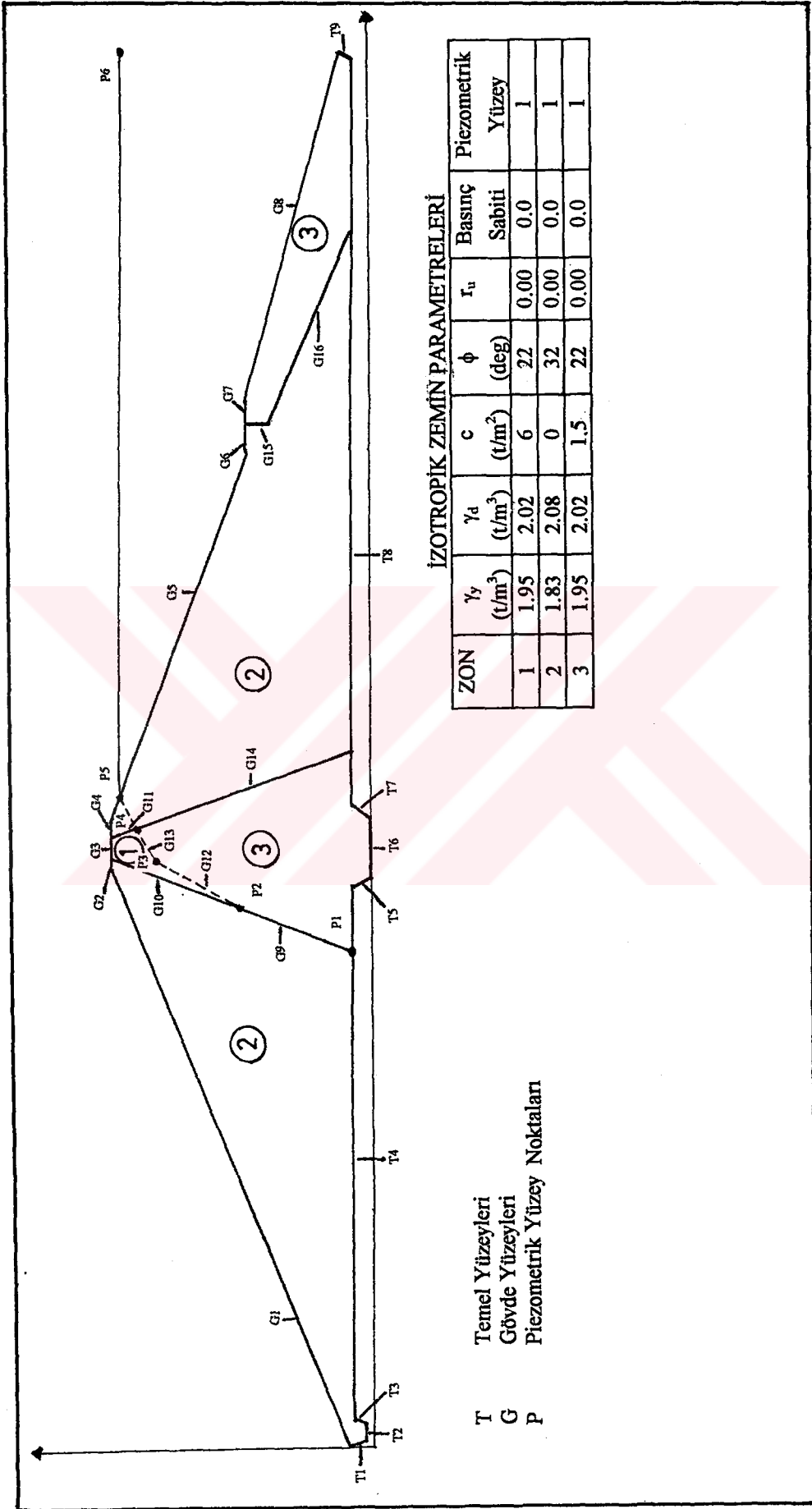


Şekil 6.10 Ayvacak Barajı memba şevi ani boşalma hali





Şekil 6.11 Ayvacık Barajı mansap şevi inşaat sonu hali



Şekil 6.12 Ayvacık Barajı mansap sevi dolu hazne hali



Dolgu barajlarda borulanma ve permeabilite için Terzaghi tarafından önerilen ve uygulamada en yaygın olarak kullanılan filtre kriterleri şöyledir:

$$\frac{D_{15}(\text{filtre})}{D_{15}(\text{ze min})} > 4 \Leftrightarrow 5$$

$$\frac{D_{15}(\text{filtre})}{D_{85}(\text{ze min})} < 4 \Leftrightarrow 5$$

Birinci eşitlik filitrenin kendi iç yapısının bozulmadan ve aşırı yük kayıpları oluşmadan suyun serbest sızımına müsaade etmek için zeminden çok daha geçirimli olması gerektiği gerçeğini dikkate almak için önerilmiştir. İkinci eşitlik ile de borulanmaya müsaade etmeden zeminin yıkanmasını önleyecek ölçüde ince olması gerektiği hususu dikkate alınmıştır [20].

6.4 Baraj Yerleşim Planı

Projelendirmenin bu aşamasında yani temel ve gövde dizaynlarından sonra barajın Pafta B.3 de görülen yerleşim planında, dolusavak ve derivasyon tünelinin güzergahları değiştirilmiş ve gövde aksına kavis verilmiştir.

Kret kotu 303 m olarak değiştirilen gövdenin düz bir aksla birleştirilmesinde eski plan üzerinde de görülebileceği gibi yamaçlarda ve membada burun dediğimiz şekiller ortaya çıkmaktadır. Buraları gövdenin en zayıf olduğu yerler olmaları nedeniyle istenmeyen durumlardır. Bu amaçla gövdeye kavis verilmiş istenilen dolgu yerleşimi sağlanmıştır.

Baraj talveg kotu 254 m olup gövde temelden 53 m talvegden ise 49 m yüksekliğe sahiptir.

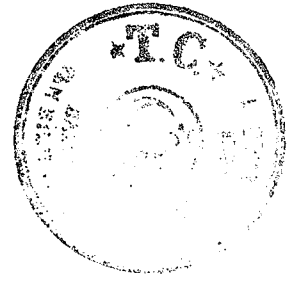
Toplam dolgu hacmi	1.120.000 m ³
Kil dolgu hacmi	405.000 m ³
Geçirimli dolgu hacmi	620.000 m ³
Filtre dolgu hacmi	65.000 m ³
Riprap hacmi ise	30.000 m ³ dür.

Sol sahilde yer alan derivasyon tünelinin boyutlandırılması için 25 yıllık hidrograf kullanılmış, tünel+batardo maliyetlerinin ekonomik analizi sonucu optimum tünel çapı 4 m olarak belirlenmiştir [17].



Dolusavak sol sahilde karşıdan alışlı, radyal kapaklı olarak tasarlanmıştır. İnşa edileceği yerde çok çatlaklı kırıklı, alterasyon olmayan aglomeralar yer almaktadır (Pafta B.6). Dolusavakta 10 m yksekliginde tek bir şev yapılacaktır. şevin yatayda 1, düşeyde 2 oranında yapılması uygundur. Kazı yeraltı suyu seviyesinin üzerinde ve kuruda yapılacaktır. Kapasitesi 1190 m³/s. olup, 30 m genişlik ve 8.15 m su yükü ile çalışacaktır [17].

Dolusavak ve derivasyon tünelinin eski plandaki yerleşimlerinin olumsuz bir yanı, 1190 m³/s lik taşkın pikine sahip dolusavağın bağlandığı yan derenin, bu hacmi karşılayacak kapasitede olmamasıdır. Diğer bir olumsuzlukta bu yan dere üzerinde, derivasyon tünelinden daha yüksek kotlardaki sulamanın sağlanması amacıyla, beton bir su alma yapısının bulunmasıdır. Bu beton yapının dolusavaktan gelecek akımlardan zarar görme durumu söz konusu olabilir. Ayrıca tünel güzergahındaki topoğrafya, dolusavak için çok uygun bir sırt oluşturmaktadır tünel ise giriş ağzında topoğrafya eğrilerine dik değildir.



7. SONUÇLAR

Bir baraj projesinde sağlanması gerekli koşullar, gövde temel ve mesnet temas zonlarının her koşulda ve her inşaat kademesinde güvenli olmaları, buralarda oluşabilecek sızmaların, borulanma, erime, iç erozyon, yüksek kaldırma kuvvetleri yaratabileceğinden kontrol altında tutulması, ve oluşabilecek oturmalarda, baraj gövdesi üzerinden taşmalara neden olmamasıdır. Jeoteknik çalışmalar bu koşulların sağlanması amacıyla yapılmaktadır.

Temel zeminin iyi tanınması baraj etüdlerinin en kritik problemini oluşturmaktadır. Jeolojik incelemeler ve temel sondajlarına göre, aks yerinde aglomeradaki çatlak sistemleri geçirimsizlik açısından problemdir. Duraylılık açısından ise, yamaç molozu, alüvyonlar ve yüzeysel alterasyon dışında, problem yoktur. Birim yapısal olarak da şev duraylılığı açısından olumludur. Andezit ve aglomeralardan oluşan göl alanının geçirimsizliği hidrojeolojik çalışmalarla belirlenmiştir. Topografik olarak duraylılık problemi görülmemektedir.

Baraj yeri ile ilgili deprem risk analizlerine göre, baraj yerini de içine alan çizgisel deprem kaynağında, etkili olabilecek iki fay hattı mevcuttur. Toprak barajların deprem hareketi altındaki davranışı diğer yapılara göre farklı özellikler taşımaktadır. Baraj temelinin kaya olması olumludur. Ancak baraj malzemesinin çekmeye karşı mukavemeti olmadığı için deprem sırasında oluşan çatlaklar zamanla suyun sızması sonucu stabilitenin bozulmasına sebep olurlar. Bu nedenle baraj yeri için yatay deprem katsayısı yüksek alınmıştır.

Doğal yapı malzemesi etüdlere sonucunda 1.465.000 m³ riprap gerecin varlığı tespit edilmiştir. Geçirimsiz geçiş alanlarını, göl alanı içindeki tarımsal topraklar oluşturduğundan, malzeme alımında max su kotunun dışına gerekmedikçe çıkılmaması gerekir. Geçirimli malzeme için göl alanı içindeki teras malzemenin kullanılması düşünülebilir ancak az miktarda ve dağınık halde oluşu olumsuzluktur. Geçirimli ve geçirimsiz malzemeler için sadece tanımlama deneyleri yapılmıştır. Bu deney sonuçlarına göre "Birleşik Zemin Sınıflandırma Sistemi" esas alınarak zemin sınıfları belirlenmiş ve dolgunun stabilize analizinde kullanılacak parametreler tayin edilmiştir. Deney sonuçlarına göre yalnızca geçirimsiz malzemelerin PI leri kabul edilen sınırların üstündedir.

Dolgu malzemesinin arazi ve laboratuvarında deneylerle tanımlanması dışında arazideki doğal yapısına ait açıklayıcı bilgiler çok faydalı olabilmektedir. Örneğin ariyet yerindeki malzemenin tabii su muhtevası ve iri taş blokların miktarı gibi bilgiler



inşaat aşamasında istenmeyen durumları önleyebilir. Dolgu malzemeleri üzerinde iklim şartlarının da büyük önemi vardır. Özellikle de geçirimsiz malzemeler bünyelerinde bulunan suyun iklim şartlarından etkilenmesi oranında ya tamamen kullanılmaz hale gelmekte veya çok pahalı bir takım tedbirler ile kullanılmaları sağlanmaktadır. Bölgenin iklim şartları bu açıdan problem yaratmayacaktır.

Kaya malzemesi gövdenin memba yüzünün korunmasında riprap olarak kullanılmaktadır. Mühendislik yönünden kayaların en önemli özellikleri; ağırlık, porozite, direnç ve sertlik ile su emme, dona karşı dayanıklılık ve sağlamlıktır.

Baraj temelinin jeoteknik özelliklerine göre belirlenen iyileştirme yöntemi enjeksiyondur. Temelin kaya olması gövde dizaynını kolaylaştırmaktadır.

Baraj zonlu tipte projelendirilmiştir. Bu tercihin nedeni proje sahasında yeterli miktarda, değişik malzemenin varlığıdır. Ancak yüksek barajlara giriyor olması da zonlu tipi gerekli kılabilenmektedir. Bölgenin meteorolojisi sorun yaratmadığından zonlu tip olarak inşaat süresi açısından problem olmayacaktır. Jeolojik açıdan temelin kaya olması tip konusunda bir kısıtlama getirmemiştir.

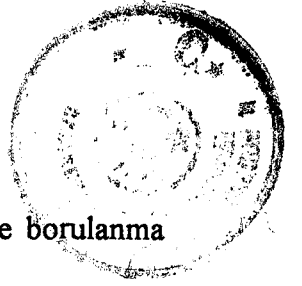
Hidrolojik verilere göre baraj yüksekliği talvegden 49 m olarak bulunmuştur. Baraj kret kotu 303 m'dir.

Kaya temellerde, dolgu konsolidasyonunun büyük kısmı inşaat sırasında gerçekleşmektedir. Bu kretteki oturma payı için sorun yaratmamaktadır. Kret genişliği, gövde ve temel stabilitesi üzerine önemli bir etkisi olmaması nedeniyle, yalnızca yol olarak kullanmak üzere 10 m seçilmiştir.

Baraj gövdelerinde dış şevler ortalama olarak 1/2 ve 1/4 arasında değişmektedir. Buna göre mevcut başarılı baraj şevlerine de dayanarak memba şevi 1/3, mansap şevi 1/2,5 olarak seçilmiştir. Kil çekirdek şevleri ise memba batardosundan sızan suların dolgu çukuruna dolması veya çekirdeğin stabilitesini bozması ihtimaline karşılık min 10 m uzaklıkta tutulmak suretiyle 2,5/1 diklikte projelendirilmiştir.

Kil çekirdek için çizilen freatik hatta göre şev stabilize analizleri Basitleştirilmiş Bishop yöntemine göre yapılmış, seçilen şevler uygun görülmüştür.

Baraj gövdesinin şekillendirilmesinde hidrolik, oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Ayvacık projesinde sızma hesapları yapılmamıştır. Ancak gövde kesitinin dizaynı sızmayı kontrol altına alacak şekilde, düşünülmüştür. Zaten bu zonlu tipteki bir baraj için zor ve önemli değildir. Geçirimsiz çekirdekten sızan sular filitreler yardımıyla gövdeyi terk etmektedir. Filtreler sızmayı kontrol etmekle birlikte malzeme



taşınımını da önlemektedirler. Projenin filtre dizaynı ayrıca, erozyon ve borulanma açısından şüpheli olan dispersif killer için bir tasarım önlemidir.

Dolusavaklar toprak dolgu barajlar için bilhassa önemlidir. Arazi topoğrafyasının uygunluğu ve jeolojik açıdan yandan alışının olumsuz olması nedeniyle karşıdan alışlı ve kontrollü olarak projelendirilmiştir.

Tünellerde genellikle plan ve kesitlerde kurplardan kaçınılmaktadır. Ancak mevcut kurbun yaklaşım kanalında yapılması hem hız kayıplarının az olması hem de inşaat kolaylığı açısından olumludur. NGI kaya sınıflama yöntemine göre, kaya kütlesi niteliği $Q=4$ (zayıf-orta) olarak bulunmuştur. Buna göre birimde destekleme gerekmeyip, sadece zayıf yerlerde olmak üzere 1-1,5 m aralıkla, germesiz enjeksiyonlu sistematik bulonlama yapılıp, şatkrit kaplanacaktır.





KAYNAKÇA

- [1] Çakar , A.B. , “Ayvacık Barajı Mühendislik Jeolojisi Planlama Raporu” , D.S.İ. , Balıkesir , (1994).
- [2] Birand , A. , Özkan , Y. , “Dolgu Barajlarda Deprem Etkisi” , Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniği Problemleri Sempozyumu , D.S.İ. Genel Müdürlüğü , İzmir , (1990).
- [3] Siyahi , B.G. , Ansal , A.M. , “Depremlerde Kayma Mukavemetindeki Azalmanın Şev Stabilesine Etkisi” , Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Beşinci Ulusal Kongresi , I. Cilt , Ankara , (1994).
- [4] Erdik , M. , “Yüzey Jeolojisinin Kuvvetli Deprem Yer Hareketine Etkisinin Ampirik Belirlenmesi Konusundaki Gelişmeler” , Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Beşinci Ulusal Kongresi , I. Cilt , Ankara , (1994).
- [5] Şekercioğlu , E. , Yapıların Projelendirilmesinde Mühendislik Jeolojisi , Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını , Ankara , (1993).
- [6] Arısoy , H. , “Ayvacık Barajı Yapı Malzemesi Planlama Raporu” , D.S.İ. , Balıkesir , (1994).
- [7] Ertan , Y. , Ülkü , S. , Zemin Özellikleri ve Deneyleri , I. cilt , D.S.İ. Yayını , Ankara , (1978).
- [8] Saylan , Ş , Erdinç , H. , Simav Çayı Agregaları ve Bunlarla Üretilen Betonların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Tayini , U.Ü. Arş. Fon. Proje No86-14 , (1989).
- [9] Erdinç , H. , Saylan , Ş. , Simav Çayı (Susurluk Kesmi) Agregalarının Fiziksel Özellikleri , U.Ü. Arş. Fon. Proje No86-14 , (1989).
- [10] TS 699 , Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları , Ankara , (1987).
- [11] Şentürk , F. , Barajların Projelendirilmesinde Hidrolik Esaslar , D.S.İ. Yayını , Ankara , (1988).
- [12] Demirbaş , S. , Şevlerin Dengesi , Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları , Ankara , (1968).
- [13] Erguvanlı , K. , Mühendislik Jeolojisi , İ.T.Ü. , Gümüşsuyu , (1982).
- [14] Can , N. , Tosun , S. , Dalkılıç , B. , “Mühendislik Hidrolojisi Planlama Raporu” , D.S.İ. , Balıkesir , (1994).
- [15] Vardar , M. , Mahmutoğlu , Y. , “Temel Kayaçların Davranış Türlerinin Baraj Mühendisliğindeki Yeri ve Önemi” , Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniği Problemleri Sempozyumu , D.S.İ. Genel Müdürlüğü , İzmir , (1989).



- [16] Ulusoy , R. , Pratik Jeoteknik Bilgiler , Teknımad Yayınları , Ankara , (1989).
- [17] Kılış , D , “Ayvacık Barajı Planlama Raporu” , D.S.İ. , Balıkesir , (1994).
- [18] Sağlamer , A. , “Doğal ve Yapay Şevler” , Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Beşinci Kongresi , III. Cilt , Ankara , (1994).
- [19] Berry , P.L. , Reid , D. , An Introduction to Soil Mechanics , London , (1987).
- [20] Tosun , H. , “Dolgu Barajlar İçin Filtre Kriterleri ve Yeni Bir Filtre Deneyi” , Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniği Problemleri Sempozyumu , D.S.İ. Genel Müdürlüğü , İzmir , (1993).

EK A Ayvacık Barajı İnceleme Alanına Ait Fotoğraflar

Ayvacık Barajı Aks Yeri Mansaptan Bakış



Tünel Çıkış Ağızı (Aglomeralar)



Kızılyar Köyü Doğusu, Ofiyolit - Killi Kireçtaşı - Andezit Dokanağı

Kızılyar Köyü Doğusu, Ofiyolit - Killi Kireçtaşı - Andezit Dokanağı





Yayladepede Andezitler

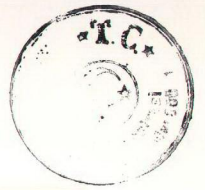
Andezitlerde Gelişmiş Eklem Sistemleri





Aks Yerindeki Aglomeralardan Görünüm

Aglomeralarda Gelişmiş Eklem Sistemleri





Kızılyar Köyü Güneyi, Killi Kireçtaşlarındaki Tabakalanma

Kısacıkaltı Köyü Batısı, Killi Kireçtaşları

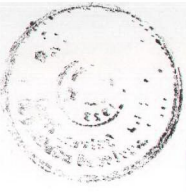




Çaltı Köyü Güneyi, Kiltaşlarındaki Tabakalanma

Çelikli Mevkii, Killi Kireçtaşı - Kumtaşı - Konglomera Ardalanması





Çaltı Köyü Kuzeyi, Bazaltlar

Göl Alanındaki Kil Ocakları





Ayvacık İlçesi Doğusu, Kocadere Yatağındaki Kum-Çakıl Ocağı

Şabadan Köyü Kuzeyi, Medetsiz Tepedeki Kristalize Kireçtaşları (Kaya Ocağı)

