

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÖN YÜZÜ BETON KAPLI SAKARYA AKÇAY BARAJI'NIN
SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE TASARIMI VE
ARAZİDE YAPILAN ÖLÇÜMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halil İbrahim AYDIN

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : GEOTEKNİK
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Aşkın ÖZOCAK

Ağustos 2021

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÖN YÜZÜ BETON KAPLI SAKARYA AKÇAY BARAJI'NIN
SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE TASARIMI VE
ARAZİDE YAPILAN ÖLÇÜMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Halil İbrahim AYDIN

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : GEOTEKNİK

Bu tez 10.08.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Halil İbrahim AYDIN

10.08.2021

TEŞEKKÜR

Sakarya Üniversitesi yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman bilgi ve birikimlerinden faydalandığım, zorlu eğitim dönemlerinde bana destek olan, benimle tecrübelerini paylaşan, bana yol gösteren, geoteknik alanında kendimi geliştirmemde tüm içtenliğiyle bana yardım eden ve eğitim hayatı dışında da örnek kişiliğiyle dikkat çeken çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Aşkın ÖZOCAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Yine Sakarya Üniversitesi geoteknik çalışma grubu çatısı altında en az danışman hocam kadar bana yardımcı olan, beni destekleyen ve fikir alışverişinde bulunarak geoteknik alanında bana büyük katkıları olan Doç. Dr. Sedat SERT'e ve Doç. Dr. Ertan BOL'a tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLOLAR LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
TOPRAK/KAYA DOLGU BARAJLAR.....	3
2.1. Homojen Dolgu Barajlar	4
2.2. Zonlu Dolgu Barajlar.....	5
2.2.1. Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu barajlar.....	7
2.2.1.1. Temel zemin koşulları ve iyileştirme	7
2.2.1.2. Beton topuk plağı	8
2.2.1.3. Derzler ve uygulama esasları.....	12
2.2.1.4. Ön yüzü beton kaplama.....	16
2.2.1.5. Kaya dolgu elemanları.....	16
BÖLÜM 3.	
BARAJLARDA SAYISAL ANALİZLER.....	23

BÖLÜM 4.

SAKARYA AKÇAY BARAJI	27
4.1. Baraj Özellikleri.....	28
4.2. Mühendislik Özellikleri ve Geoteknik Mühendisliği Çalışmaları.....	30
4.2.1. Temel araştırma ve sondajlar	30
4.2.2. Araştırma çukuru ve yarmalar	33
4.2.3. Sondaj kuyularının değerlendirilmesi.....	34
4.2.4. Kayaların fiziksel/mekanik özelliklerinin belirlenmesi.....	35
4.2.5. Kaya taşıma gücü.....	39
4.2.6. Jeofizik çalışmalar.....	39
4.3. Baraj Elemanları.....	44
4.3.1. Temel koşulları.....	44
4.3.2. Topuk plağı.....	45
4.3.3. Baraj dolgusu.....	46
4.3.4. Baraj kesit detayı.....	46
4.3.5. Baraj kret detayı.....	48
4.3.6. Dolguda yapılan ölçümler.....	49
4.3.6.1. Deplasman ölçümleri.....	50
4.3.6.2. Basınç ölçümleri.....	50
4.4. Analiz ve Bulgular.....	51
4.4.1. Midas GTS-NX sonlu elemanlar programı.....	51
4.4.2. Baraj sayısal modeli	52
4.4.2.1. Baraj geometrisi.....	53
4.4.2.2. Zemin malzeme modeli ve parametreler.....	53
4.4.2.3. Sonlu elemanlar ağı(mesh).....	55
4.4.2.4. İki boyutlu (2D) analiz.....	55
4.4.2.5. Üç boyutlu (3D) analiz.....	59
4.4.3. Değerlendirme	67

BÖLÜM 5.

TARTIŞMA VE SONUÇ	70
-------------------------	----

KAYNAKLAR	72
EKLER	74
ÖZGEÇMİŞ	100

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

β	: Şev eğim açısı
ϕ	: Kayma direnci parametreleri
ρ_n	: Birim hacim ağırlık
ν	: Poisson oranı
σ_c	: Tek eksenli basma dayanımı
AÇ	: Araştırma kuyusu
c	: Kohezyon
cm	: Santimetre
DES	: Düşey elektrik sondaj
E	: Elastisite modülü
GSI	: Jeolojik dayanım indeksi
H	: Hidrolik yük (Su yükü)
HS	: Hidrolik oturma ölçer
I	: İndis
kg	: Kilogram
m	: Metre
RQD	: Kaya Kalitesi Oranı
S	: Kayma direnci parametreleri
SK	: Sondaj kuyusu
SLS	: Serviceability Limit States
To	: Zemin hakim titreşim periyodu
ULS	: Ultimate Limit States
Vs	: S dalgası hızı
Vp	: P dalgası hızı
W	: Toprak genişliği

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Dolgu Baraj Genel Vaziyet Planı (Dorum A., 2010).....	4
Şekil 2.2. Homojen ve Zonlu Dolgu Barajlar.....	4
Şekil 2.3. Homojen Toprak Dolgu Baraj Enkesiti.....	5
Şekil 2.4. Zonlu Toprak Dolgu Barajı Enkesit Örneği.....	6
Şekil 2.5. Topuk Plağı Ankraj ve Perde Enjeksiyonu Detayı.....	8
Şekil 2.6. Düşey Katof Duvarına Mafsallı Topuk Plağı Yapısı (Puclaro Barajı)..	11
Şekil 2.7. Topuk Plağı Detayı.....	11
Şekil 2.8. Beton Dolgu Üzerindeki Topuk Plak Detayı (Tosun vd., 2007).....	12
Şekil 2.9. Önyüz Beton Yüzeyindeki Basınç Alanları ve Çevre Derzi Hareketi (Tosun vd., 2007).....	13
Şekil 2.10. Önyüz Kaplaması Derz ve Sızdırmazlık Elemanı Detayı (Tosun vd., 2007).....	14
Şekil 2.11. Tipik Bir Önyüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu Baraja ait Çevre ve Önyüz Döşeme Düşey Derzleri.....	15
Şekil 2.12. Geleneksel Önyüzü Kaplamalı Kaya Dolgu Baraj En Büyük Kesiti...	18
Şekil 2.13. Günümüzde Uygulanan Önyüzü Kaplamalı Kaya Dolgu Zonları....	18
Şekil 4.1. Proje alanı ve Yer Bulduru Haritası.....	28
Şekil 4.2. Akçay Baraj Gövdesi ve Yakın Civarında Açılan Araştırma Çukuru ve Temel Sondajların Yerlerini Gösterir Harita.....	32
Şekil 4.3. Kazı Sınırı Kesiti.....	34
Şekil 4.4. Baraj Yeri Jeofizik Ölçümleri Konum Haritası.....	40
Şekil 4.5. Mamba Bölgesi Yeri Jeofizik Ölçümleri Konum Haritası.....	40
Şekil 4.6. Çok Elektrotlu Veri Toplama Şeması.....	43
Şekil 4.7. Talvegte Alüvyon Kalınlığını Belirlemek için Açılan Araştırma Çukurunun Görünümü.....	45
Şekil 4.8. Baraj Gövdesi Genel Görünümü.....	47

Şekil 4.9. A-A Kesiti.....	47
Şekil 4.10. B-B Kesiti.....	48
Şekil 4.11. Detay A.....	48
Şekil 4.12. Baraj Kret Detayı.....	49
Şekil 4.13. Kret Parapet Duvarı Derz Detayı.....	49
Şekil 4.14. Hidrolik Oturma Ölçerlerin Lokasyonları.....	50
Şekil 4.15. Basınç Ölçerlerin Lokasyonları.....	51
Şekil 4.16. Solid Elemanlar için Pozitif Yön Tayini.....	52
Şekil 4.17. Plate Elemanlar için Pozitif Yön Tayini.....	52
Şekil 4.18. Baraj ve Arazinin İki Boyutlu (2D) Görünümü.....	53
Şekil 4.19. Baraj ve Arazinin Üç Boyutlu (3D) Görünümü.....	53
Şekil 4.20. Baraj Geometrisi ve Mesh Görünümü.....	56
Şekil 4.21. Su ve Taşıt Yüğü Yükleme Durumu.....	56
Şekil 4.22. Sınır Koşulları ve Yer Çekiminin Tanımlanması.....	57
Şekil 4.23. Baraj İnşaat Aşamaları.....	57
Şekil 4.24. Analysis Control Menüsü.....	58
Şekil 4.25. Barajda Oluşan Toplam Deplasman (cm).....	58
Şekil 4.26. Barajda Oluşan Toplam Yatay Deplasman (cm).....	59
Şekil 4.27. Barajda Oluşan Toplam Düşey Deplasman (cm).....	59
Şekil 4.28. Arazi ve Baraj Geometrisinin Genel Görünümü.....	60
Şekil 4.29. Mesh Genel Görünümü.....	61
Şekil 4.30. Su ve Taşıt Yüğü Yükleme Durumu.....	61
Şekil 4.31. Sınır Koşulları ve Yer Çekiminin Tanımlanması.....	62
Şekil 4.32. Baraj İnşaat Aşamaları.....	63
Şekil 4.33. Analysis Control Menüsü.....	63
Şekil 4.34. Barajda Oluşan Toplam Deplasman (cm).....	64
Şekil 4.35. Barajda Oluşan Toplam Yatay Deplasman (cm).....	65
Şekil 4.36. Barajda Oluşan Toplam Düşey Deplasman (cm).....	66
Şekil 4.37. Hidrolik Oturma Değerleri.....	67
Şekil 4.38. Hidrolik Oturma Noktalarındaki Oturma Miktarı (3D Analiz).....	68
Şekil 4.39. Hidrolik Oturma Noktalarındaki Oturma Miktarı.....	69

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Topuk Plak Genişlik Kriterleri (Tosun vd.,2007).....	9
Tablo 2.2. Topuk Plağı Genişliğinin Seçimindeki Temel Tanımlar.....	9
Tablo 2.3. İç ve Dış Topuk Plağı Genişliği Seçimindeki Temel Kriterler (Tosun vd., 2007).....	10
Tablo 4.1. Baraj Yeri, Göl Alanı, Dolusavak Yerinde Açılan Temel Sondaj Kuyularına Ait Bilgiler.....	32
Tablo 4.2. Anakaya Girişleri ve Sondaj Boyları.....	35
Tablo 4.3. Baraj gövdesi bölgesinde kaya özellikleri (Önal, 2013).....	36
Tablo 4.4. Kaya Özelliklerinin Derinlikle Değişimi.....	37
Tablo 4.5. Baraj Temel Kayasının Özellikleri.....	38
Tablo 4.6. Baraj Temel Kayasının Özellikleri.....	38
Tablo 4.7. Kaya Süreksizliklerinin Direnci.....	38
Tablo 4.8. Sismik Verilere İlişkin Dinamik Zemin Parametreleri.....	42
Tablo 4.9. Beton Kaplama Malzeme Özellikleri.....	46
Tablo 4.10. Zemin Malzeme Özellikleri.....	54
Tablo 4.11. Malzeme Özellikleri.....	55
Tablo 4.12. Düşey Oturma Miktarı (cm).....	69

ÖZET

Anahtar kelimeler: Akçay barajı, ön yüzü beton kaplı dolgu baraj, Midas GTS-NX

Günümüzde önyüzü beton kaplı kaya dolgu barajlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tip barajlar drenajlı kaya dolgunun üstüne daha ince bir kaya dolgudan oluşan geçiş zonu, bu zonun üzerinde ise memba tarafında filtre ile yüzey kaplama (beton kaplama) tabakasından oluşmaktadır. Yüzey kaplaması genellikle barajı oluşturan ana malzeme olan kaya dolgusunun bütünüyle yerleştirildikten sonra oluşturulur. Memba tarafında baraj suyunun kaplama üzerinde oluşturduğu deformasyonların yaratacağı çatlamayı kontrol için derzler ile geçirimsizliği sağlamak için su tutucu malzemeler kullanılmaktadır.

Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu barajlarda meydana gelebilecek deformasyon, şev stabilite sorunları veya aşırı boşluk suyu basıncı barajlarda önlenemeyecek ciddi hasarlara yol açabilir. Barajların göstereceği deformasyon, boşluk suyu basıncı ve stabilitesi arazinin jeolojik yapısı ve kullanılan malzemeye göre farklılık gösterebilir. Bu sebepten dolayı baraj imalatına başlanmadan önce yapılacak etüt ve fizibilite işlemleri ile gerekli çalışmaların yapılması önem arz etmektedir. Baraj tasarımında öncelikle kullanılacak malzemeler laboratuvar testlerine tabi tutulmalı ve ardından gerekli olan parametreler elde edilerek gerçeğe uygun bir şekilde analizinin yapılması gerekmektedir. Bu da mevcut durumun inşaat aşamasından önce sayısal yöntemle analizler yapıp daha sonra uygulamaya geçilmesi gerekmektedir.

Bu tezde, Sakarya ili, Pamukova ilçesine 21 km mesafede bulunan Eskiya köyünün 6 km kuzeyinde yer alan Pamukova Eskiya havzasında yapılacak Akçay Barajı Midas GTS-NX sonlu elemanlar yöntemiyle iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) olarak statik koşullar altında analiz edilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen deplasmanlar, barajın gövdesine yerleştirilen deplasman okuyucularla karşılaştırılmıştır.

FINITE ELEMENT ANALYSIS OF DEFORMATION BEHAVIOR OF CONCRETE FACED SAKARYA AKÇAY DAM AND COMPARISON OF RESULTS WITH MEASUREMENTS

SUMMARY

Keywords: Akçay dam, concrete-filled fill dam, Midas GTS-NX

Today, concrete-faced rockfill dams are widely used. This type of dams consists of a transition zone consisting of a thinner rockfill on top of the drained rockfill, and a surface coating (concrete coating) layer with a filter on the upstream side of this zone. The surfacing is usually created after the entire rockfill, the main material forming the dam, has been placed. On the upstream side, water-retaining materials are used to control the cracking caused by the deformations of the dam water on the coating and to provide impermeability with the joints.

Deformation, slope stability problems or excessive pore water pressure that may occur in rockfill dams with a concrete front face can cause serious damage to dams that cannot be prevented. The deformation, pore water pressure and stability of the dams may differ according to the geological structure of the land and the material used. For this reason, it is important to carry out the necessary studies with the studies and feasibility processes to be carried out before starting the dam construction. The materials to be used in the dam design should be subjected to laboratory tests first and then the necessary parameters should be obtained and analyzed in a realistic way. This means that the current situation should be analyzed with a numerical method before the construction phase and then put into practice.

In this thesis, Akçay Dam to be built in Pamukova Eskiyayla basin, located 6 km north of Eskiyayla village, 21 km from Pamukova district in Sakarya province, was analyzed under static conditions as two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) with Midas GTS-NX finite element method. The displacements obtained as a result of the analyzes were compared with the displacement readers placed in the body of the dam.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İnsanların göçebe hayattan yerleşik hayata geçmesinin en önemli nedenlerin başında suyun günlük hayatta kullanılması olmuştur. Göçebe hayatın yaygınlaşmasıyla da özellikle tarımsal alanda suyun aşırı tüketimi artmıştır. Ayrıca giderek dünya nüfusunun artmasıyla insanların temel ihtiyaçlarından biri olan su ihtiyacı da artmaktadır. Bu amaçla yerleşik yaşama geçen insanların ihtiyacını karşılamak için su tutucu yapılar geliştirilmiştir.

Günümüz teknolojisiyle farklı tiplerde inşaa edilen barajlar; barajın yapılacağı yerin jeolojik formasyon ve özelliklerine, baraj gövdesinde kullanılacak malzemenin özelliklerine, bölgenin depremselliğine, maliyetlerine vb. etmenlere bağlı olarak inşa edilmektedir.

Bir baraj tipi olarak dolgu tipi barajlar diğer barajlara göre çeşitli faktörlere (uygulama kolaylığı, maliyet, zaman vb.) göre tercih edilmektedir. Bununla birlikte barajlar içerisinde en fazla göçmeye maruz kalan baraj tiplerinden biridir. Bu nedenle dolgu barajların tasarımı, projelendirme ve uygulama aşamalarında geoteknik mühendisliği önem teşkil etmektedir. Baraj gövdesinde kullanılacak malzemelerinin yük altında gerilme-deformasyon davranışlarının farklılık göstermesinden dolayı barajlarının tasarımında en önemli kriter parametre tayinidir. Baraj gövdesinde kullanılacak dolgu malzemesinin endeks ve mühendislik özellikleri belirlenmesinde öncelikle malzeme sahalarını karakterize edecek detaylı jeolojik ve jeofizik saha araştırmaları yapılır.

Barajın yapılacağı bölge geoteknik açıdan değerlendirilebilmesi için arazide ve laboratuvar ortamında bir dizi araştırma ve deneyler yapılmaktadır. Arazi çalışmaları kapsamında sahaya özel yapılan zemin etüdü çalışmaları, jeofizik çalışmalar ile

desteklenerek bölgenin jeolojisi ve mühendislik parametreleri hakkında daha detaylı araştırmalar yapılmaktadır.

Dolgu baraj inşası yapıldıktan sonra barajlarının performansını incelenmesi ve baraj kontrolünün yapılması gerekmektedir. Bu amaçla baraj gövdesinde teşkil edilen ölçüm aletlerinden oturma, sızma ve gerilme kriterler için periyodik olarak ölçümler alınır.

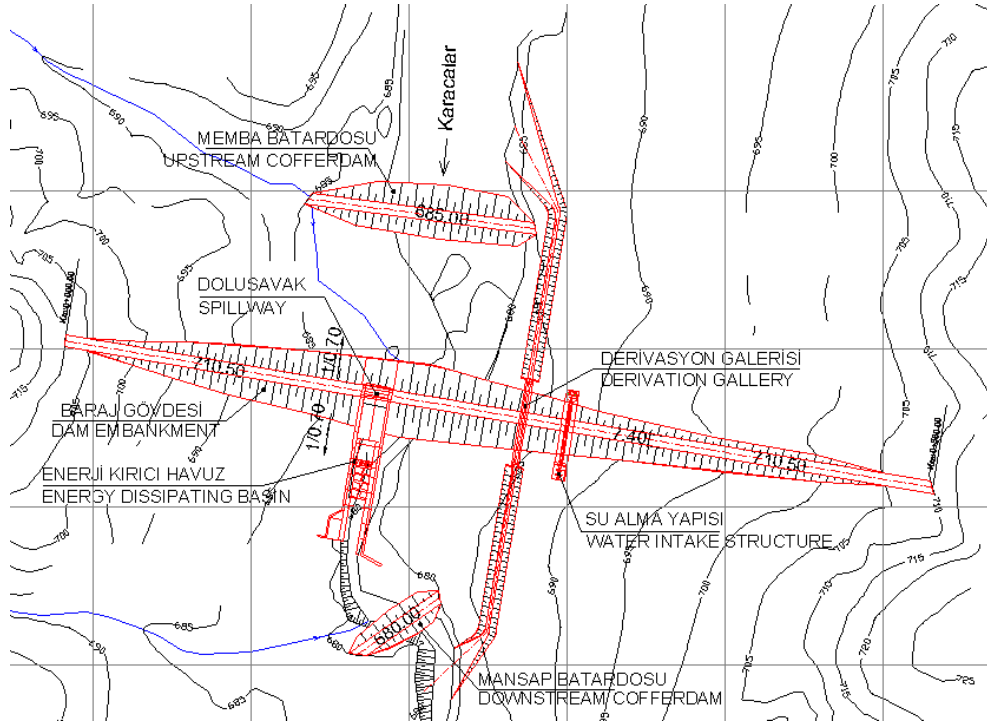
Bu araştırma kapsamında incelenen Akçay barajında temel zemini ve gövde dolgusu kullanılacak malzemeyi belirlemek için arazi ve laboratuvar ortamında çeşitli araştırmalar ve deneyler yapılmıştır. Deneylerden elde edilen endeks ve dayanım özellikleri kullanılarak Midas GTS-NX programıyla baraj, iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) analiz edilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen deplasman değerleri ile baraja yerleştirilen deplasman ölçüm noktalarındaki oturma değerleri karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

BÖLÜM 2. TOPRAK/KAYA DOLGU BARAJLAR

Dolgu barajlar, baraj yapılacak bölgenin yakınlarında, doğada bulunan malzemelerin dolgu barajın gövdesinde kullanımı ile inşa edilen baraj türüdür. Dolgu barajlarda çevreden temin edilen dolgu malzemeleri, yüksek kapasiteli iş makineleri yardımıyla sıkıştırılarak baraj gövdesinde kullanılır. Uluslararası verilere göre dünyada mevcut barajların yaklaşık %75'ini, Türkiye'de ise %90'ı dolgu tipi barajlar oluşturmaktadır. Ülkemizin Cumhuriyet dönemindeki dolgu baraj pratiği 1938 yılında Bursa'da hizmete alınan Gölbaşı Barajı ve bir yıl sonra tamamlanan Niğde'deki Gebere Barajı ile başlamaktadır (Tosun, 2009). Dolgu barajları üç ayrı sınıfta incelemek mümkündür: Homojen gövdeli, zonlu ve ön yüzü geçirimsiz dolgu barajlar.

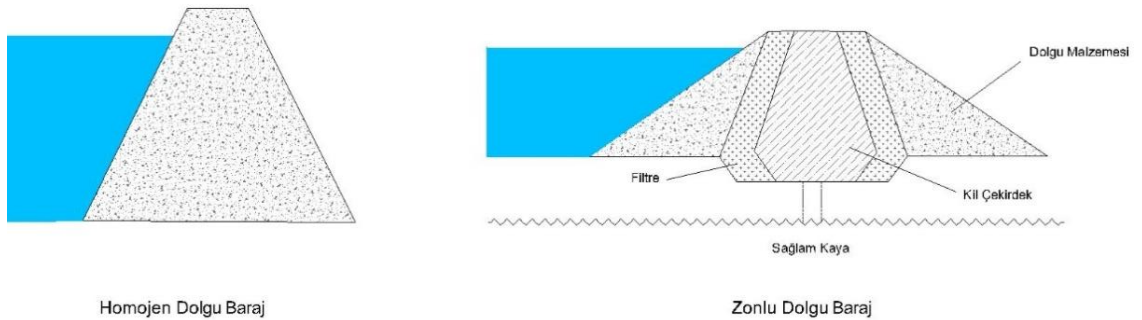
Barajların dolgu tipli seçilmesinde barajda kullanılacak malzemenin kolaylıkla elde edilebilmesi ve işlenebilir olması önemli etkindir.

Dolgu barajların genel vaziyet planı Şekil 2.1.'de verilmiştir. Bu planda baraj gövdesi, derivasyon ve dipsavak tesisleri, memba ve mansap batardoları ve dolusavak yapısından oluşmaktadır.



Şekil 2.1. Dolgu Baraj Genel Vaziyet Planı (Dorum A., 2010)

Dolgu barajlar, inşaa edilecek yerinin jeolojik formasyonu, geçirimli ve geçirimsiz malzeme miktarı ve kalitesine, gövde yüksekliği vb. etmenlere bağlı olarak tasarlanmaktadır. Dolgu barajlar; homojen dolgu barajlar, zonlu dolgu barajlar olarak sınıflandırılabilir.

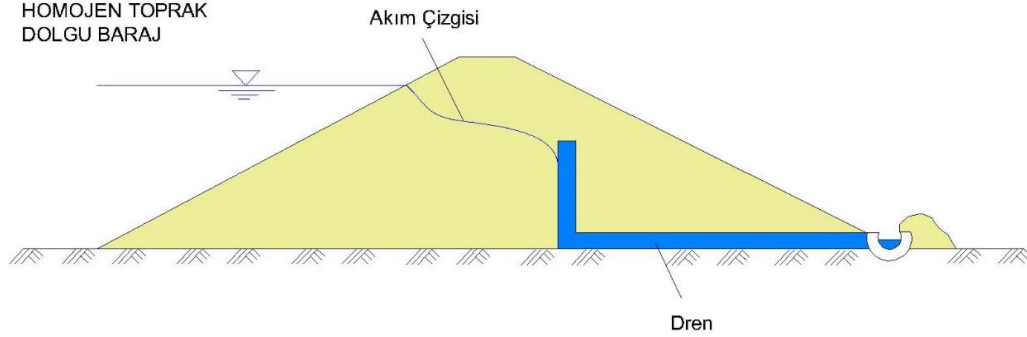


Şekil 2.2. Homojen ve Zonlu Dolgu Barajlar

2.1. Homojen Dolgu Barajlar

Dolgu barajlarda kullanılan malzemelerin aynı özelliklere sahip, geçirimli veya az geçirimli dolgu malzemesinin mekanik sıkıştırılması ile teşkil edilen dolgu baraj türüdür. Bu tip barajlarda su rezervuarın ani boşalması sonucunda barajda oluşabilecek

şev stabilitesi problemleri karşı memba ve mansap şev eğimi yatık olarak projelendirilmektedir.

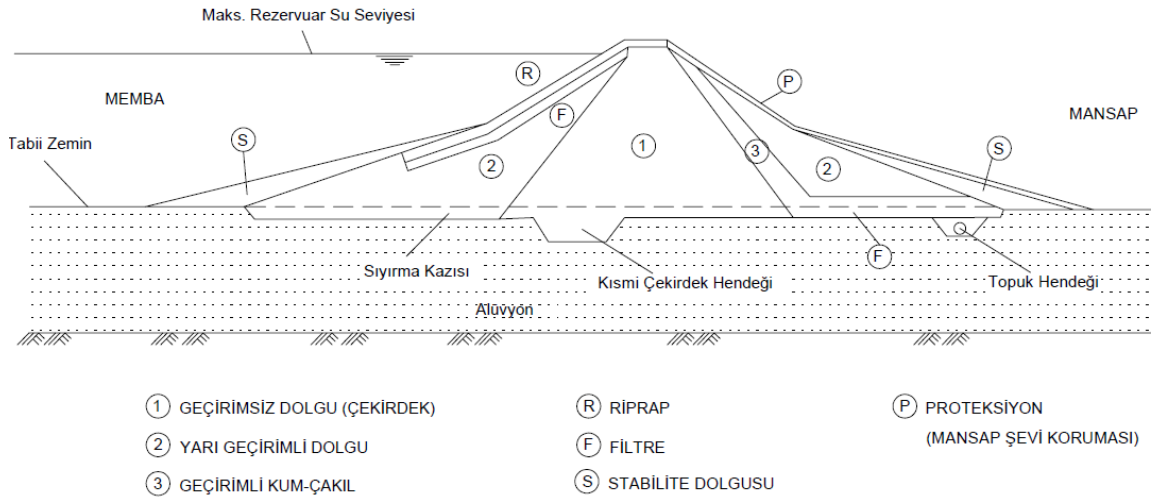


Şekil 2.3. Homojen Toprak Dolgu Baraj Enkesiti

Homojen toprak dolgu barajlar daha genellikle yüksekliği 30 m kadar olan ve göletlerde kullanılmıştır. Gövde yüksekliğinin 30 m'den fazla olması durumunda barajın memba ve mansap dolgusunda, su rezervuarın ani boşalması durumunda oluşacak boşluk suyu basınçlarının azalmasına, mansapta ise freatik hattın düşürülmesini sağlamak için filtre tabakaların tasarlanması gerekmektedir. Bu tip dolgu barajlar daha çok sel kapanları, geçici batardolar vs. olarak kullanılmaktadır.

2.2. Zonlu Dolgu Barajlar

Homojen dolgu barajlardan farklı olarak zonlu toprak dolgu barajlarda iç ve dış zonları toprak, kum, çakıl ve benzeri, nispeten ince daneli malzemelerden oluşmaktadır. Bu tip barajlarda geçirimsizlik, merkezi çekirdekli veya eğik çekirdekli kil dolgu ile sağlanmaktadır.



Şekil 2.4. Zonlu Toprak Dolgu Barajı Enkesit Örneği

Bu tip barajlarda ince malzeme kullanılarak merkezde kil çekirdeği dışta ise iri malzeme olacak şekilde filtre kuralına uygun olarak yerleştirilir ve sıkıştırılır. Bu uygulamayla merkezden mansaba doğru gidildikçe geçirimsizlik arttığından dolayı sızma çizgisi seviyesi düşer, boşluk suyu basıncı azalır ve borulanma büyük ölçüde önlenmiş olunur. Ayrıca memba kabuk dolgusu yarı geçirimli olduğu zaman, rezervuarın ani seviye düşüşlerine karşı yatay filtre mansap kabuk dolgu içine de aynı şekilde yatay filtre düzenlenebilir.

Memba dolgularının teşkilinde, su rezervuarın ani boşalma halinde yapılacak dolgu içerisindeki suyun drene olması için geçirimli malzeme tercih edilmelidir. Baraj için imal edilecek kil çekirdeğin şev yüzeylerinde düşey filtrelerle sızıntı suları mansaba atılır. Baraj tabanında ise yatay filtreler yapılarak sızıntı suları mansaba atılırlar. Ayrıca kullanılan filtreler kil çekirdek ile kabuk dolgular arasında geçiş zonlu olarak kullanılır ve çekirdekten olabilecek sızıntı sularının kil malzemeyi sürüklemesini de önlerler.

Barajın memba şevini, oluşabilecek herhangi bir dalga etkisinden korumak ve ince daneli dolgu malzemesinin yıkanmasını önlemek için filtrenin üstüne 0.50-1.00 m çapındaki kayalardan oluşan riprap kaplama yapılır.

Kil çekirdek şevleri ise; baraj yüksekliği, temel şartları ve dolgu malzemenin özelliğine bağlı olarak 2/1-1/0.3 (düşey/yatay) değerleri arasında veya daha dik şevler de oluşturulabilir. Kabuk dolgu şevleri ise, ön yüzde 1/3.5, mansapta 1/3'e (düşey/yatay) kadar seçilebilmektedir. Zonlu dolgu barajlar kaya dolgu ve karışık dolgu barajlar olarak ayrılmaktadırlar.

Bu tip barajlarda kullanılan dolgu malzemesinin ekonomik olmaması veya iklim şartları vb etkenlerden dolayı iyi istiflenmiş ve sıkıştırılmış kaya veya kum çakıl dolgu gövdenin memba şevi üzerine, geçirimsiz bir malzemenin kaplanması ile oluşturulan önyüzü beton veya membran kaplı kaya dolgu barajlarda mevcuttur.

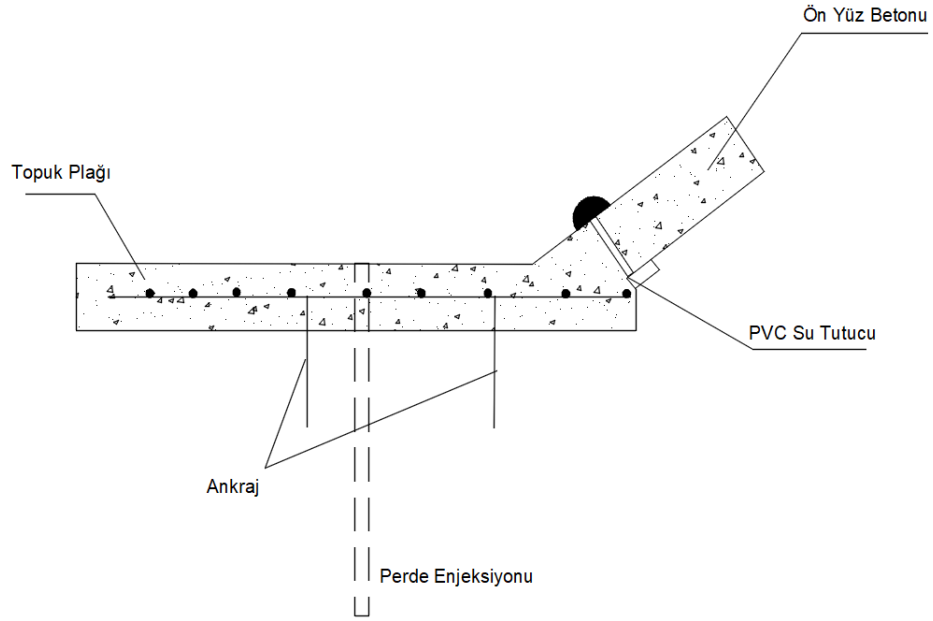
2.2.1. Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu barajlar

Kaya dolgu barajlar beton yüzlü kaya dolgu baraj ile başlamış ve daha sonra ana tipleri geliştirilmiştir. Bu tipler, ön yüzü beton kaplı dolgu barajlar (ÖYBK) veya ön yüzü asfalt kaplı kaya dolgu baraj ve kil çekirdekli kaya dolgu barajdır. Bu kapsamda ön yüzü beton kaplı kaya dolgu barajların detayları aşağıda verilmiştir.

2.2.1.1. Temel zemin koşulları ve iyileştirme

Ön yüzü beton kaplı barajlardaki ana kayanın endeks özellikleri bakımından uygun, mühendislik özellikleri bakımından ise dayanıklı ve erozyona karşı direnç göstermeleri en çok aranan kriterlerin başında gelmektedir.

Barajın oturduğu temel zeminin iyileştirilmesi iyi bir şekilde yapılabilmesi için, temel zeminde su kaçağının ve borulanmanın önlenmesi, oturmaların müsaade edilebilir sınırlar içerisinde olması ve kaya stabilitesinin sağlanması gerekmektedir. Bu tip barajlarda beton önyüz kaplaması ile kaya temeli arasındaki sızdırma sorunu olmaması için baraj eksenini boyunca beton topuk plağı imal edilebilmektedir. Beton topuk plağı ankraj yardımıyla zemine bağlanmalı ve perde enjeksiyonu ile temel zemin birimi içindeki sızma ve kaçak suyunu önlemeli veya en düşük seviyeye indirmelidir. Beton topuk plağı, ankraj ve perde enjeksiyonunun bir örneği Şekil 2.5.'de verilmiştir.



Şekil 2.5. Topuk Plağı Ankraj ve Perde Enjeksiyonu Detayı

Önyüzü beton kaplı kaya dolgu barajlarda özellikle baraj kullanıma açıldıktan sonra barajın altından su sızmalarının önlenmesi ve su geçirimsizlik perdesi ile baraj temeli arasındaki etkileşiminin iyi sağlanması gerekmektedir. Barajlarda yapılacak enjeksiyon; ankrajlı topuk plağının zeminle olan bağıntısını tamamlar ve topuk plağını altındaki olası sızmaların oluşmaması için yapılır. Yapılacak enjeksiyonun derinliği, arazi çalışmaları ve laboratuvar deneylerine göre belirlenmelidir.

Perde enjeksiyon derinliğinin belirlenmesi baraj aksının jeolojisinin özellikleri, sızma, borulanma potansiyeli gibi genel analizlerin sonuçlarına göre belirlenir. Bu analizler için genellikle 3 kısa konsolidasyon deliği açılır, ortadaki sıra, sızma boyunu uzatmak amacıyla perde enjeksiyonu olarak uzatılır.

2.2.1.2. Beton topuk plağı

Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu barajlarda imal edilen beton topuk plağı, kaya dolgu ve onun üzerindeki beton kaplamayı mesnetmek için yapılır. Barajlarda inşa edilen beton topuk plağı, temel kayasında kapsamlı ve maliyetli kazı gerektirmemesi ve enjeksiyon işlemlerinin daha erken tamamlanmasına olanak sağlar. Beton topuk plak;

sağlam kaya temelli, çok az sızma problemi yaşanan ve enjeksiyon kabul eden temel şartlarına sahip yerlerde kullanılması gerekmektedir. Topuk plağının tasarım ve imalatlarında göz önünde bulundurulması gereken en önemli husus ise hidrostatik basınca karşı rijitliğini koruyabilmesidir.

Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj imalatlarında yapılacak beton topuk plağının genişliği, temel zemini ve enjeksiyon ihtiyacı göz önüne alınarak boyutlandırılmalıdır. Topuk plağının genişliğinin seçimi öncelikli olarak baraj yapısının oturduğu temel zemininin durumu, yapıya etkileyen su yükü, ana kayanın kalitesi, erozyona uğrayıp uğramaması ile ilgilidir. Plak genişliği seçimiyle ilgili bilgiler, Tablo 2.1. ve Tablo 2.2.'de verilmiştir. Ayrıca plağının oturduğu temel zeminin tipine bağlı olarak yapı altında oluşan hidrolik eğim ile topuk plağının genişliğinin seçimi, Tablo 2.1.'den hesaplanabilir. İç ve dış topuk plağı genişliklerini hesaplamak için kullanılan indis değeri kaya kütle oranına göre Tablo 2.3.'de verilmektedir.

Tablo 2.1. Topuk Plak Genişlik Kriterleri (Tosun vd.,2007)

Temel Durumu	Kabul Edilebilir Hidrolik Eğim	Oluşturulan Hidrolik Eğim	Plinth Genişliği
Sert Enjekte Edilebilir Kaya	18	-	4.0-8.0
Sağlam Kaya	18	17.5	6.0-8.0
Az Çatlaklı Kaya	9	6.2	15.0-23.0
Çok Ayrışmış Kaya	6	3.1	15.0-18.0
Az Ayrışmış Kaya-Kalıntı	6	1.3	13.0-14.0

Tablo 2.2. Topuk Plağı Genişliğinin Seçimindeki Temel Tanımlar

A	B	C	D	E	F	G	H
I	Aşınmayan	1/18	>70	I-II	1-2	<1	1
II	Az Aşınmış	1/12	50-70	II-III	2-3	1-2	2
III	Aşınmış	1/6	30-50	III-IV	3-5	2-4	3
IV	Çok Aşınmış	1/3	0-30	IV-VI	5-6	>4	4

Burada;

A= Zemin Türü ("I" sert kaya, "IV" bitkisel toprak)

B= Zemin Sınıfı

C= Minimum Oran: Plinth Genişliği / Su Derinliği (Rezervuar Tam Dolulukta)

D= Kaya Kalitesi Oranı, RQD (%)

E= Ayrışma Derecesi (I; Sağlam kayalar, VI; Bitkisel toprak)

F= Kıvam Derecesi (1; Çok Sert kayalar, 6; Ufalanmış kayalar)

G= Ayrışmış Büyük Boyutta Süreksizliklerin Sayısı /10 m

H= Kazı Sınıfı:

1= Patlatma Gerekli

2= Aşırı Riperleme Gerekli

3= Hafif Riperleme Gerekli

4= Dozer Bıçağı ile Kazılabilir

Tablo 2.3. İç ve Dış Topuk Plağı Genişliği Seçimindeki Temel Kriterler (Tosun vd., 2007).

Kaya Kütle Oranı (RMR)	Tasarım İndisi
>80	20
60-80	16
40-80	12
20-40	6
<20	2

İç ve dış topuk plağı genişliğini hesap etmek için aşağıdaki bağıntılar kullanılır.

$$W = H/I$$

W : Toprak genişliği

$$W = W_1 + W_e$$

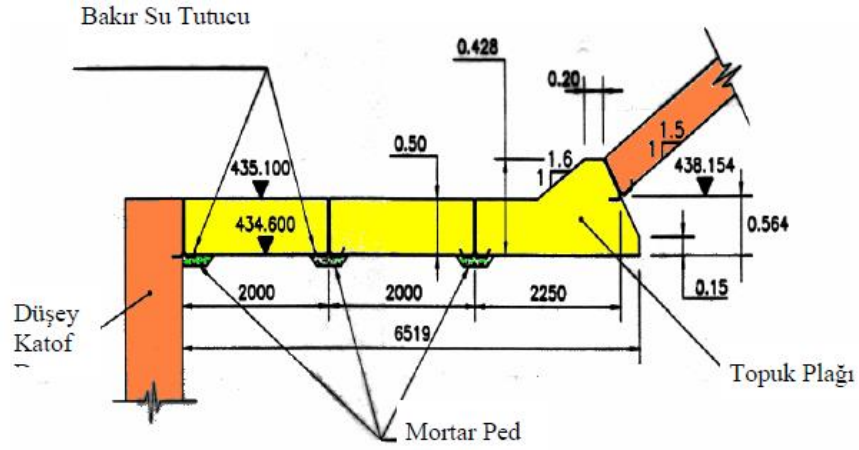
$$W_e = 4.0m$$

I : İndis

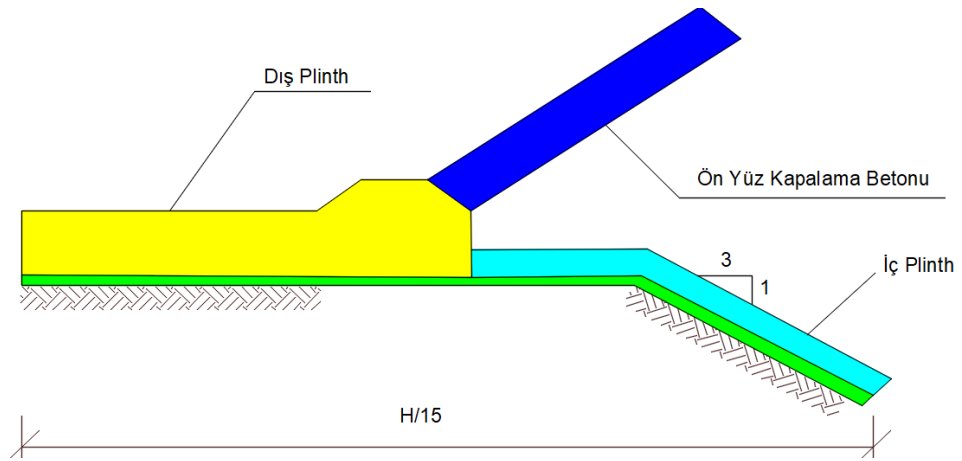
H : Hidrolik yük

Sağlam bir temel birimi üzerine inşa edilen topuk plağının genişliği, su yükü yüksekliğinin 1/20'si ile 1/25'i arasında tasarlanmaktadır. Topuk plağının en düşük kalınlığı, 0.30 ile 0.40 m arasındadır. Yüksek barajlar için 0.40 ile 0.60m arası kalınlıklar tavsiye edilir (Plichon, 1997).

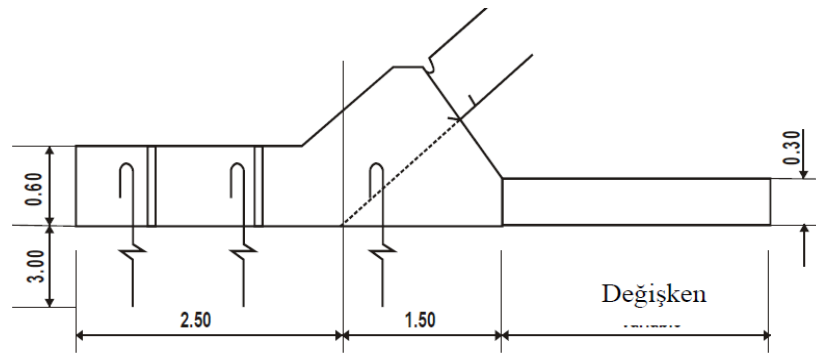
Düşey katof duvarına mafsallı bir topuk plağı, Şekil 2.6.'da gösterilmektedir. Topuk plağı günümüzdeki barajlarda iki bölüm halinde inşa edilebilmektedir. Bu bölümler Şekil 2.7.'de gösterilmektedir. İç bölümü eğimli tasarlanmış bir topuk plağı Şekil 2.7.a.'da, Şekil 2.7.b.'de ise yatay bir iç topuk plağı gösterilmiştir. İç topuk plağı temel zeminin kompozisyonuna ve geometrisine bağlı olarak tasarlanmaktadır.



Şekil 2.6. Düşey Katof Duvarına Mafsallı Topuk Plağı Yapısı (Puclaro Barajı).



a. Eğimli İç Plak

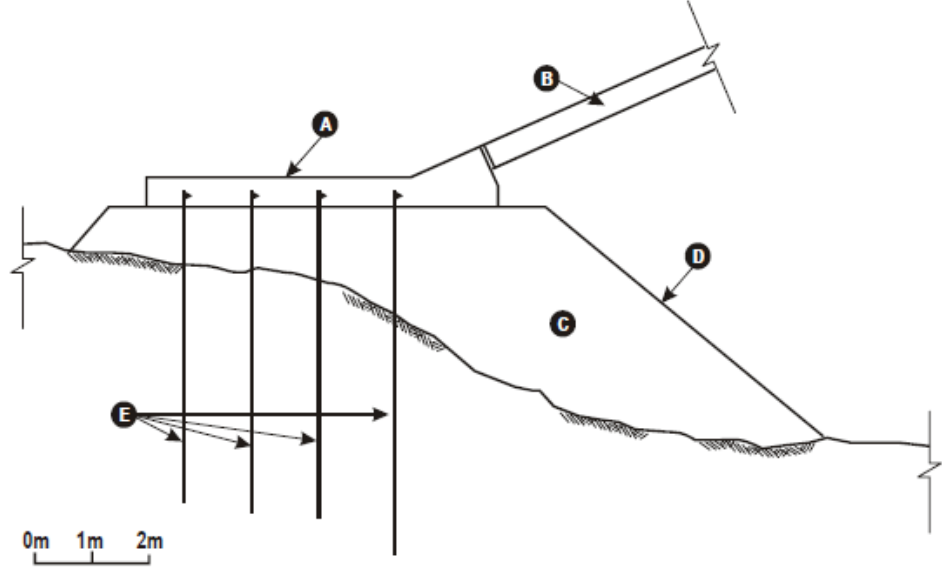


b. Yatay Dış Plak

Şekil 2.7. Topuk Plağı Detayı (Ayvaz, 2008)

Topuk plağının olduğu bölgede beton dolgu yapılması durumunda bu dolgunun üzerinde topuk plağı inşa edilebilmektedir. Şekil 2.8.'de örnek bir dolgu betonu ve

topuk plağı gösterilmektedir. Burada ayrıca ankrajlar sağlam kaya birime kadar soketlenerek topuk plağının stabilitesi arttırılmıştır.



- A: Topuk plağı Betonu
- B: Ön Yüz Betonu
- C: Beton Dolgu
- D: Eğim 2Y:1D Baraj Aksına Dik
- E: Ankraj Demirleri (Kaya İçine 4 m Girecek)

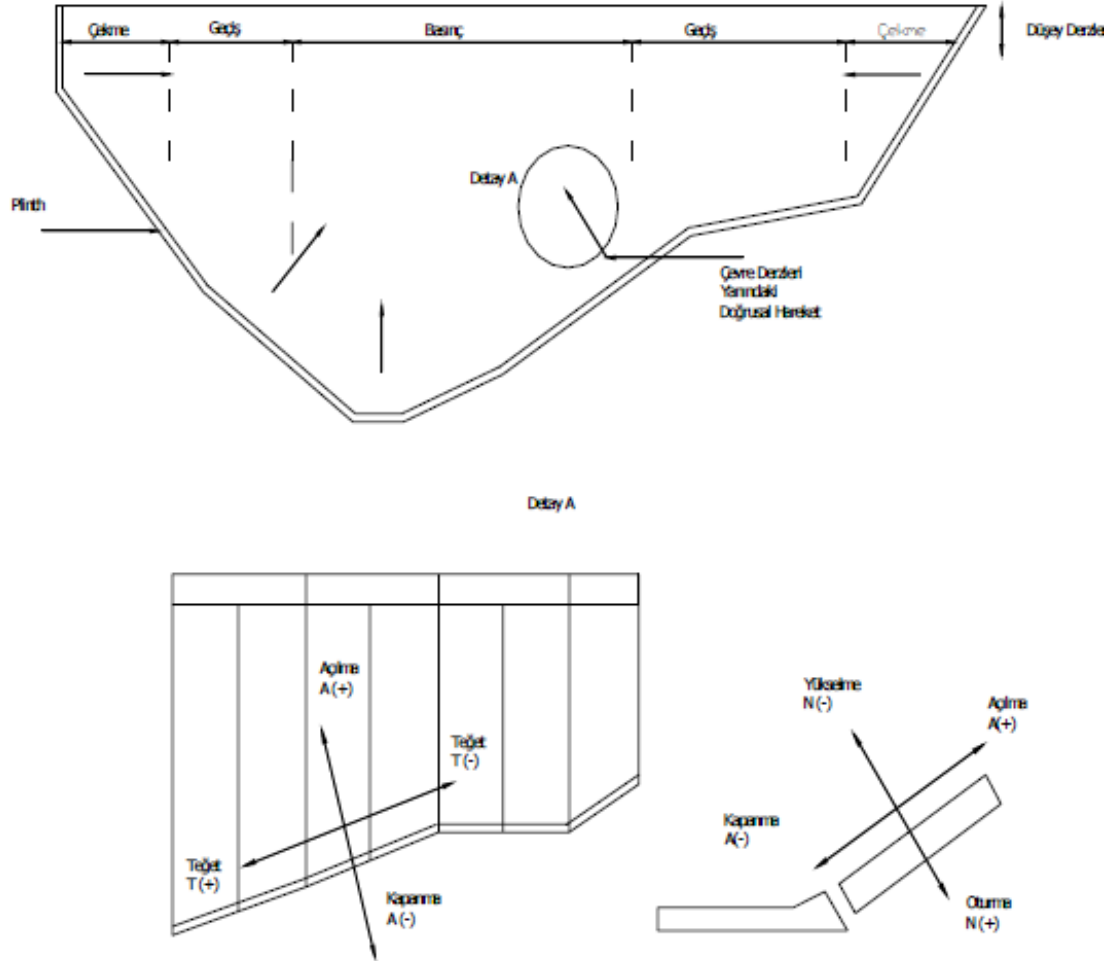
Şekil 2.8. Beton Dolgu Üzerindeki Topuk Plak Detayı (Tosun vd., 2007)

2.2.1.3. Derzler ve uygulama esasları

Barajlardaki beton kaplaması, gövde dolgusu tamamlanmadan dolgu işlemine paralel yapılması durumunda, yatay derz boyu ve derz araları, beton dağıtım sistemi, miktarı, yüzey alanının uygunluğu vb etkenler uygulamayı önemli miktarda etkiler. Barajlarda yapılan derz aralığı döşeme kalıp ağırlığı da göz önünde tutularak en düşük 15.00m olmaktadır.

Önyüzü beton kaplı kaya dolgu barajlarda ön yüz beton kaplama işlemine, genellikle gövde oturmalarının tamamlanmasından sonra (6-12 ay) başlanması önerilmektedir. Barajlardaki hidrostatik yük altında kaya blok dolguda oluşan deformasyonlar, önyüz kaplamasının yüzeyinde 3 farklı basınç alanı oluşturmaktadır. Ön yüz beton

kaplamasının ortasında basınç alanı oluşurken, sağ ve sol sahile yakın yerlerde çekme bölgesi oluşmaktadır. Yüzeyde oluşan bu basınç ve çekme bölgeleri arasında ise geçiş bölgesi yer almaktadır (Şekil 2.9.).

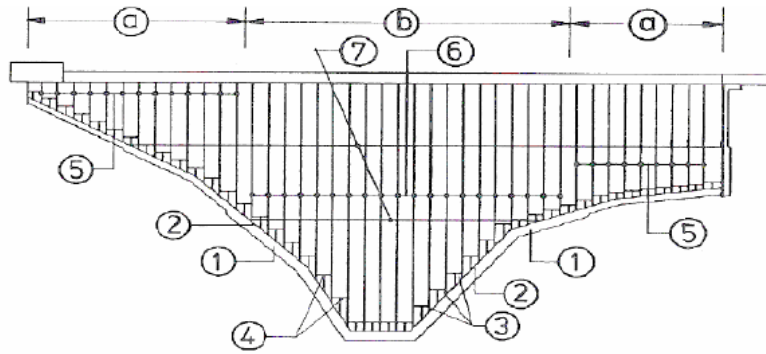


Şekil 2.9. Önyüz Beton Yüzeyindeki Basınç Alanları ve Çevre Derzi Hareketi (Tosun vd., 2007)

Beton topuk dökmesi ile beton kaplama çevre derzi, iki yönde de harekete zorlanır. Çevre derzinde oluşan birinci hareket, su yükü nedeni ile kaya dolgunun çökmesinden dolayı döşeme yüzünün normali yönünde, ikinci hareket ise; döşeme yüzeyindeki kesme hareketinden dolayı derze paralel yöndedir.

Topuk plağı genişleme derzleri, plak bölgesi ile başlangıç anolarının birleşim yerlerinde olup derzlerde betona zarar vermeksizin dönme, kayma ve muhtemel zorlanmalara izin veren bir kesik yüzeydir.

Düşey derzler, ana anolar arasında olup merkezi büzülme derzi ve dış büzülme derzi olarak ikiye ayrılır. Şekil 2.10.'da görüldüğü gibi kaplama ana anoları, başlangıç anolarının (3) üzerine inşa edilmiştir. Böylece sadece başlangıç anoları ile ana anolar arasında yatay derzler oluşmuştur. Bu derzlerde donatı filizi bırakılarak çatlakların oluşması engellenir.

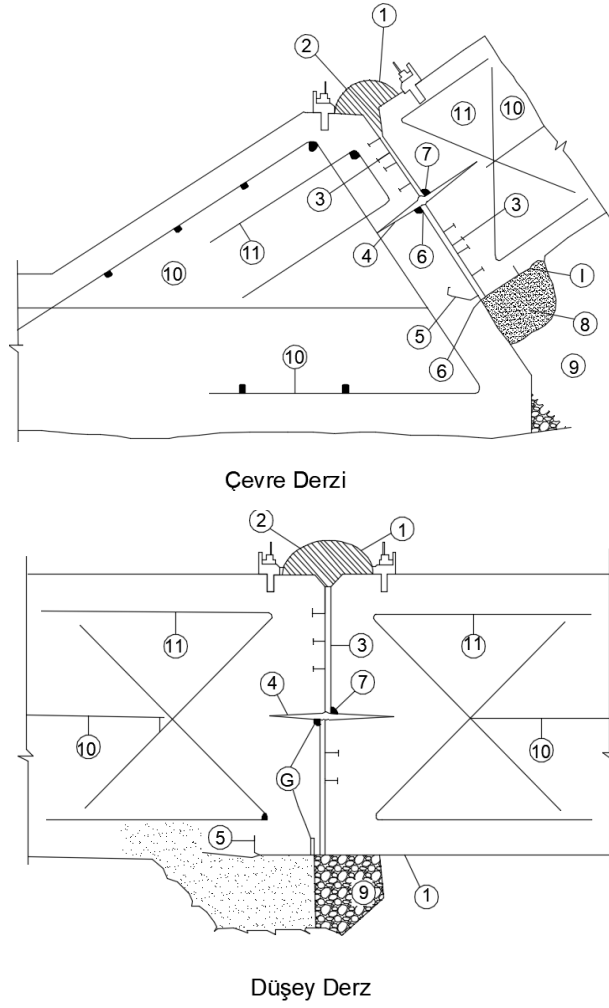


- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. Topuk plağı | 6. Düşey genişleme derzi |
| 2. Çevresel derz | 7. Yatay birleşim derzinin iş programına göre yeri |
| 3. Başlangıç Anoları | a. Çukurma gerilme bölgesi |
| 4. Yatay birleşim derzi (tip 1) | b. Basınç gerilme bölgesi |
| 5. Düşey birleşim derzi (tip 1) | |

Şekil 2.10. Önyüz Kaplaması Derz ve Sızdırmazlık Elemanı Detayı (Tosun vd., 2007)

Barajlarda kullanılan derzlerin geçirimsiz hale getirilmesi için özel işlem uygulanmalıdır. Yetersiz imalatlar ve kontrol sistemleri derz noktalarında sızma oluşumuna neden olabilir.

Topuk plağı genişleme derzi, hidrolik yük altında derze dik ve paralel yönlerde zorlanarak, ön betonarme plakasının topuk döşemesinden ayrılmasına neden olabilir. Bu sebeple topuk plağı genişleme derzi (çevre derzi) imalatlarında dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu derzlerde bakır ya da çelik su tutucu altta ve PVC veya Hypolan (klorülfatlı polietilen malzeme) su tutucu döşemenin ortasında kullanılmaktadır (Şekil 2.11.).



Şekil 2.11. Tipik Bir Önyüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu Baraja ait Çevre ve Önyüz Döşeme Düşey Derzleri

Burada;

1= Hypolan Band,

2= Mastik dolgu,

3= Sıkışabilir ahşap dolgu,

4= Pvc su tutucu,

5= Bakır su tutucu,

6= Neopran Silindir,

7= Styrofoam Silindir,

8= Kum- asfalt karışımı,

9= Derz oluşturulmadan önce püskürtme beton yüzeyinde açılan yastık betonu hendeği (bu hendek daha sonra beton ve donatı ilavesi ile doldurularak derze yataklık eder.),

10= Donatı,

11= Su tutucuyu ve ezilmeye karşı betonu korumak için donatı,

Topuk plağı çevre derzi, önceden inşaat esnasında döşeme betonunun parçalanmadan kesme, dönme ve sıkışma hareketlerine karşı kalıplanmış asfalt dolgu malzemesi ile doldurulur. Ayrıca ahşap dolgu topuk döşemesinde bulunan PVC veya hypolan su tutucuya çelik köşebentler ile bağlanarak derz hareketleri sonucunda su tutucunun yırtılmasına engeller.

Topuk plağı çevre derzlerinde ilave olarak üçüncü bir su tutucu hattının olması, sızmaların azalmasına ve mesnet bölgelerinde açılmalara karşı ekstra koruma sağlamaktadır. Mastik dolgu; açılan derz aralığına bir başlık gibi yerleştirilir ve üzeri PVC veya hypolan örtü ile kaplanarak çelik köşebentler ve cıvatalar ile ankraj olarak betona bağlanır. Derzlerde açılma olduğu zaman, mastik dolgu su basıncı ile oluşan açıklığa doğru itilmektedir. PVC su tutucuların betonun içinde yırtılmaması için styrofoam veya neopran silindirler kullanılmalıdır. Bakır ya da çelik su tutucuların, şeritler halinde inşaatın her aşamasında kullanılması tavsiye edilir. Özellikle bakır su tutucuları yapıştırarak eklemekten kaçınılmalıdır. Bu su tutucular, yüksek elektron akışkanlığına ihtiyaç duydukları için, iki bakır levhanın delinerek birbirine bağlanması uygundur (Cooke ve Sherard, 1985).

2.2.1.4. Ön yüz beton kaplama

Önyüzü beton kaplı kaya dolgu barajların betonarme kaplama için belli bir kalınlık veya kalınlığın hesaplanmasında bir formül yoktur. Ancak uzun yıllardan bu yana betonarme plağın kalınlığı kret de 0.30m olacak şekilde aşağı inildikçe $0.0067 \times H$ (H:su yükü) oranında arttırılmıştır. Dökme kaya inşaatından sıkıştırılmış kaya inşaatına, bir başka ifade ile geleneksel kaya dolgu baraj inşaatından modern kaya dolgu inşaatına geçilirken, beton kalınlığı için $0.30 + 0.002 \times H$ ile $0.30 + 0.004 \times H$ eşitlikleri kullanılmaya başlanmıştır (Plichon, 1997).

2.2.1.5. Kaya dolgu elemanları

Günümüzde kaya dolgu barajların tasarımında dolgu şevleri daha yatık şekilde (1.3:1-1.7:1) tasarlanmaktadır. Geleneksel kaya dolgu barajlarda sadece memba tarafı geçirimsizlik malzemesi ile kaplanır, memba ve mansap şevleri ise dökme kayanın

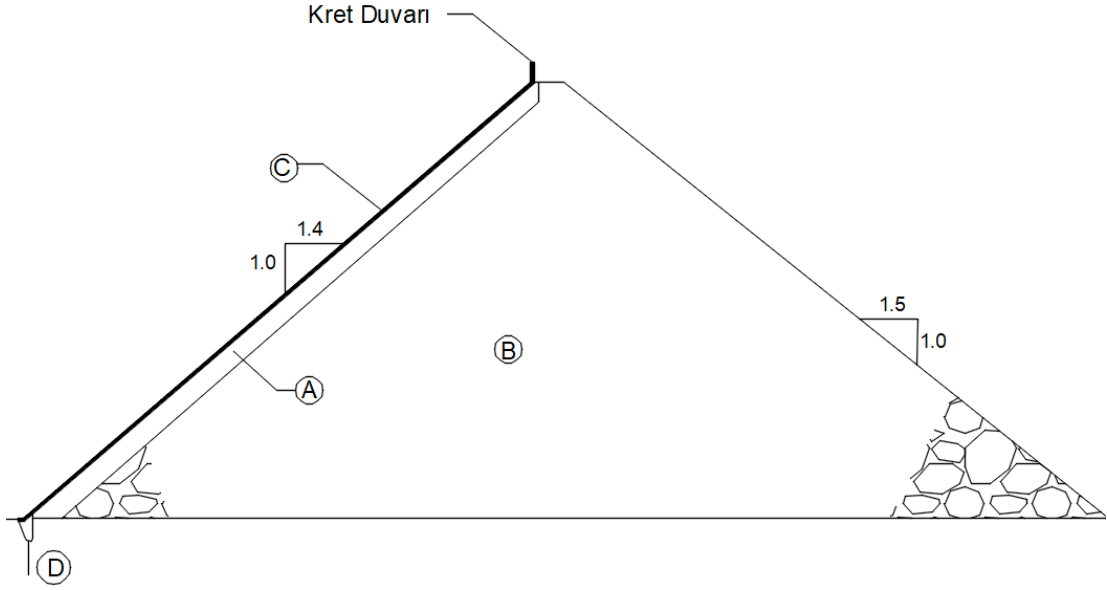
doğal eğiminden dolayı ve kaya hacminin asgari olması amaçlandığı için dik halde inşa edilirdi. Memba Şevinin korunması ise moloz taşı ile kâgir inşaat yapılırdı (USBK, 1987).

Önyüzü kaplamalı kaya dolgu barajların tasarım ve projelendirilmesinde; memba ve mansap yüzü Şevleri, önyüz kaplamasının tipi ve yerleştirilmesi esas alınarak yapılmaktadır.

Önyüzü geçirimsizlik perdesi ile kaplanan kaya dolgu barajlarda, genellikle memba Şevi eğimi 1.3:1 ile 1.7:1 arasında olmakta mansap yüzü ise kayanın doğal eğiminde yapılmaktadır.

Kaya dolgu barajlarda eğimler önyüzü çelik veya beton kaplı olması durumunda 1.3:1 ile 1.4:1 olarak önyüzü asfalt kaplı kaya dolgu barajlarda ise genellikle memba yüzü eğimi 1.6:1 ile 1.7:1 seçilir. Elde edilen deneyimlere göre yukarıdaki eğimlerde inşa edilen barajlarda çok az sayıda göçme oluŐtuđu saptanmış ve bundan dolayı iyi bir temel üzerine inşa edilen kaya dolgu barajlar için memba yüzü çelik veya beton kaplı ise 1.3:1 ile 1.4:1 memba Şev eğimi, asfalt kaplı ise 1.7:1 memba Şev eğimi alınması uygun görölmektedir. Mansap Şev eğimi, tüm önyüz kaplamalı barajlar için 1.4:1 ile 1.5:1 arasında seçilebileceği saptanmıŐtır (USBK, 1987).

Önyüzü beton kaplı kaya dolgu barajın tipik gösterimi Şekil 2.12.'de sunulmaktadır.



Şekil 2.12. Geleneksel Önyüzü Kaplamalı Kaya Dolgu Baraj En Büyük Kesiti

Burada;

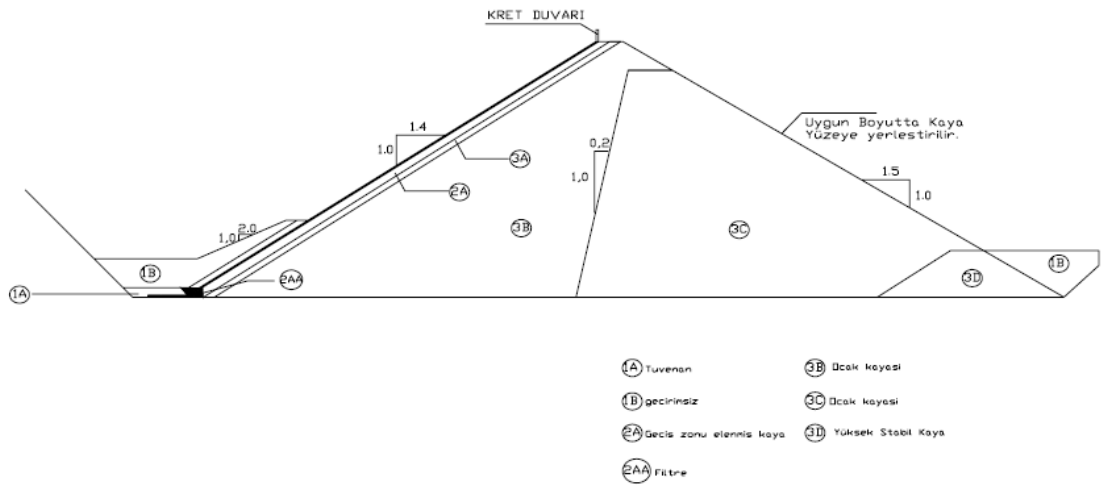
A bölgesi, vinç ile yerleştirilmiş büyük kaya

B bölgesi, dökülmüş kaya dolgu

C bölgesi, önyüz beton kaplama

D bölgesi, perde enjeksiyonundan oluşmaktadır.

Günümüzde yapılan ön yüzü kaplı dolgu barajların tipik kesiti ise Şekil 2.13.'de verilmiştir.



Şekil 2.13. Günümüzde Uygulanan Önyüzü Kaplamalı Kaya Dolgu Zonları (Ayvaz, 2008)

Bu tip barajların dolgu elemanlarını ilk etapta incelediğimizde; zon 3C, baraj imalatında en geniş halde mansap bölümünde yerleştirilen kaya blok zonedir. Bu zondaki kaya bloklar iri, sıkıştırılmış, en iyi kalitedeki kaya bloklardan oluşur ve en yüksek stabilite sağlayan zondur. Zon 3B; zon 3C'den genellikle daha az kalitede kayalar bloklardan oluşmaktadır. Zon 3A: bu zonda kullanılan malzeme kaya bloklar iyi derecelenmiş, küçük kaya ve/veya çakıllardan oluşmaktadır. Bu zonun amacı önyüz döşemesine yataklama sağlamaktır. Ayrıca bu zon beton çatlaklarından dolayı oluşabilecek su kayıplarını önlenmesi ve drenajını sağlar. Zon 2A; zon 3A ile ön yüz kaplaması arasında olan bu tabaka; iyi derecelenmiş kum ve çakıldan oluşan önyüz kaplama altı zonedir. Bu zonun bir amacı da kaplamanın düz bir yüzeyde inşa edilmesi için yardımcı olmasını ve yüzey kaplamasının iyi çalışmasını sağlar.

Günümüzde uygulanan önyüzü kaplamalı kaya dolgu barajların zonlarını detaylı bir şekilde aşağıda verilmiştir.

- Zon 3C: Bu bölgenin dolgusunda kullanılacak kaya malzemesi iri ve iyi kalitede olmalıdır. Bu zonda geniş düzlüklü kaya parçaları, dolgu içinde geniş boşluklara sebep olduğundan kullanılmamalıdır. Bu zonda kullanılacak malzemeler iyi derecelenmiş olmalı ve büyüklükleri $0.233m^3$ ile $0.765m^3$ arasında, yaklaşık en büyük tane boyutu 1000mm, en büyük tabaka kalınlığı ise 1.50-2.00m arasında önerilmektedir. Ayrıca sıkıştırma esnasında boşlukları dolduracak kadar ince derecelenmeye sahip malzemeleri içerisinde ihtiva etmelidir.
- Zon 3B: Bu zon iyi şekilde derecelenmiş ve en fazla tane boyutu 600-800mm arasında olacak şekilde ve sıkıştırma işleminden sonra yüksek permeabilite sağlayacak malzemedan teşkil edilmelidir.

Zon 3B ve zon 3C genellikle memba tarafında ince tane ve mansap yönünde iri tane dağılımına sahip olmalıdır. Mansap tarafı düşük kotları için geniş ve sağlam kaya malzemeler seçilip zon 3C dolgusunda yerleştirilmelidir.

- Zon 3D: Depreme maruz kalması durumunda büyük kesme kuvvetlerini karşılamak için bu zonda kullanılan malzeme yüksek kesme dayanımı olan ve en stabil malzemedir seçilmelidir.
- Zon 3A: Bu zonda kullanılan malzeme iyi derecelenmiş ortalama 76mm boyutlarında ve en büyük tane boyutu 300 mm, içinde ihtiva ettiği kum %15 ile 45 arasında değişen oranda, 100 nolu elekten geçen malzeme yüzdesi %5 ile %15 arası ve 200 nolu elekten geçen malzeme en fazla %5 olacak şekilde seçilmelidir.

Zon 2A, kaplamanın yerleştirilmesi esnasında sökülmesine karşı dayanıklılık gösterir ve zon 3A'nın erozyonunu engeller. Kaplama altı zonu (zon 2A) yüzey ekipmanları ve kaplama çalışmaları yapan işçiler için iyi bir çalışma imkânı sağlamalı ve yüzey kaplamasının bir feyezana maruz kalması esnasında erozyona karşı direnç göstermelidir.

Zon 2A için günümüzde kullanılan malzeme için temel gereksinim, dane dağılımının iyi yapıldığı ve düşük permeabilite (az geçirimsizlik) sağlayacak oranda ince malzeme ihtiva edecek karışımlardır. Buna göre danesel birleşimin %35- %55 arasında 4 nolu elekten daha ince, karışımın ortalama %30'u kum boyutunda ve 200 nolu elekten geçen malzeme oranının ise %5 ile %15 arasında olmalıdır. Ayrıca yukarıda tarif edilen kriterlere göre hazırlanan kaplama altı zonu (Zon 2A), çok yüksek hidrolik eğim altında bile kendi stabilitesini korumalı ve arkasındaki kaya dolgu ile uyumlu halde olmalıdır.

Kaplama altı zon (Zon 2A) malzemesinde kum içeriğinin %40 olduğu durumlarda malzemenin düşük kayma dayanımı verdiği kabul edilmektedir. Bu sebeple karışımın içerisindeki kum oranının %30 olması tavsiye edilmektedir. Kırılmış ya da alüvyonlu kumlu çakıllarda kayma dayanımının yeterli olduğu, yapılan üç eksenli basınç deneylerinde görülmüştür (Cooke ve Sherard, 1985).

Zon 2AA; topuk plağı ile kaplama zonu (Zon 2A) arasında en büyük tane boyutu 20mm ve 200 nolu elekten geçen malzeme oranı %5'i geçmeyecek şekilde kullanılmaktadır. Bu zon, topuk döşemesi ile önyüz kaplama arasında bulunan çevre derzi arkasında ve meydana gelebilecek sızmaların Zon 2A'da erozyona mahal vermeden drenaj edilmesini sağlamak amacıyla yerleştirilir.

Baraj aksı; genelde düz olmakla birlikte baraj yeri geoteknik özelliklerine göre eğri (mamba yüzü dışı kavisli) şeklinde olabilir. Düz şekilli akslar gövde dolgusu imalatını kolaylaştırarak barajın toplam maliyetini düşürebilir ancak eğri akslar barajın dolgu esnasında sıkışmasına müsaade eder. İyi bir temel ve yamaçlara oturan barajlar için düz akslar önerilir.

Önyüzü beton kaplı kaya dolgu barajların imalatlarında en önem verilen ve en yüksek sıkışma modülünün elde edilmesi gereken kaplama altı zonedur (Zon 2A). Kaplama altı zonu (Zon 2A) düzgün bir yüzey oluşturacak şekilde yerleştirilmesi önemlidir. Düzgün yüzey oluşması durumunda üzerinde yapılacak kaplama miktarı azalmış olur ve önyüz kaplaması için üniform bir yüzey oluşturulur. Ayrıca baraj maliyetini de bir miktar azaltmış olur.

Barajlarda kullanılan dolgu malzemesinin mühendislik karakteristikleri, barajın oturduğu temel zeminin şartları ve inşaat hızı baraj dolgusuna etkiyen önemli parametrelerdir. Baraj kaya dolgu gövdesinin kret kotuna kadar tamamlanmasından sonra oturmaların tamamlanıp baraj için bir risk oluşturmayacağı görüldükten sonra beton plak imalatına geçilmelidir. Bu süre yaklaşık 6-12 ay olarak değişmektedir.

Baraj gövdesine yerleştirilen zemin deplasman ölçerlerinin periyodik okumalar sonucunda oturmanın tamamen tamamlandığı ve bu tamamlanmanın ardından geçen aylarda bir değişiklik gözlenmediğinin görülmesi sonucunda, beton döküm işlemlerine başlanabilir.

Kaplama altı zon (Zon 2A) yüzeyinin yamaçlarla kesim noktasının, yamaçlardan gelen sular ile oyulmasını önlemek için bu kısımda kretten nehir yatağına kadar inen beton

kaplamalı dren sistemi yapılarak sular gövdeden uzaklaştırılmalıdır. Her ne kadar kaplama altı zonu yarı geçirimli yapıda ve yüzeyine düşen yağmur suları ile oyulmasa da donatı yerleştirilmesi, ano kalıplarının yapılması ve beton dökümü işlemleri, bu yüzeyde gevşemelere ve bozulmalara yol açmaktadır. Bu bozulmaları engellemek için; bazı uygulamalar yapılmaktadır. Bunlardan biri kaplama altı zonu (Zon 2A) şev yüzeyine 2-4 kg/m² asfalt emülsiyon uygulaması ve üzerine püskürtme beton makinesi ile ince kum püskürtülmektedir. Bir başka uygulama ise kaplama altı zonu yüzeyine 5-7,5 cm kalınlığında donatılı veya donatısız püskürtme betonu dökülmektedir. Beton kaplama işlemi esnasında kaplama altı zonu yüzeyinde meydana gelen bozulmalara karşı püskürtme betonu uygulaması, asfalt emülsiyon uygulamasına nazaran daha etkin bir koruma sağlamaktadır (DSİ, 2007).

Kaya dolgu yapımında gösterilen özene rağmen baraj gövdesinin, yüksekliğinin %1.50 ile 2.00'si arasında oturması beklenir. Genelde gövde dolgusunda gerçekleşen oturmaların %90'ı inşaat esnasında gerçekleşir. Geri kalan %10'luk kısım ise inşaat tamamlandıktan 6 ile 1 yıl sonra oluşmaktadır (DSİ, 2007).

Gövdenin zaman içinde oturması; inşaat sonu halinde önyüz şevinin krete yakın bölümlerinde püskürtme betonu altında oluşan boşluk nedeni ile çökme, talvege yakın bölümlerinde ise kabarmalara yol açarak püskürtme betonunda çatlaklara ve parçalanmalara yol açar.

Kaplama betonu döküm işlemlerinden önce, kabaran ve çatlayan püskürtme betonu kısımları tıraşlanıp, altında boşluk oluşan beton kısımlar kırılıp boşluk malzeme ile doldurulup sıkıştırılarak önyüz şevi üniform haline getirilecektir. Ayrıca püskürtme betonda uygun aralıklarla derz oluşturulması, oturmalar esnasında meydana gelecek kabarmaların süreklilik arz etmesine mâni olacaktır.

BÖLÜM 3. BARAJLARDA SAYISAL ANALİZLER

Bu bölümde daha önce barajlarda sayısal analizler yapılarak oluşturulan makale ve tezler incelenmiş ve aşağıda özetlenmiştir.

Uddin (1999), ÖYBKKDB'nın depremlere karşı kullanılabilirliğini sürdürülebilmesi için geliştirilen dinamik analiz yöntemlerini göstermiştir. Çalışmada, sonlu elemanlar yöntemiyle kullanılan parametreler değiştirilerek barajların ön yüzünden kullanılan beton kaplamanın kalınlığını hesaplamak ayrıca baraj kret ve gövdesi boyunca gerilmelerini ve sismik davranışını bulmak amacıyla yöntemlerini göstermiştir.

Ahmadi vd. (2001), Pik zemin ivmesi yüksek olan deprem hareketlerini kullanarak beton kemer barajların non-lineer analizi yapmışlardır. Bu analizle beton kemer barajların yapılmasında kullanılan parametrelerin sismik tepkiye karşı kontrolü sağlanmış ve daha güvenli baraj yapımı adına sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmada depremin etkisiyle oluşan sismik hareketlere karşı hassas çözümler sunulmuştur.

Unutmaz ve Çetin (2004) yapmış oldu çalışmada toprak dolgu barajların gövdelerinde ve temel zemininde statik ve deprem yükleri etkisiyle oluşan tesirlerin belirlenmesinde kullanılan mevcut analiz yöntemleri tartışmışlardır. Çalışmada örnek olarak kullanılan bir baraj kesiti üzerinde, yarı-statik ve iki boyutlu sonlu elemanlar alt yapılı sismik tepki analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen barajda oluşan ivme ve yatay yer değiştirme değerleri ile Makdisi ve Seed tarafından önerilen yarı-empirik bağıntılarından elde edilen tahminlerle karşılaştırmıştır.

Yu vd. (2005), 3 boyutlu sonlu elemanlar programıyla barajın geometrisini malzeme parametrelerini ve bölgenin topoğrafyasını da göz önüne alarak dolgu barajların

stabilite analizini yapmışlardır. Çalışma kapsamında barajlarla ilgili birkaç indeksin 2 ve 3 boyutlu analize sağladığı yararları göstermiştir.

Ayvaz (2008) yaptığı bu çalışmada ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj tipi için temel tasarım esaslarına değinerek, edinilen deneyimleri tartışmakta ve ülkemizdeki Dim barajı için yapılan uygulamalar değerlendirmektedir. Bu çalışma için Dim barajının sonlu elemanlar yöntemi ile modelleri oluşturmuş ve inşaat aşaması için deformasyonlar ve gerilmeler hesaplamıştır. Baraj dolgusunun inşası sırasında elde edilen ölçüm sonuçları dikkate alınarak, ülkemizdeki bir baraj için deformasyon ve gerilme esasında mukayeseli bir analiz gerçekleştirmiştir.

Keskin vd. (2009), yapmış oldukları çalışmada, ÖYBKKDB olan Dim barajının deprem yükleri etkisi altında davranışı incelemişlerdir. Dinamik analizlerde farklı deprem özelliklerinin etkilerini saptamak amacıyla Düzce deprem kayıtları kullanılmıştır. Analizler sonucunda barajda meydana gelen yer değiştirmeleri incelenmiştir.

Terzi (2011) tarafından yapılan çalışmada Damlapınar barajının dinamik analizi yapılarak ön yüzü beton kaplamalı barajlar için analiz prosedürü önerilmiştir. Yapılan sayısal analizler sonucunda, Damlapınar barajının pik yatay ivme 0.15g olan depreme karşı stabil kalacağını göstermiştir. Sayısal analiz sonuçları ayrıca, barajın bayındırlık ve iskân bakanlığı tarafından belirlenen güvenlik sınırları dâhilinde olacağını göstermiştir.

Akbaş ve Sak (2012) yaptıkları çalışmada kil çekirdekli kaya dolgu olarak tasarlanan Akköprü Barajı'nın inşaat ile su tutma safhasında barajda meydana gelebilecek deformasyon davranışlarını incelemişlerdir. Çalışma kapsamında düzlem şekil değiştirme prensibi kullanılarak iki boyutlu sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirmişlerdir. İnşaat sonrasına ait hesaplanan ve ölçülen deformasyonlar, büyüklük, zamanla değişim ve baraj gövdesindeki konumları itibarı ile uyumlu olduğunu belirtmiştir. Ayrıca analizler sonucunda oluşan en büyük oturma, baraj eksen derinliğinin yaklaşık yarısında ortaya çıktığını göstermişlerdir.

Guo (1997), dikdörtgen kanyonda inşa edilen ÖYBKKD barajın yanal davranışını belirlemek amacıyla kapalı formda analitik bir çözüm geliştirmiştir. Baraj, kayma ve eğilme şeklinde deforme olabilen üç boyutlu lineer-histerik elastik cisim olarak idealize edilirken, kanyonun rijit olduğu kabul edilmiştir. Çalışmada, serbest ve taban kaynaklı titreşimler değişik kanyon geometrileri için dikkate alınmıştır. Kanyon genişliğinin ve baraj eğiminin davranış üzerindeki etkileri için parametrik bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Kong ve Liu (2002), kaya dolgunun çökmesini incelemek için bu tip problemlerin çözümünde etkili bir araç olan süreksiz deformasyon analizini kullanmıştır. Bu yöntemle homojen kaya dolgu ve ÖYBKKD baraj modellenmiş, davranış ve çökme işleminin karakteristikleri sunulmuştur. Sayısal analizlerden elde edilen sonuçların dinamik deneylerden elde edilen değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür.

Özkuzukıran (2005), Türkiye'nin ilk ÖYBKKD barajı olan Kürtün Barajı'nın oturma davranışını araştırmıştır. İnşa aşamasında ve rezervuarın dolması esnasında toplam gerilme ve yerdeğiştirmeleri belirlemek için iki boyutlu, düzlem şekildeğiştirme sonlu eleman analizleri gerçekleştirmiştir. Kaya dolgu malzemesinin lineer olmayan ve gerilmeye bağlı davranışını temsil etmek için pekleşen zemin modeli kullanmıştır. Hesaplanan gerilmeler ve oturmalar gözlemlenmiş değerlerle mukayese edilmiş ve inşa safhaları ile uygun sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Esmaili (2005), ÖYBKKD barajların iki ve üç boyutlu sismik davranışı ile ilgili bir araştırma sunmuştur. Çalışmada, ANSYS programı ile statik ve dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kaya dolgu malzemesi için elastik ve elasto-plastik malzeme modelleri tercih edilmiştir. Ayrıca, baraj gövdesinin yapım safhalarının etkileri de yapılan çözümlerde dikkate alınmıştır. Maksimum yatay ivmeler-yerdeğiştirmeler, baraj gövdesinin farklı bölgelerinin maksimum kayma gerilmeleri-şekildeğiştirmeleri ve beton plağın asal gerilmeleri iki ve üç boyutlu durumlarda karşılaştırılmıştır.

Wang vd. (2006), ÖYBKKD bir barajın en büyük kesiti için iki boyutlu sonlu eleman analizlerini 6.5 büyüklüğündeki bir depremi dikkate alarak gerçekleştirmiştir. Barajın menba ve mansap şevlerindeki potansiyel kayma yüzeyleri için güvenlik faktörlerini belirlemek amacıyla, şev stabilite analizleri yapılmıştır. Sonlu eleman çözümlerinde eşdeğer lineer yöntem ve hipoplastik yöntem kullanılmış olup, elde edilen sayısal sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır.

Xing vd. (2006), zayıf kayalarla inşa edilen ÖYBKKD barajlarla ilgili bir çalışma gerçekleştirmiştir. Barajların şev stabilitesi ve oturmalarıyla ilgili sayısal çözümler gerçekleştirilmiş ve sonuçlar arazi ölçüleriyle kıyaslanmıştır. Sayısal analizler sonucunda barajın belirli kesitlerinde elde edilen oturma, çökme, en büyük asal çekme ve basınç gerilmeleri verilmiştir.

Bayraktar vd. (2009), ön yükü beton kaplı kaya dolgu barajların yakın ve uzak fay etkileri altındaki lineer olmayan davranışlarını incelemiştir. İki boyutlu sonlu eleman çözümlerinde hidrodinamik basınç etkisi Lagrange yaklaşımına dayalı sıvı sonlu elemanlarla dikkate alınmıştır. Barajın malzeme bakımından lineer olmayan davranışı Drucker-Prager modeliyle tanımlanmıştır. Beton plak ve kaya dolgu birleşiminde kaymaya izin veren iki boyutlu arayüzey elemanlar kullanılmıştır. Zaman tanım alanında gerçekleştirilen çalışma sonucunda yakın fay etkisine maruz baraj-zemin-rezervuar sisteminde gerilme ve yerdeğiştirmeler bakımından daha elverişsiz durumlar olduğu görülmüştür.

BÖLÜM 4. SAKARYA AKÇAY BARAJI

Tez kapsamında analizi yapılan Sakarya-Akçay Barajı ile ilgili yerinde yapılan arazi ve laboratuvar deneyler, bulgular ve baraj analizler için kullanılan parametreler Sakarya Üniversitesi ve İstanbul Kültür Üniversitesi tarafından hazırlanan “Akçay Barajı Jeolojik-Geoteknik Raporu”ndan alınmıştır.

4.1. Baraj Özellikleri

Akçay baraj yeri, Sakarya iline bağlı Pamukova ilçesine 21 km mesafede Eskiayla Köyünün 6 km kuzey doğusunda yer almaktadır (Şekil 4.1.). Akçay barajı içmesuyu amaçlı olarak yapılmıştır.



Şekil 4.1. Proje alanı ve Yer Bulduru Haritası

Proje kapsamında baraj yapısı içme suyu temini için tasarlanmış olup ön yüzü beton kaplı kaya dolgu barajı olarak projelendirilmiştir. İnşası yapılan barajın bilgileri aşağıda verilmiştir.

- Proje karakteristikleri
Amacı: İçme suyu temini
Drenaj alanı: 20.5 km²

- Baraj gölü
En düşük işletme kotu: 895.0m
Min. su kotu: 895.0 m
Normal su kotu: 930.0 m
Max. su kotu: 930.73 m
Min. su seviyesinde göl alanı: 0.16 km²
Normal su seviyesinde göl alanı: 0.81 km²

- Baraj
Tipi: Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj
Talveg kotu: 865.0 m
Kret kotu: 933.0 m
Talvegden yüksekliği: 68.0 m
Temelden yüksekliği: 75.0 m
Kret uzunluğu: 226.0 m
Kret genişliği: 10.0 m

- Memba batardosu
Tipi: Beton ağırlık
Talveg kotu: 868.00 m
Talvegden yüksekliği: 6.00 m

- Mansap batardosu
Tipi: Kil çekirdekli kaya dolgu
Talveg kotu: 862.70 m
Talvegden yüksekliği: 4.30 m

- Dolusavak
Tipi: Yandan alıslı, kontrolsüz
Yeri: Sağ sahil
Kret kotu: 930.00 m
Kret uzunluğu: 40.00 m

Yaklaşım kanalı kotu: 927.0 m
Boşaltım kanalı başlangıç kotu: 926.05 m
Boşaltım kanalı uzunluğu: 222.4 m
Boşaltım kanalı genişliği: 5.0 m
Enerji kırıcı havuz boyu: 20.0 m

- Derivasyon

Tipi: Tünel

Kesiti: Atnalı

Yeri: Sağ Sahil

Eğimi: 0.015

Tünel çapı ve uzunluğu: 3.0 m – 295.0 m

Tünel giriş kotu: 868.00 m

Tünel çıkış kotu: 863.65 m

- Dipsavak

Dipsavak su alma tipi: Standart çan ağzı

Dipsavak su alma kotu: 895.0 m

Dipsavak iletim borusu cinsi: Çelik cebri boru

İletim borusu boyu: 200.0 m

İletim borusu çapı: 1.0 m

Enerji kırıcı havuz tipi: Dolusavak düşü havuzuna bağlanıyor

4.2. Mühendislik Jeolojisi ve Geoteknik Mühendisliği Çalışmaları

4.2.1. Temel araştırma ve sondajlar

Aks yeri ve diğer mühendislik yapı yerlerinde bulunan jeolojik birimlerin belirlenmesi, birimlerin yatay ve düşey yöndeki değişimlerinin tespit edilmesi, temel kayacı olacak birimlerin geçirimsizlik, taşıma gücü ve oturma özelliklerinin, temel kazı derinliklerinin, ayrışma ve alterasyon derinliğinin belirlenmesi, yerinde deneyler

yapılması ve örnekler alınması amacıyla baraj aks yerinde göl alanında ve kaya ocağında toplam 13 adet, 780 m derinliğinde temel sondaj kuyusu açılmıştır.

Projenin planlama safhasında 2010 yılında, baraj aksında, göl alanında, santral yerinde, arıtma tesis yerinde toplam 7 adet, 180 m derinlikte temel sondaj kuyusu açılmıştır. Planlama safhasında baraj aks yerinde 2 adet 40'ar metre, memba ve mansap batardolarında (aynı zamanda derivasyon tüneli giriş ve çıkışını temsil eden) 2 adet 20'şer metre ve göl alanında 1 adet 20 metre temel sondaj kuyusu açılmıştır.

Buna ek olarak 2011 yılında baraj aks yeri ve civarında toplam 5 adet, 100 m derinlikte temel sondaj kuyusu açılmıştır.

Temel sondaj kuyuları aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Akçay Barajı Plint topuğunda; toplam 260 m derinlikte, 5 adet temel sondaj kuyusu (YSK-1:60 m, YSK-2:50 m, YSK-3:40 m, YSK-4:50 m ve YSK-5:60 m) açılmıştır. Plint Plağının en üst noktalarına denk gelen YSK-1 ve YSK-5 aynı zamanda aks eksenine denk gelmektedir. Ayrıca aks ekseninde talvegte YSK-6 (40 m) no'lu kuyu açılmıştır.

Göl alanında 4 adet kuyuda (YGSK-1, YGSK-2, YGSK-3, YGSK-4) toplam 176 m derinliğinde temel sondaj kuyusu açılmıştır.

Dolusavak düşü havuzu bölgesinde, 20 m derinlikte, 1 adet temel sondaj kuyusu açılmıştır.

Kaya ocağında açılan sondajlarda; derinliği KSK-1 no'lu kuyuda 140 m, KSK-2 no'lu kuyuda 144 m olmak üzere 284 m sondaj kuyusu açılmıştır.

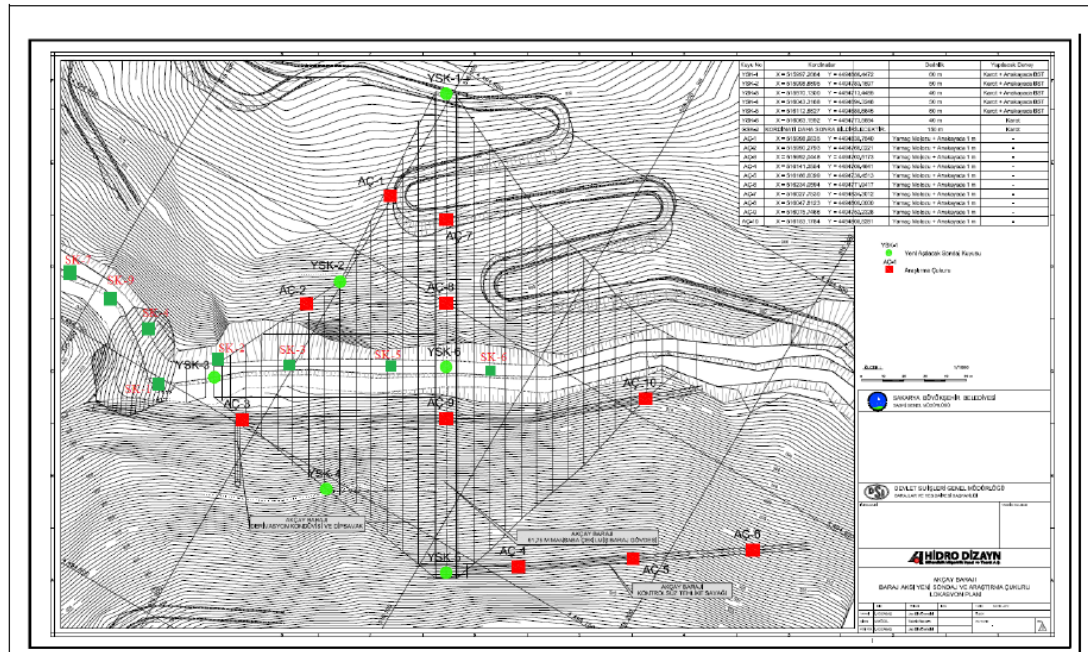
Açılan kuyulara ait bilgiler Tablo 4.1.'de, kuyuların lokasyonlarının genel görünümü ise Şekil 4.2.'de verilmiştir.

Baraj projesi kapsamında arazide yapılan temel sondaj kuyularına ait sondaj logları EK-1’de sunulmuştur.

Sondajlardan alınan örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır.

Tablo 4.1. Baraj Yeri, Göl Alanı, Dolusavak Yerinde Açılan Temel Sondaj Kuyularına Ait Bilgiler

Kuyu No	Sondaj Lokasyon	Kot (m)	Sondaj Derinliği (m)
YSK-1	Aks Yeri Sol Sahil Kret	934.03	60
YSK-2	Aks Teri Sol Sahil Yamaç	897.32	50
YSK-3	Talveg	867.92	40
YSK-4	Aks Yeri Sağ Sahil Yamaç	900.43	50
YSK-5	Aks Yeri Sağ Sahil Kret	931.82	60
YSK-6	Talveg	865.81	40
YDSK-1	Dolusavak Düşü Havuzu	866.80	20
YGSK-1	Göl Alanı	875.46	50
YGSK-2	Göl Alanı	901.86	30
YGSK-3	Göl Alanı	926.84	47
YGSK-4	Göl Alanı	936.25	49
KSK-1	Kaya Ocağı	1073.4	140
KSK-2	Kaya Ocağı	1087.9	144



Şekil 4.2. Akçay Baraj Gövdesi ve Yakın Civarında Açılan Araştırma Çukuru ve Temel Sondajların Yerlerini Gösterir Harita

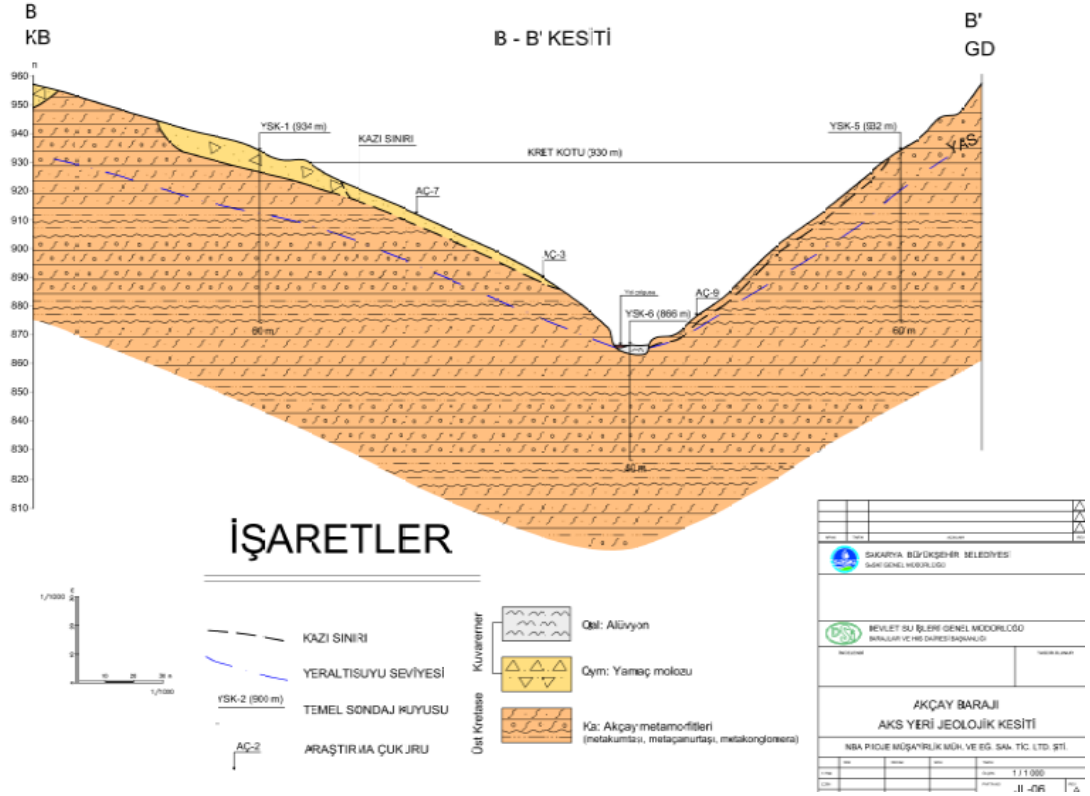
4.2.2. Araştırma çukuru ve yarmalar

Aks yerinde gerek gövde altında gerek plint plağı bölgesinde gerek diğer mühendislik yapı temellerinin yer aldığı bölgedeki litolojik yapıyı ortaya koymak amacıyla temel sondaj kuyularının yanı sıra 16 adet araştırma çukuru açılmıştır. Baraj yapılacağı bölgenin yakınında açılan araştırma çukurlarına ait loglar EK-2’de verilmiştir.

Araştırma çukurları açılırken; üstteki bitkisel toprak ya da yamaç molozunun kalınlığı, alterasyon zonunun derinliği ve kalınlığı, temel kayacın derinliği, yeraltısuyunun varlığı, varsa derinliği gibi konular öğrenilmeye çalışılmış, elde edilen bilgiler doğru bir şekilde analiz edilerek, temel olma yönünden inceleme alanı değerlendirilmiştir.

Açılan araştırma çukurlarından, temel sondajlardan ve arazi incelemeleri sonucunda, sol yamaçtaki bozuk ve altere zonların, sağ yamaca göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Sağ yamaçta bazı noktalarda temel kaya yüzeyde görülmekte, bazı noktalarda ise üstteki 0.50-1.50 m derinliğindeki bitkisel toprak kaldırıldıktan sonra ana kayaya girilmektedir. Sol sahilde ise yer yer yapılan 6.00m’lik araştırma çukurlarında ana kayaya ulaşamayan yerler olmuştur (örnek AÇ-16). Elde edilen bilgilere dayanılarak talvegde ve her iki yamaçta sıyırma kazı derinlikleri önerilmiştir. Kazı sınırlarını gösteren kesitler aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.3. Kazı Sınırı Kesiti

Talvegte açılan araştırma çukurundan elde edilen bilgilere göre, dere yatağındaki alüvyonun kalınlığının 2.30 m civarında olduğu, alterasyona uğramış kısımla birlikte 3.00 m derinlikten sonra sert ve sağlam ana kayaya girileceği ön görülmektedir. Araştırma çukurlarından yararlanarak özellikle sol sahilde ana kaya ve yamaç molozu olarak adlandırılan kil ağırlıklı birimin kondağı belirlenmeye çalışılmıştır.

Gövde sol sahil mansap topuğunda baraj gövdesinin etek kısmının küçük bir kesiminde yer alan heyelanlı alanda açılan araştırma çukurunda (AÇ-13) su geliş gözlenmiş olup, 5 m' ye kadar killeşmiş altere kayaç varlığı belirlenmiştir. Baraj inşaatı sırasında bu bölgedeki bozuk ve altere kısım tamamen kaldırıldıktan sonra gövde mansap eteğinin sağlam ana kaya üzerine oturması sağlanmalıdır.

4.2.3. Sondaj kuyularının değerlendirilmesi

Sondaj loglarından dere boyunca yüzeydeki moloz ve ayrışma bölgesi kalınlığının 6 m'yi geçmediği, bunun altında anakaya olan metakumtaşı (mKMT), metaçamurtaşı

(mÇMT), metaçakıltaşı ve serpantinlerin kesildiği görülmektedir. Bu bulgularla baraj temelinin tümünün kaya olduğu belirlenmiştir. Tablo 4.2.'de anakaya derinlikleri verilmiştir. Ayrışma derinliğinin daha derin olduğu kısıtlı yerlerde zeminin kazılarak kaldırılması ya da taşlaştırılması gerekecektir.

Tablo 4.2. Anakaya Girişleri ve Sondaj Boyları

	SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6	SK7	SK8	SK9	GSK1
Örtü	2.00	6.50	7.50	6.30	-	7.00	1.00	2.00	2.00	2.50
Boy	40.00	40.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00

	YSK1	YSK2	YSK3	YSK4	YSK5	YSK6	YDSK	YGKS1	YGKS2	YGKS3	YGKS4
Kot	930	900	868	898	980	860	879	879	980	960	960
Örtü	0	0	4	3	0	3	12	4	8	2	13.5
Boy	60	50	40	50	60	40	20	50	30	47	49

4.2.4. Kayanın fiziksel/mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Yapılmış sondajlardan alınan karotlar üzerinde gerçekleştirilmiş laboratuvar deneyleri Tablo 4.3.'de özetlenmektedir. ASTM standartlarına uygun olarak birim hacim ağırlık ρ_n , tek ve üç eksenli basma dayanımı σ_c , kayma direnci parametreleri S_i , ϕ_i , elastisite modülü E ve Poisson oranı ν , süreksizliklerde de S_j , ϕ_j ölçümü ile gerçekleştirilen deney programında kayanın dayanımının ISRM'ye göre orta-düşük düzeyde kaldığı görülmektedir. Ancak, baraj yüksekliği göz önüne alındığında kaya ortamının göreve uygun olduğu (competent) görülmüştür.

Eldeki bilgiler kuyuya göre değil de derinliğe göre sıralandığında yüzeyden 15-18 m arasında dayanımın daha düşük olduğu bir bölge bulunduğu izlenimi edinilmektedir (Tablo 4.4.).

Aks yeri ve Plint topuğu bölgelerinde yapılan temel araştırma sondajı, karot numunelerde elde edilen Tek eksenli basınç dayanımı sonuçları, arazide ve karotlarda izlenen kaya kütlelerinin eklem ve çatlaklı yapısının durumuna bağlı olarak RockLab bilgisayar programında değerlendirilmiş; açılan temel araştırma sondaj kuyularına

yakın bölgede yer alan kayaçların; kohezyon, içsel sürtünme açısı, Jeolojik dayanım indeksi (GSI), deformasyon modülü vb özellikleri belirlenmiştir.

Tanımlanan kaya türleri içinde şistoz bölgeler ve serpantinler süreksizlik yüzeylerinin düşük kayma direnci nedeni ile dikkat çekmektedir. Nitekim, alanda bulunabilen birkaç küçük hacimli kaymanın bu kayanın ayrışma ürünleri içinde olduğu gözlemlenmiştir. Şistoz çatlak üzerinde yapılan kesme deneyinde parametreler

$$c'= 8 \text{ kPa}, \phi'= 20^\circ$$

gibi düşükçe düzeyde ölçüldüğünden, bu kayada yapılacak kazılarda şevlerin $\beta=25^\circ$ eğimi (2:1) geçmemesi gerekecektir. Diğer kaya türlerinde eğimin 1:1 tutulması mümkündür. Tablo 4.5.'den diğer kaya türlerinde kayma direncinin yeterli olacağı görülmektedir. Üç eksenli deneyde ölçülen $S_i=9.4 \text{ MPa}$; $\phi_i = 43^\circ$ bunun kanıtı olarak alınabilir.

2010 yılında açılan temel sondaj kuyularına ait aks yerine ait temel kayası özellikleri ise Tablo 4.6.'da sunulmuştur.

Kaya süreksizliklerinin kayma direnci Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Baraj gövdesi bölgesinde kaya özellikleri (2013 Son Rapor).

SK	Z (m)	Kaya	ρ_n	σ_c (MPa)	E_s (GPa)	ν	$c_{eşd}$ (MPa)	$\phi_{eşd}$ (°)
YSK 1	14.00	mKNG	24.66	5.9				
YSK 1	18.50	mKNG	24.66	4.50				
YSK 1	59.00	mKNG	25.89	15.4	5.3		0.92	36
YSK 1		mKNG	25.52	29.0				
YSK 1	44.50	mKMT	29.81	16.0	12.2			
YSK 2	17.00	mKNG	26.42	12.1				
YSK 2	46.00	mKNG	27,39	17.5	41			
YSK 2	49.00	mKNG	26.17	35.3	44		1.38	26
YSK 3	22.50	mÇMT	26.99	23.7	29.0		0.74	23

Tablo 4.3. (Devamı)

YSK 3	29.00	mKNG					
YSK 3	37.00	mKMT	26.72	13.5	13.5	0.24	
YSK 4	8.50	mKNG	26.33	25.76			1.37 32
YSK 4	31.50	mKNG	22.95	11.0	25.6		
YSK 4	35.50	mKNG		41.0	23	0.31	
YSK 4	36.00	mKMT	26.95	6.97			
YSK 5	18.50	mKNG	25.54	18.0	20.8		1.06 32
YSK 5	23.50	mKNG	26.10	22.3			
YSK 5	28.00	mKMT	26.46	25.3			
YSK 5	29.50	mKMT	27.14	20.6			
YSK 5	46.50	mKMT	26.50	10.3			
YSK 6	13.50	mKMT	26.18	26.5	39.3		
YSK 6	36.50	mKNG	26.95	6.97			
YSK 6	27.50	mKNG	26.37	19.63			0.61 23
YGSK 3	45.00	FŞ	27.10	31.01			
YGSK 4	18.00		26.32	17.34			

Tablo 4.4. Kaya Özelliklerinin Derinlikle Değişimi

Z (m)	SK	Kaya	ρ_n	σ_c (MPa)	Es (GPa)	ν
3.50	5	spt	26.6	25.0	73	0.25
7.00	9	mçmt	26.57	26.0	96	0.18
7.70	4	mkong	27.1	22.6		
8.00	6	mkmt	27.13	35.1		
8.15	9		26.15	51.4		
8.20	9	mkong	25.87	36.0	39	0.19
11.50	2	mkong	27.9	56.0		
13.00	6	mkong	22.98	63.1		
15.70	1	mkmt	27.2	8.96		
17.00	7	mçmt	25.38	12.4	48	0.13
18.00	6	mçmt	24.33	103.6		
18.00	9	mkong	25.56	24.3		
19.35	4		27.6	33.6		
19.40	3	mçmt	26.8	17.5		
21.20	1	mçmt	27.3	30.9		
25.60	2	mkmt	27.4	30.8		
26.50	1	mçmt	27.2	6.27		
30.70	2	mçmt	27.1	21.5		
32.30	2	spt	26.8	80.1		

Tablo 4.5. Baraj Temel Kayasının Özellikleri

SK	Z (m)	Kaya	ρ_n	σ_c (MPa)	E_s (GPa)	ν	S_i (MPa)	ϕ
1	15.70	mkmt	27.2	8.96				
1	21.20	mçmt	27.3	30.9				
1	26.50	mçmt	27.2	6.27				
2	11.50	mkong	27.9	56.0				
2	25.60	mkmt	27.4	30.8				
2	30.70	mçmt	27.1	21.5				
2	32.30	spt	26.8	80.1				
3	19.40	mçmt	26.8	17.5				
4	7.70	mkong	27.1	22.6				
4	19.35		27.6	33.6				
5	3.50	spt	26.6	25.0	73	0.25		
6	8.00	mkmt	27.13	35.1			9.4	43
6	13.00	mkong	22.98	63.1				
6	18.00	mçmt	24.33	103.6				
7	17.00	mçmt	25.38	12.4	48	0.13		
9	7.00	mçmt	26.57	26.0	96	0.18		
9	8.20	mkong	25.87	36.0	39	0.19		
9	8.15		26.15	51.4				
9	18.00	mkong	25.56	24.3				

Tablo 4.6. Baraj Temel Kayasının Özellikleri

Kuyu	Derinlik (m)	ρ_n (kN/m ³)	RQD (%)	σ_c (MPa)	$c_{eşd}$ (MPa)	$\phi_{eşd}$ (°)
ESK1	15.70	27.2	22	8.8		
ESK1	21.20	27.3	32	30.9	2.2	39
ESK1	26.50	27.2	17	6.2		
ESK2	11.50	27.9	10	56.0	3.7	38
ESK2	25.60	27.4	15	30.8		
ESK2	30.70	27.1	30	80.1		
ESK2	32.30	26.8	36	17.5		
ESK3	19.40	26.8	30	22.6	5.6	39
ESK4	7.70	27.1	22	33.6	1.2	39
ESK4	19.35	27.6	49	21.5	1.7	40

Tablo 4.7. Kaya Süreksizliklerinin Direnci

Sondaj Kuyusu	Derinlik (m)	Kaya	S_j (kPa)	ϕ_j (°)
YSK3	22.50	mKMT	598	36
YGSK 3	38.00	FŞ	0	46
YSK		S	0	22
RSK3	29.00		108	19
SK6	8.00		9.4	43

4.2.5. Kaya taşıma gücü

Günümüzde, kayma direncinin aşılması kriteri esas alınan bu yöntemde son limit durumlar (ULS: Ultimate Limit States) yöntemi denmektedir. Eurocode 7 her türlü temel hesabında ULS yanında deformasyonları öne çıkartan hizmet görevlilik limit durumları yönteminin kullanılmasını öngörmektedir: SLS (Serviceability Limit States).

Deprem bölgesinde bulunan, kaya üzerine inşaa edilecek ve kısıtlı yükseklikteki Akçay Barajında temel taşıma gücünün aşılması olanaksız denecek denli düşük olasılık taşımaktadır. Oysa, deprem durumunda belirecek ötelenmeler baraj güvenliği açısından risk yaratacak düzeylere varabilir. Bu nedenle güvenli taşıma gücü burada temel ortamının karakteristik tek eksenli basınç dayanımı

$$\sigma_c \sim 25 \text{ MPa}$$

ve

$$RQD=0$$

değerleri ile Kanada Temel Şartnamesi uyarınca aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\sigma_{em}=K_c \times \sigma_c = 0.1 \times 25000 = 2500 \text{ kPa}$$

4.2.6. Jeofizik çalışmalar

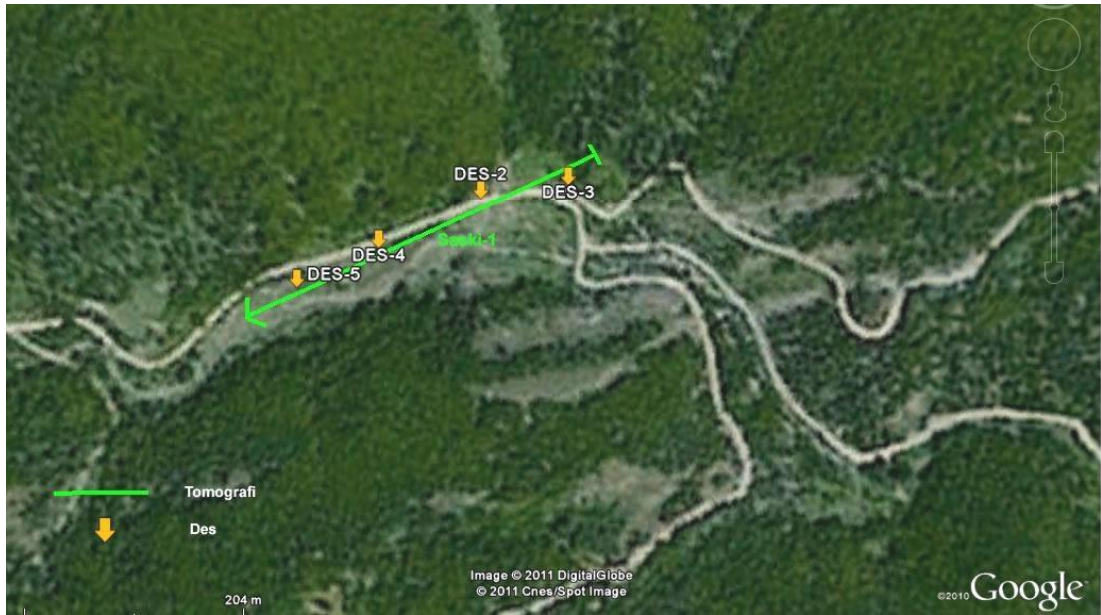
Sakarya İli Pamukova İlçesi Akçay Çayı üzerinde içme suyu amaçlı yapılacak olan baraj alanında jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Çalışmaların bir kısmı eksen ve tünel güzergahı üzerinde bir kısmı ise memba alanında yapılmıştır. Çalışmadaki amaç alandaki jeolojik birimlerin kalınlık, derinlik, geometrisi ve varsa yapısal farklılıkların belirlenmesi ile zemin dinamik parametrelerinin hesaplanması şeklindedir. Bu amaçla sismik kırılma (P-dalgası), S-dalga tayini (ReMi, MASW), düşey elektrik sondaj (DES) ve elektrik öz direnç tomografi çalışmaları yapılmıştır.

Alanda 7 serim sismik kırılma ölçüsü, 5 adet Düşey Elektrik Sondaj (DES) ve 2 profil Elektrik Özdirenç Tomografi (2D-Resistivity) ölçüsü alınmıştır. Sismik kırılma ölçülerinin değerlendirilmesi ile alana ait zemin dinamik parametreleri hesaplanmıştır.

Elektrik açma ölçümlerinden 4 adeti (DES-2, DES-3, DES-4 ve DES-5 ölçümleri ile elektrik özdirenç tomografi ölçümlerinden biri, SASKİ-1, memba alanı içinde diğerleri eksen (aks) ve tünel güzergahı üzerinde alınmıştır. Jeofizik çalışmaların konumları Şekil 4.4. ve Şekil 4.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Baraj Yeri Jeofizik Ölçümleri Konum Haritası



Şekil 4.5. Mema Bölgesi Yeri Jeofizik Ölçümleri Konum Haritası

- Baraj yeri bölgesi

Bu bölgede tünel girişine yakın bir konumda bir adet elektrik özdirenç açma (DES-1), yedi serim sismik kırılma ve bir profil elektrik tomografi ölçümü alınmıştır.

- a. Özdirenç açma değerlendirmesi: Değerlendirme sonucunda 6 katmanlı bir yapı elde edilmiştir. Özdirenç değerleri 80 ohmm ile 455 ohmm arasında değişmektedir. İlk 20 metrelik kesimde görülen farklı fiziksel özelliklere sahip katmanlanma, üstte sıkışmış yol malzemesi ile başlayıp farklı ayrışma seviyeleri ile farklı litolojilere (dolgu, metakumtaşı, metakiltaşı ve metakiltaşı ve metakonglomera) işaret etmektedir. Özellikle 20 metreden sonra özdirenç değerlerinin düşük olması ilgi çekicidir. 20 metreden sonraki düşük özdirenç değerleri ayrışma derecesinin yüksek oluşu, yeraltı suyuna doymuş oluşu veya çamurtaşı hakimiyetinden kaynaklanıyor olabilir. Bu durum kazı ve taşıma gücü açısından önemli olabilir.
- b. Elektrik özdirenç tomografi değerlendirmesi: Saski-2 profilinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen kesitler aşağıda verilmiştir. Kesitlerde özdirenç ölçeği 20-400 ohmm aralığında alınmıştır. Kesitin baş tarafında yaklaşık 25-30 m derinliğe, orta kesiminde yer yer 10-15 m derinlikte son taraflarında hemen hemen 50-60 metre derinliğe kadar kısmen düşük özdirençli kesim göze çarpmaktadır. Sismik kesite ve Saski-2 profiline bakıldığında bu kısım kayanın ileri derecede altere kesimine denk geldiği düşünülmektedir. Toplamda 50-60 metrelere varabilen alterasyon zonunun oluşu bu bölgede bir tünel planlandığı için geoteknik açıdan da irdelenmeli mümkünse tünel daha sağlam olan sağ yamaca alınmalıdır.
- c. Sismik kırılma değerlendirmesi: Baraj Yeri Bölgesindeki Sismik-5, Sismik-6 ve Sismik-7 ölçümleri beraber değerlendirilmiş ve bir kesit oluşturulmuştur. Ölçümlerin değerlendirmesi sonucu Sismik Vp ve Vs hızlarından elde edilen katman derinlikleri ile dinamik zemin parametreleri Tablo 4.8.'de verilmiştir.

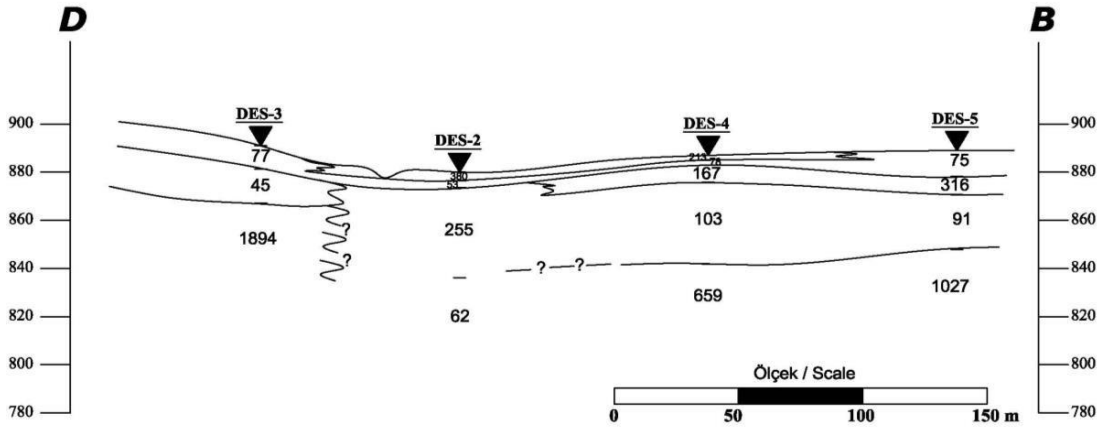
Tablo 4.8. Sismik Verilere İlişkin Dinamik Zemin Parametreleri

Serim	Seviye	Ort. Derinlik (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Bulk Modülü (MPa)	Kesme Modülü (MPa)	Young Modülü (MPa)	Poisson Oranı	Zemin Hakim Titreşim Per. (To)
Sismik 1	1	3.6	919	326	1.707	1176	178	508	0.43	0.17
	2	10.2	2512	718	2.195	12098	1109	3229	0.46	
	3		3393	1698	2.366	17787	6688	17829	0.33	
Sismik 2	1	2.5	1023	314	1.753	1573	169	491	0.45	0.16
	2	9.5	2629	742	2.220	13444	1198	3491	0.46	
	3		3946	1894	2.457	25986	8641	23336	0.35	
Sismik 3	1	1.70	817	335	1.657	841	182	510	0.40	0.15
	2	8.70	2386	715	2.167	10645	1086	3151	0.45	
	3		3758	1921	2.427	21897	8781	23237	0.32	
Sismik 4	1	2.00	1310	344	1.865	2849	216	633	0.46	0.15
	2	7.30	2109	714	2.101	7761	1050	3014	0.44	
	3		3743	1797	2.425	23069	7676	20730	0.35	
Sismik 5	1	2.60	1200	221	1.825	2459	87	259	0.48	0.22
	2	9.10	1597	538	1.960	4159	556	1597	0.44	
	3	21.60	2422	806	2.175	10660	1385	3983	0.44	
	4		3864	1793	2.444	25505	7703	20996	0.36	
Sismik 6	1	2.60	1200	322	1.825	2329	185	542	0.46	0.22
	2	9.70	1597	595	1.960	3993	680	1931	0.42	
	3	32.00	2422	882	2.175	10296	1659	4722	0.42	
	4		3864	1780	2.444	25653	7592	20731	0.37	
Sismik 7	1	4.30	1200	306	1.825	2353	167	491	0.47	0.22
	2	8.70	1597	565	1.960	4082	613	1752	0.43	
	3	24.20	2422	802	2.175	10679	1371	3945	0.44	
	4		3864	1843	2.444	24924	8139	22020	0.35	

- Memba bölgesi

Bu bölgede dört adet Elektrik Özdirenç Açma (DES-2, DES-3, DES-4 ve DES-5) ölçümleri ile bir serim elektrik özdirenç tomografi ölçümü alınmıştır.

- a. Özdirenç açma değerlendirilmesi: Bu alanda alınan dört adet ölçümün değerlendirilmesi sonucunda bir kesit hazırlanmıştır. Alınan ölçümlerin değerlendirmeleri ve çizilen kesitin yorumlanması Şekil 4.6.'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Çok Elektrotlu Veri Toplama Şeması

Kesite bakıldığında ilk 20-30 metre derinliklere kadar özdirenç değerleri 45 ile 380 ohmm aralığında değişmektedir. Bu farklı özdirenç değerlerine bağlı olarak 3-4 katman ortaya çıkmaktadır. Bunun kaynağı kısmen alüvyon içerisindeki değişimler, kısmen farklı jeolojik birim oluşu ve farklı derecede ayrışma olabilir. Bu derinliklerin altındaki katmanda kesit boyunca aynı özdirenç değerleri izlenmemektedir. DES-3 ölçüsü ile DES-4 ve DES-5 ölçüm değerleri kısmen birbiri ile uyumlu iken DES-2 ölçüm sonuçları oldukça farklılık göstermektedir. Dolayısıyla DES-2 ölçüsünün bulunduğu kesimde farklı bir fiziksel durum söz konusudur.

- b. Elektrik özdirenç tomografi değerlendirmesi: Bir profilde alınan ölçümler Wenner, Dipol-Dipol ve ikisi bir arada (Wenner+Dipol-Dipol) olmak üzere 3 ayrı teknikte veri toplanmış ve değerlendirilmiştir. SASKİ-1 profili değerlendirilmelerinin sunumunda özdirenç ölçeği 20-500 ohmm olarak kullanılmıştır. Kesite genel olarak bakıldığında yer yer 50-60 metreye kadar değişen 90-150 ohmm arasında bulunan özdirenç değerleri görülmektedir. Profilin 115 ile 155 metreleri arasında yaklaşık 50-60 metre derinliğe kadar devam eden 20-100 ohmm değerinde düşük özdirençli birim gözlenmektedir. Bu kesim kesit içerisinde bir farklılık ifade etmektedir.

4.3. Baraj Elemanları

4.3.1. Temel koşulları

Akçay baraj aks yerinde temel kayayı Akçay metamorfiteeri olarak adlandırılan birim teşkil etmektedir. Bu birim metakumtaşı(mkmt), metaçamurtaşı(mçmt) ve metakonglomeranın(mkng) ardalanasından oluşmaktadır. Gri, yeşilimsi gri, kahverengi, kırmızı renklerdeki metakumtaşı, metaçamurtaşı ve metaçakıltaşları içerisinde laminalanma ve derecelenme gibi birincil sedimanter yapılar yaygın olarak gözlenmektedir.

Sağ sahilde; genellikle Akçay metamorfiteerinin üzerinde 0.5-1.5 m kalınlığında bitkisel toprak ile alterasyona uğramış kayaçlar yer almaktadır. Bitkisel toprak ve altere olmuş kayaçların altında ise Akçay metamorfiteerine ait birimler bulunmaktadır. Bazı bölümlerde ise sıyırma kazısına ihtiyaç duyulmadan yüzeyde temel kaya olan Akçay metamorfiteeri görülmektedir. Sağ sahilde açılan araştırma çukurları dikkate alındığında ayrışma ve alterasyonun en fazla olduğu lokal bölge baraj gövdesinin mansap kısmında yer alan AÇ-6'nın yakın civarıdır (AÇ-6 araştırma çukurunda, 4.80 m kahverengi-gri renkli gevşek altere olmuş kayaç geçilmiş ve bu altere zon 4.80 m'den sonra da devam etmektedir). Bu bölge, gevşek yapıdadır ve yoğun killeşme vardır.

Sol sahilde; yüzeyde yer yer Akçay metamorfiteerine ait metakonglomera, metakumtaşı, metaçamurtaşı görülmemesine rağmen büyük bir ekseriyetle kil yoğunluklu yamaç molozu olarak adlandırılan birimler ile alterasyona uğramış kayaçlar gözlenmektedir. Açılan araştırma çukurlarında en derin yerde 6 m'lik yamaç molozu ve altere zon kalınlığı ölçülmüştür. Araştırma çukurları, temel sondajlar ve yol yarmalarının incelenmesi sonucunda ana kayanın üst kısmındaki yamaç molozu ve altere zonun kalınlığının en derin yerde 8.00 m'ye ulaştığı tahmin edilmektedir.

Akçay deresinin yatağında eğimin fazla olmasından dolayı çok yaygın ve kalın alüvyon birikimleri izlenmemiştir. Talvegte alüvyonun kalınlığını belirlemek

amacıyla açılan AÇ-11 numaralı araştırma çukurunda belirlenen alüvyon kalınlığı 2.30 m'dir (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Talvegte Alüvyon Kalınlığını Belirlemek için Açılan Araştırma Çukurunun Görünümü

4.3.2. Topuk plağı

Önyüz beton plağını temele birleştiren topuk plağı, uygun bir temel üzerine oturtulmuştur. Topuk plağı ankrajlarla temel zeminine bağlanmıştır. Ankrajlar, temel enjeksiyonundan yukarıya doğru yükselen alttan kaldırma basıncına dayanım göstermektedirler. Topuk plağı genişliği 5.0 ila 9.0 m arasında değişmektedir. Topuk plağının üzerindeki su yüksekliği arttıkça genişliği de arttırılmıştır. Krete yakın bölümlerde topuk plağı genişliği 5.0 m alınırken tabanda 9.0 m genişliğe ulaşmıştır. Tabanda ki genişlik $1/14H$ (H:Su yükü) esasına göre değerlendirilmiştir.

4.3.3. Baraj dolgusu

Çevrede yapılan yüzeysel incelemeler Küllüyurt ve Acıelma Tepe doğusunda açılan sondajlar ile teyit edilerek daha önce varlığı saptanmış olan “rekristalize kireçtaşı” kütlesinin gerekli dolgu gereci hacmini sağlayacağını gösterdiğinden farklı derinliklerden alınan değişik dokulu numuneler üzerinde gerekli laboratuvar deneyleri icra edilerek istenen kalitenin sağlanıp sağlanamayacağı öncelikle araştırılmıştır. Yapılan deneylerin sonucu aşağıda verilmiştir.

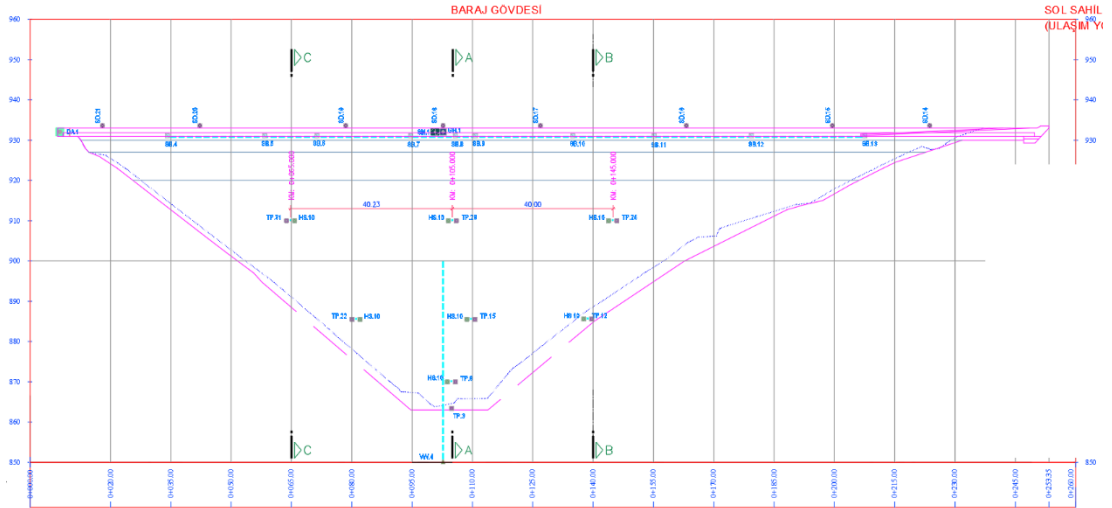
Tablo 4.9. Dolgu ve Beton İmalatında Kullanılacak Malzemenin Özellikleri

Özellik	Değeri	Beklenen
Karot Birim hacim ağırlık ρ_n (kN/m ³)	26.69-27.59	>26
Porozite n (%)		<10
Tek eksenli basma dayanımı σ_c (MPa)	70	>25
Kaya Ezilme direnci (MPa)	39-71	>30
Agrega Darbe değeri (AIV)	11	>10
Agrega Ezilme değeri (ACV)	20	<45
%10 İnceler için yük (kN)	206	100
Alkali Silika değeri (%)	< 0.1	<1
Aşınma direnci 500 devir (%)	28.6	25*
Don kaybı (NaSO ₄)	<1	5
Beton Alkali-Silis reaksiyonu (%)	<0.1	<2
Çözünen SiO ₂ (Metilen Mavisi)	22	<100
Dolgu kuru birim hacim ağırlığı (kN/m ³)	16	
Dolgu kayma direnci açısı ϕ (°)	43	>35

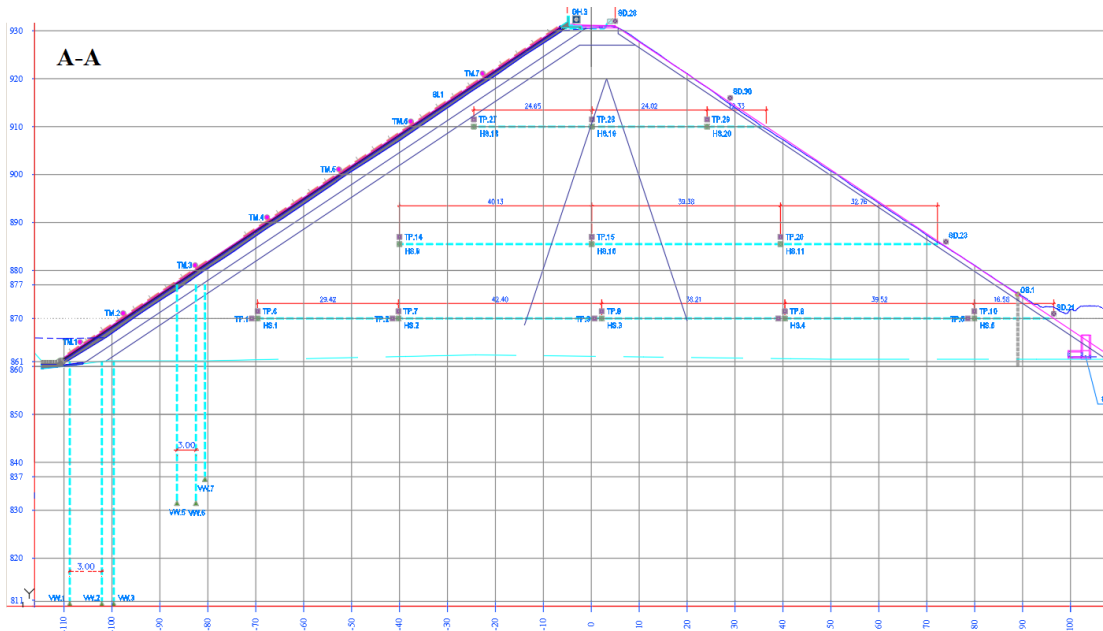
Deneyler sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde baraj dolgusu ve beton imalatı için uygun görülmüştür.

4.3.4. Baraj kesit detayı

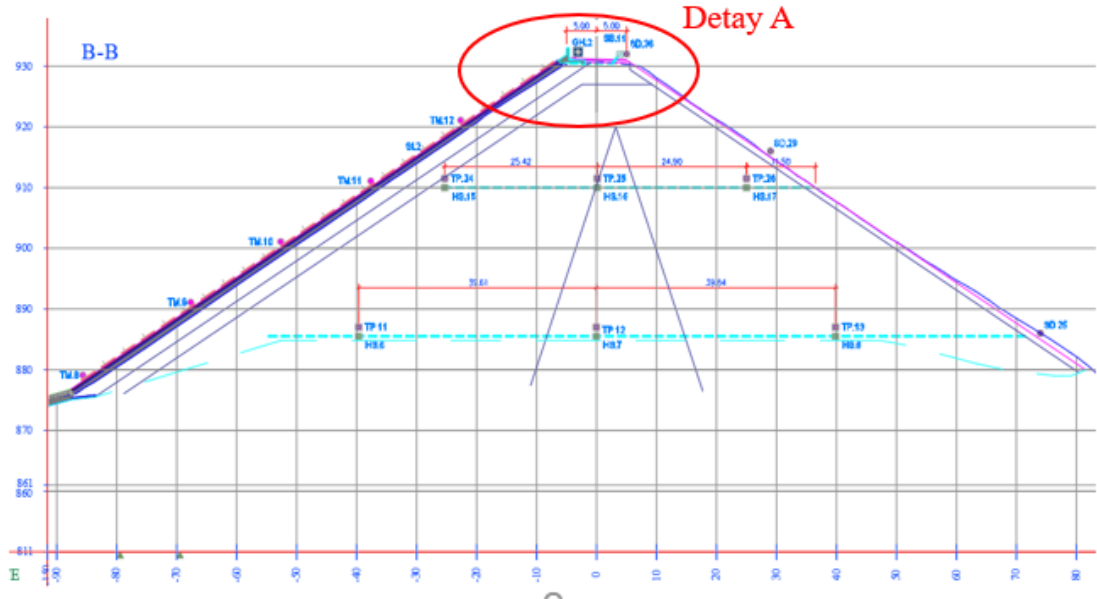
Baraj kesit detayı, barajın su tutma miktarına ve kullanılacak dolgu malzemesine göre belirlenmiştir. Bu kapsamda oluşturulan kesit ve detaylar aşağıda verilmiştir.



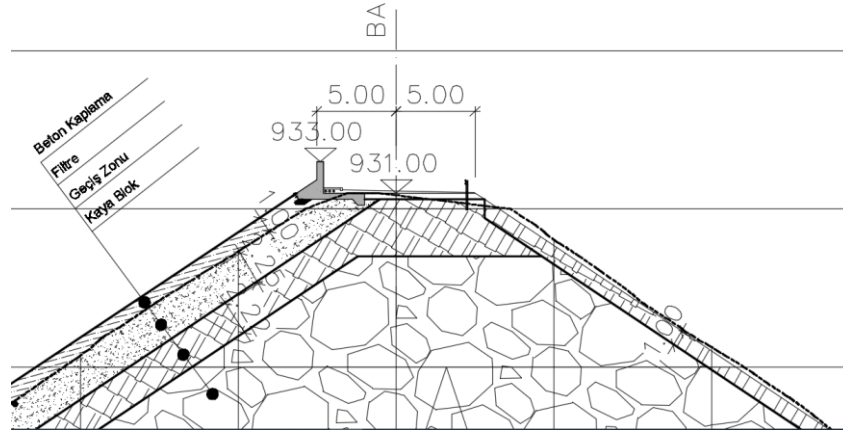
Şekil 4.8. Baraj Gövdesi Genel Görünümü



Şekil 4.9. A-A Kesiti



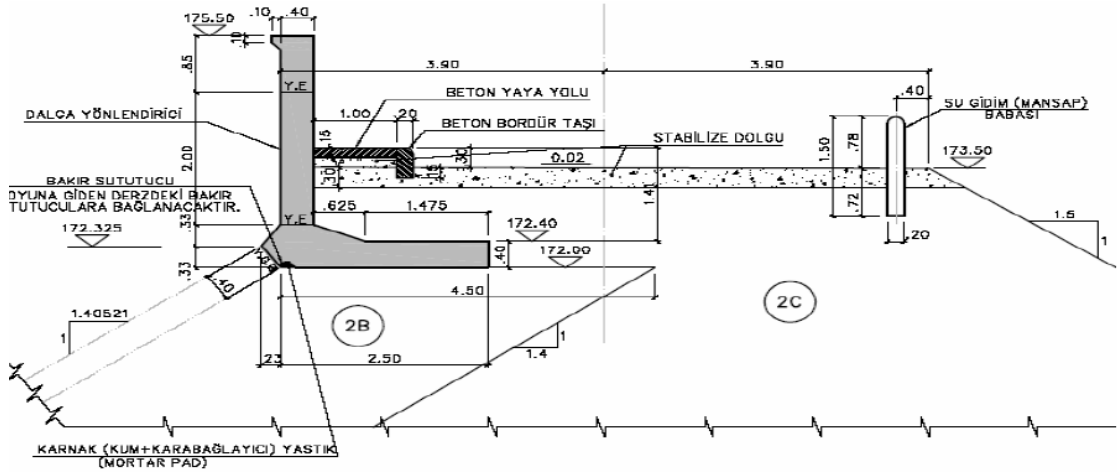
Şekil 4.10. B-B Kesiti



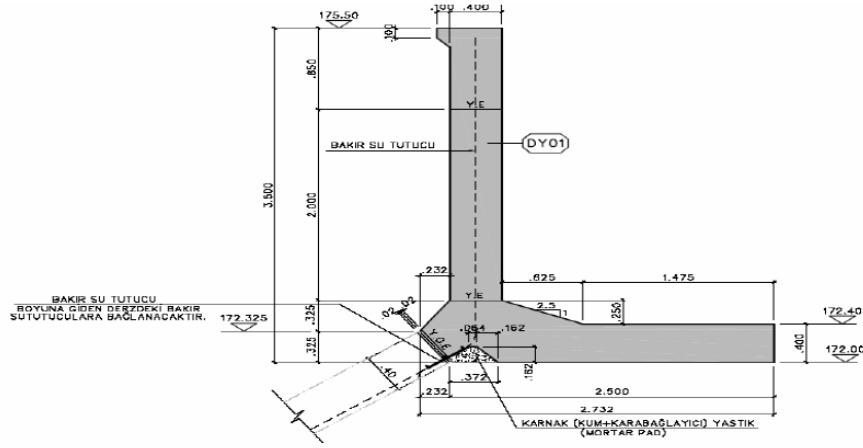
Şekil 4.11. Detay A

4.3.5. Baraj kret detayı

Baraj kret detayı, tipik bir önyüzü beton kaplı kaya dolgu barajın kret detayı ile benzerlik göstermektedir. Kret memba yüzünde 3.5 m yüksekliğinde bir parapet duvar oluşturulmuştur (Şekil 4.12.). Betonarme ince bir kesitten oluşan bu duvarın yüksekliği 3.5 m ve taban genişliği 2.5 m'dir. Duvarın önyüz beton plağı ile birleşim yerinde bir derz oluşturulmaktadır. Bu derzde kullanılan bakır su tutucular, önyüz döşemesi boyunca uzanan genişleme derzlerindeki bakır su tutuculara bağlanmaktadır. Kret, parapet duvar derzi tabanında bir yastık eleman ile desteklenmiştir (Şekil 4.13.).



Şekil 4.12. Baraj Kret Detayı



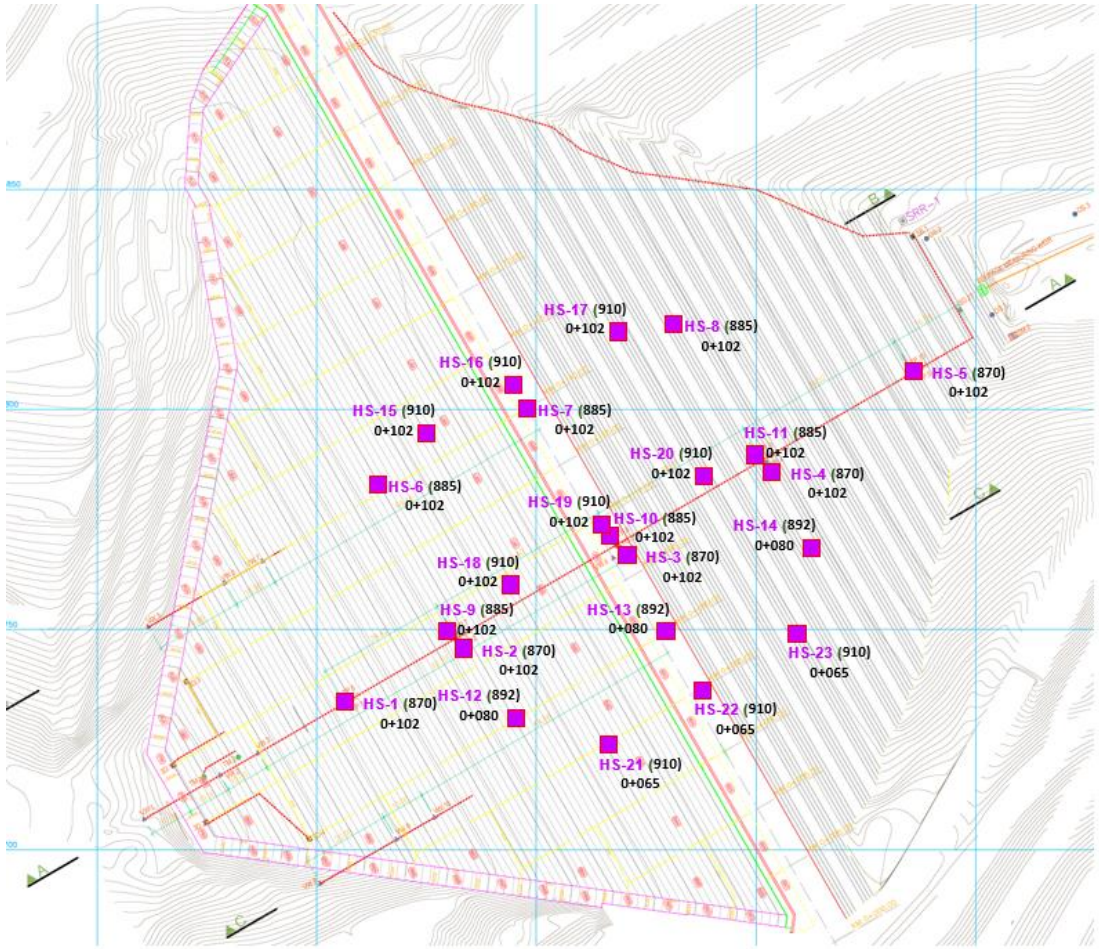
Şekil 4.13. Kret Parapet Duvarı Derz Detayı.

4.3.6. Dolguda yapılan ölçümler

Önyüzü beton kaplı kaya dolgu barajların gövdesinde oluşan deplasmanlar ve basınçlar, barajın diğer yapı elemanlarına direkt etki eden önemli büyüklüklerdir. Bu nedenle barajda oluşan bu hareketlerin tespit edilmesi için ölçüm aletlerinin yerleştirilmesi çok önem arz etmektedir. Dim Barajı uygulamasında 23 adet hidrolik oturma ölçer ve 19 adet basınç ölçer cihazları ile barajın deplasmanları ve gerilme davranışı gözlenmiştir.

4.3.6.1. Deplasman ölçümleri

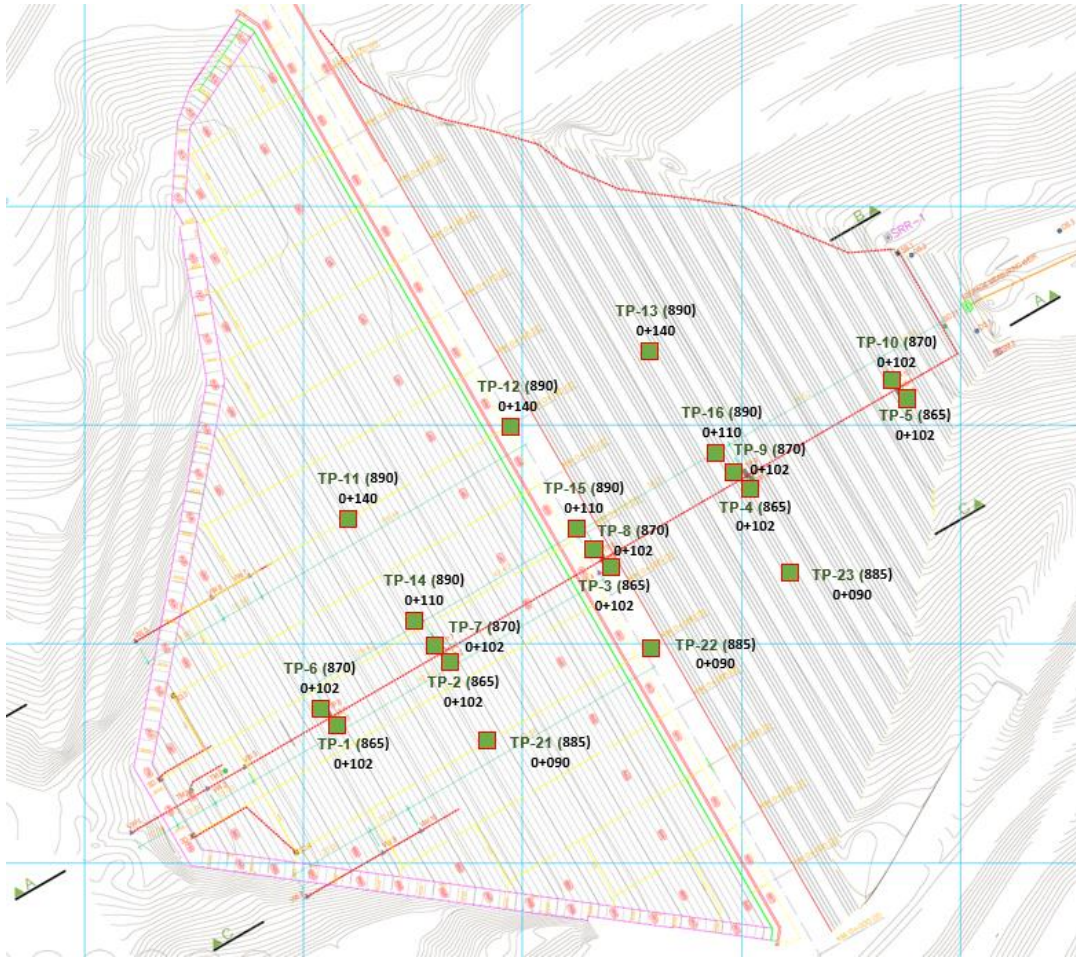
DSM tipi hidrolik oturma ölçerler kullanılmıştır. Hidrolik oturma ölçer sistemi, genel olarak bir sensör ve bir referans noktasından oluşmaktadır. Barajda 23 ayrı noktada oturma ölçerler vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Hidrolik oturma ölçerlerin lokasyonları Şekil 4.14.'de verilmiştir.



Şekil 4.14. Hidrolik Oturma Ölçerlerin Lokasyonları

4.3.6.2. Basınç ölçümleri

Barajda kullanılan basınç ölçer cihazları, çeşitli seviyelerde seçilmiş noktalardaki toplam basıncı belirlemektedir. Basınç ölçerlerin baraj üzerinde yerleşimi Şekil 4.15.'de verilmiştir.



Şekil 4.15. Basınç Ölçerlerin Lokasyonları

4.4. Analiz ve Bulgular

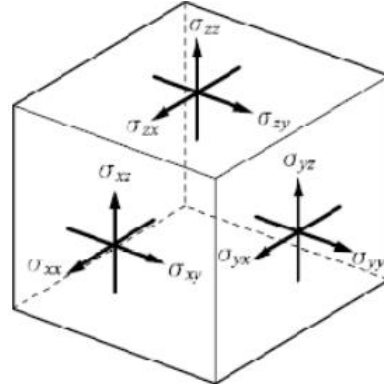
4.4.1. Midas GTS-NX sonlu elemanlar programı

Sakarya iline bağlı Pamukova ilçesinde yapılan Akçay barajı ve zemininin sayısal analizleri için Midas IT'e ait Midas GTS (Geotechnical and Tunneling System) sonlu elemanlar yazılımından yararlanılmıştır.

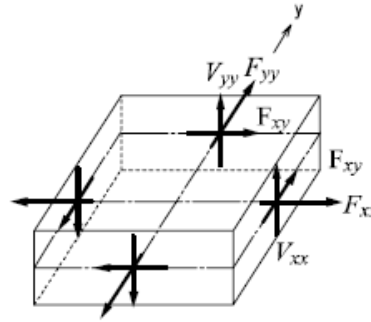
Midas GTS iki veya üç boyutlu, doğrusal veya doğrusal olmayan, statik veya dinamik analiz yetisi olan bir yazılımdır. Katı modellerin yanı sıra yapısal elemanların da modellenmesine olanak tanıyan Midas GTS, genel bir sonlu elemanlar programı olarak da kullanılabilmesine karşın zemin mekaniği ve tünel çözümleri için

özelleştirilmiştir. Ayrıca kullanımı kolay ara yüzünün verdiği avantaj ile son derece karmaşık geometrilerin dahi modellenebilmesini sağlamaktadır.

Midas GTS Sonlu eleman programının solid eleman için pozitif yön tayini Şekil 4.16.'da, plate eleman için pozitif yön tayini ise Şekil 4.17.'de verilmiştir.



Şekil 4.16. Solid Elemanlar için Pozitif Yön Tayini



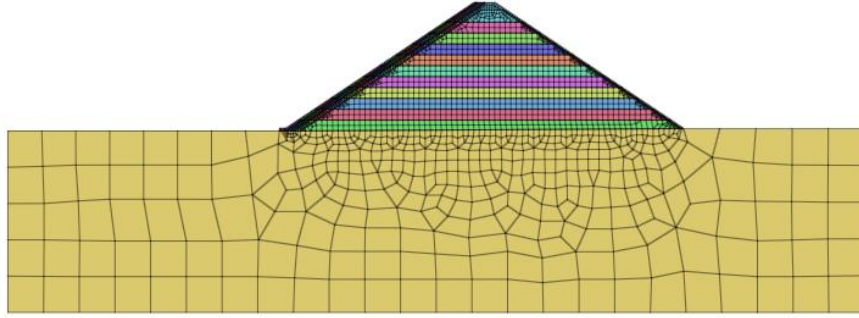
Şekil 4.17. Plate Elemanlar için Pozitif Yön Tayini

4.4.2. Baraj sayısal modeli

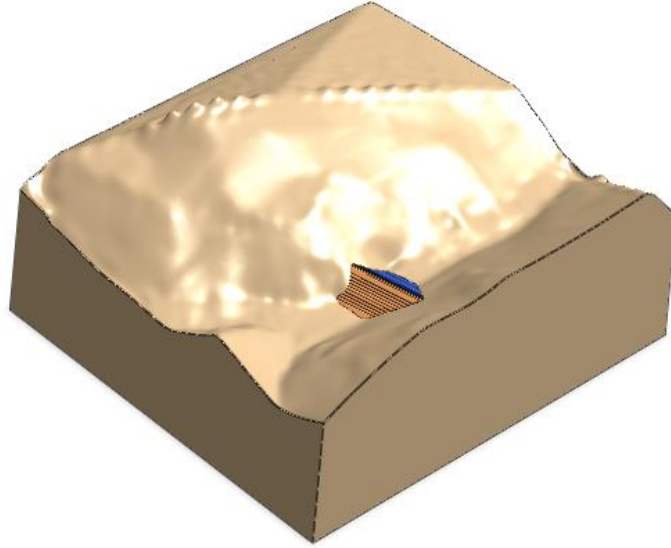
Akçay barajının sayısal modeli, zemin-baraj etkileşimini gerçekçi olarak yansıtacak ve sonuçların hassasiyetini olabildiğince artıracak şekilde hazırlanmıştır. Modelde, kullanılan beton ve zemin ağ eleman boyutları özellikle gerilme yığılmalarının önemli olduğu baraj bölgesinde olabildiğince küçük seçilmiştir. Modeller hazırlanırken, barajın yapım aşaması ve baraj uygulaması sırasında meydana gelebilecek en olumsuz gerilmeleri yaratacak koşullar düşünülmüştür. Midas GTS-NX sonlu elemanlar modelinde zemin katmanları ile baraj gövdesi katı (solid) olarak tanımlanmıştır.

4.4.2.1. Baraj geometrisi

Barajın sayısal analizleri 2 boyutlu (2D) ve 3 boyutlu (3D) olacak şekilde ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bu kapsamında baraj ve zemin modelleri Şekil 4.18. ve Şekil 4.19.’da verilmiştir.



Şekil 4.18. Baraj ve Arazinin İki Boyutlu (2D) Görünümü



Şekil 4.19. Baraj ve Arazinin Üç Boyutlu (3D) Görünümü

4.4.2.2. Zemin malzeme modeli ve parametreleri

Midas GTS-NX programında malzeme özellikleri “mesh” sekmesi içerisinde “material” butonuyla girilmektedir. Analiz yapılabilen model tipleri birden fazla olup bazıları aşağıda verilmiştir.

- Elastic
- Mohr-Coulomb
- Drucker Prager

- Hoek Brown
- Generalized Hoek Brown
- Hyperbolic (Duncan-Chang)
- Modified Cam Clay
- Modified Mohr-Coulomb
- Soft Soil
- Soft Soil Creep
- Modified UBCSAND
- Hardening Soil (small strain stiffness)

Malzeme özelliklerinin girilmesi bir sonlu elemanlar analizinin en önemli aşamasıdır. Girilecek parametreler sonuçları doğrudan etkilemektedir. Ayrıca yapılacak çalışmaya uygun zemin bünye modeli seçilmesi de önemlidir. Zeminlerde elastik olarak modellenebilir, fakat diğer modeller zemini tanımlamak için daha uygundur. Analiz yapılması istenen bünye modeline uygun deneysel çalışma ile malzeme parametrelerini elde etmek daha doğru olacaktır.

Bu çalışmada Hardening Soil (small strain stiffness) zemin bünye modeli kullanılmıştır. İnceleme kesimlerinden ve laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar analizlerde parametre olarak kullanılmıştır.

Baraj analizlerinde kullanılan malzeme parametreleri Tablo 4.10. ve Tablo 4.11.'de verilmiştir.

Tablo 4.10. Beton Kaplama Malzeme Özellikleri

Beton Kaplama	
Malzeme Modeli	Lineer Elastik (non-porous)
γ_n (kN/m ³)	24
E (MPa)	30000
ν	0.15
Kalınlık (m)	0.50

Tablo 4.11. Malzeme Özellikleri

Parametre	Doğal	Filtre	Geçiş Zonu	Kaya Dolgu
γ_n (kN/m ³)	25,6	21	23	23
E_{50}^{ref} (kPa)	50.000.000	100.000	100.000	500.000
E_{oed}^{ref} (kPa)	50.000.000	100.000	100.000	500.000
E_{ur}^{ref} (kPa)	100.000.000	300.000	300.000	1.000.000
Üstlük, m	0.5	0.7	0.5	0.5
c' (kPa)	500	25	100	250
ϕ' (°)	45	40	45	45
ψ (°)	15	10	15	15
ν'_{ur}	0.2	0.2	0.2	0.2
p^{ref} (kPa)	100	100	100	100
OCR	20	3	3	3

4.4.2.3. Sonlu elemanlar ağı (mesh)

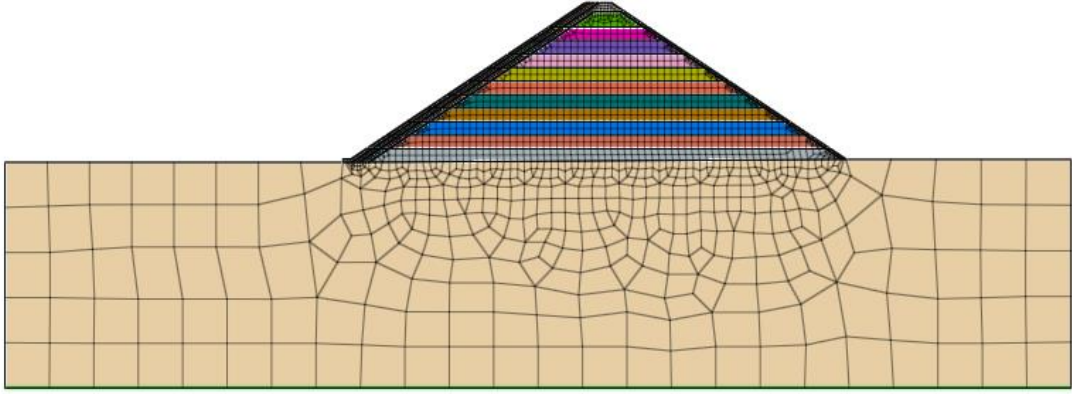
Sonlu elemanlar analizinin doğru malzeme parametrelerinin girilmesinden sonraki en önemli aşaması sonlu elemanlar ağının oluşturulmasıdır. Bu işleme aynı zamanda ayrıklaştırma da denilmektedir. Sonlu elemanlar programlarında otomatik olarak sonlu elemanlar ağı oluşturma komutu bulunmaktadır. Elemanların boyutları analiz sonuçlarını etkilemektedir. Eleman boyutlarının küçük olması doğru sonuca yaklaştırırken, büyük olması doğru sonuçtan uzaklaşmaya sebep olabilir. Diğer taraftan eleman boyunun küçük olması analiz süresini çok uzatırken, büyük olması çok kısa sürede analiz yapılmasına olanak sağlayabilir.

Midas GTS-NX programında 1, 2 ve 3 boyutlu elemanları istenen şekilde ayrıklaştırmak için “size kontrol” komutu kullanılmaktadır. Bu şekilde istenen yerlerde düğüm noktaları oluşturulabilmektedir. Özellikle sonlu eleman boyutlarını ve kuvvet uygulama noktalarını belirlemek için önemlidir.

4.4.2.4. İki boyutlu (2D) analiz

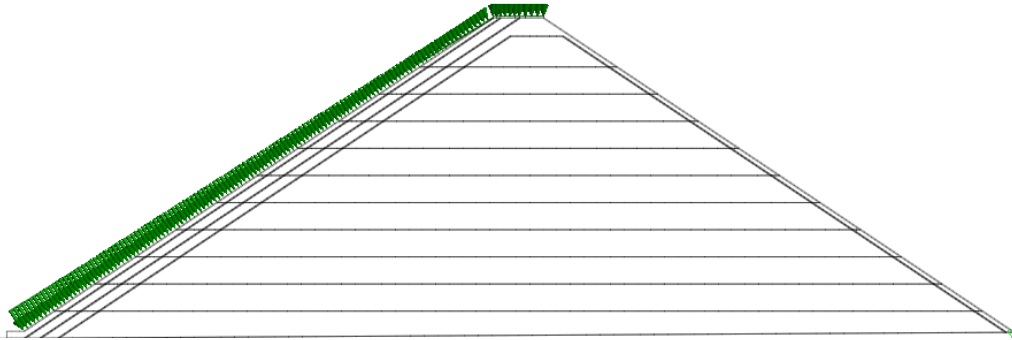
Midas GTS’de iki boyutlu (2D) analiz için baraj geometrisi ve arazinin görünümü olarak Şekil 4.20.’deki çalışma alanının geometrisi tasarlanmıştır. Sınır şartlarının

sonuçları etkilememesi için uygun anakaya sınır ölçüleri oluşturulmuştur. Baraj modeli oluşturulduktan sonra meshleme sistemine geçilmiştir. Mesh aralığı için baraj elemanlarında 1-3m arasında, barajın oturduğu temel zemini(ana kaya) ise 20m olarak seçilmiş ve meshleme yapılmıştır.



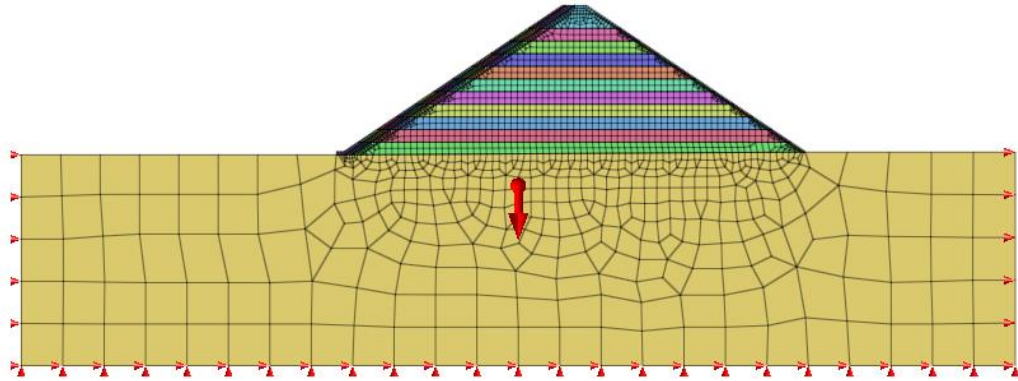
Şekil 4.20. Baraj Geometrisi ve Mesh Görünümü

Baraja etkiyen su için baraj gövdesine sürşarj olarak yük girilmiştir. Ayrıca baraj tepesinde iş makinaları vb taşıt yükleri için 50 kPa'lık bir sürşarj girilmiş olup tüm yüklemeler Şekil 4.21.'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Su ve Taşıt Yüğü Yükleme Durumu

Analiz öncesinde sınır koşullarının oluşturmak için programda yer alan Static/Slope Analysis menüsünden “constraint” komutu ile yer çekimi için “self weight” komutu kullanılarak modelde tanımlanmıştır (Şekil 4.22.). Sınır koşulları için “auto” sekmesinden otomatik olarak belirlenmiştir. Yer çekimi için y yönünü “-1”, diğer yönleri ise “0” alınarak belirlenmiştir.



Şekil 4.22. Sınır Koşulları ve Yer Çekiminin Tanımlanması

Baraj model, mesh, yükleme ve sınır koşullarını oluşturulduktan sonra Static/Slope Analysis menüsünde yer alan “Stage Wizard” sekmesinden inşaat aşamaları belirlenir. Bu menü kullanılarak baraj kademeli olarak yüklenmiştir. Daha sonra su ve taşıt yükleri aktif edilerek analiz tamamlanmıştır. Analiz kapsamında oluşturulan tüm stage aşamaları Şekil 4.23.’de verilmiştir. Ayrıca ilk aşamada ‘Clear Displacement (Deformasyon Sıfırla)’ kutucuğu seçilerek başlangıç (initial) durumda deformasyonun olmadığı ve bu durumun referans alınarak deformasyonların hesaplanması gerektiği belirtilmiştir.

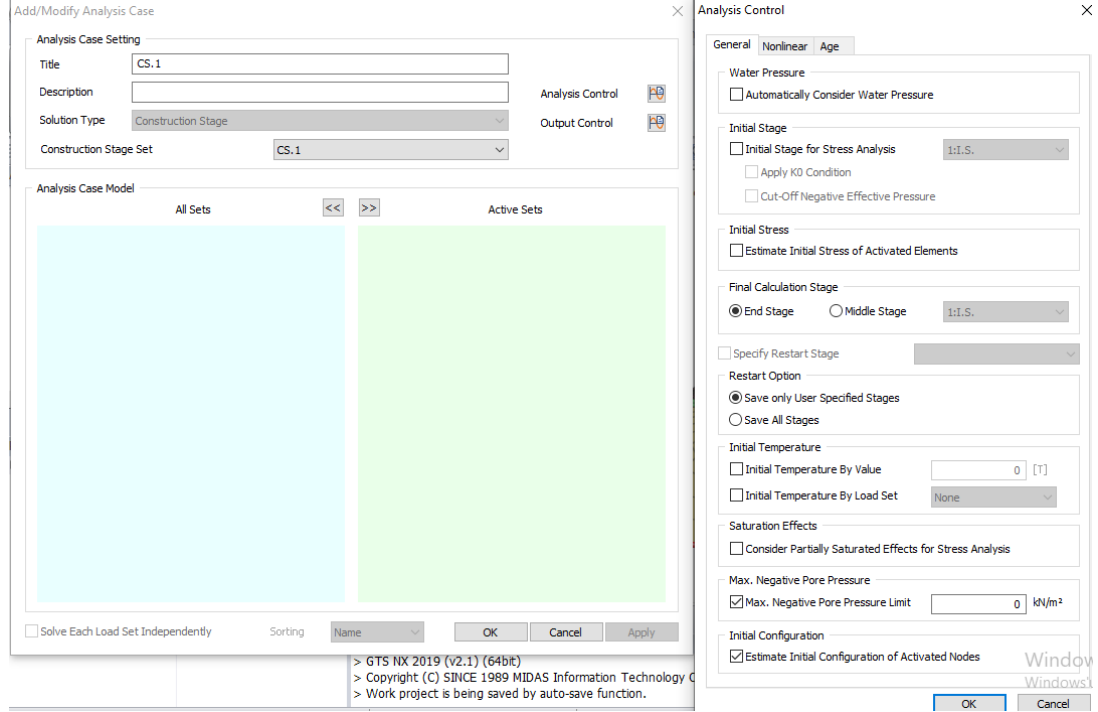
Set Type	Set Name Prefix	I.S.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22
Mesh set	Arazi(Doğal)	A: -																						
Mesh set	BetonKaplama-																							
Boundary Set	BS.	A: 1																						
Mesh set	Default Mesh Set																							
Mesh set	Filtre-																							
Mesh set	GeçişZonu-													A: 1	A: 2	A: 3	A: 4	A: 5	A: 6	A: 7	A: 8	A: 9	A: 10	
Mesh set	GeçişZonuEnüst																							A: -
Mesh set	GeçişZonuSağ-													A: 1	A: 2	A: 3	A: 4	A: 5	A: 6	A: 7	A: 8	A: 9	A: 10	
Load Set	GS.	A: 1																						
Mesh set	KayaBlok-		A: 1	A: 2	A: 3	A: 4	A: 5	A: 6	A: 7	A: 8	A: 9	A: 10	A: 11											
Load Set	WS.																							
Load Set	Yol.																							

S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45
											A: 1	A: 2	A: 3	A: 4	A: 5	A: 6	A: 7	A: 8	A: 9	A: 10	A: 11	
A: 1	A: 2	A: 3	A: 4	A: 5	A: 6	A: 7	A: 8	A: 9	A: 10	A: 11												
																						A: 1
																						A: 1

Şekil 4.23. Baraj İnşaat Aşamaları

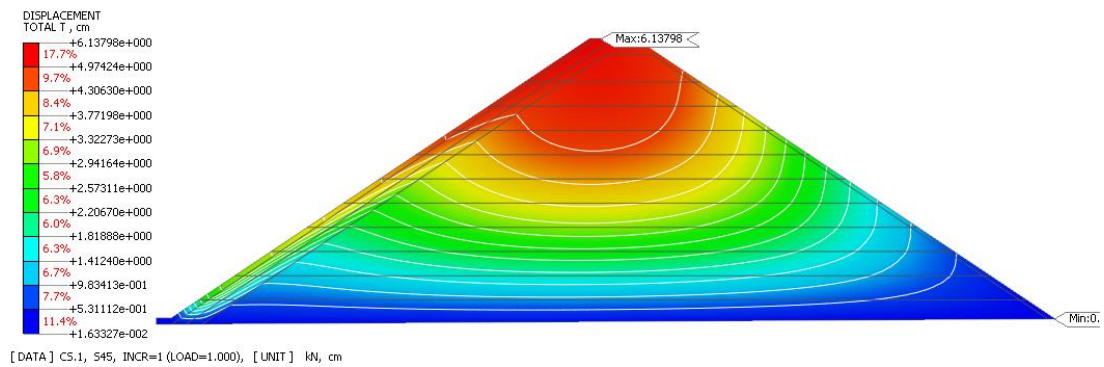
Şekil 4.24.’de Analiz sekmesinden “Analysis Case / General (Analiz Durumu / Genel)” komutundan analiz türü ‘Construction Stage (İnşaat Aşamalı Analiz)’ olarak tanımlanmıştır. Analysis Control menüsünden kademeli baraj inşaat aşamalarında bir

önceki deplasmanları dikkate alınması için “Estimate İntitial Configuration of Activated Nodes” sekmesinin aktif olması gerekmektedir.

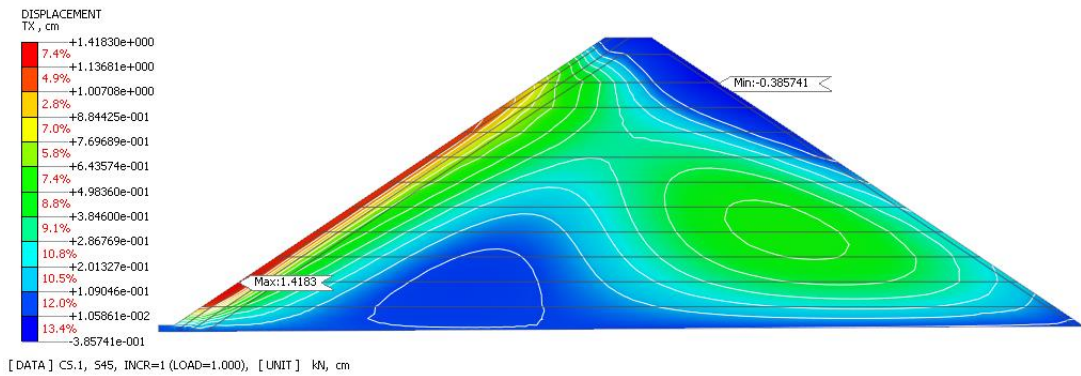


Şekil 4.24. Analysis Control Menüü

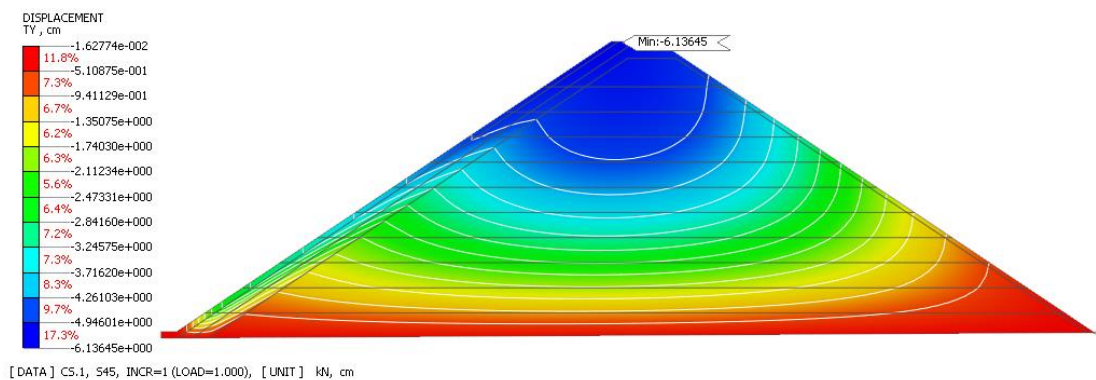
Yapılan analizler sonucunda sistemde oluşan toplam deplasmanlar Şekil 4.25.’de, toplam yatay ve düşey deplasmanlar sırasıyla Şekil 4.26. ve Şekil 4.27.’de verilmiştir.



Şekil 4.25. Barajda Oluşan Toplam Deplasman (cm)



Şekil 4.26. Barajda Oluşan Toplam Yatay Deplasman (cm)

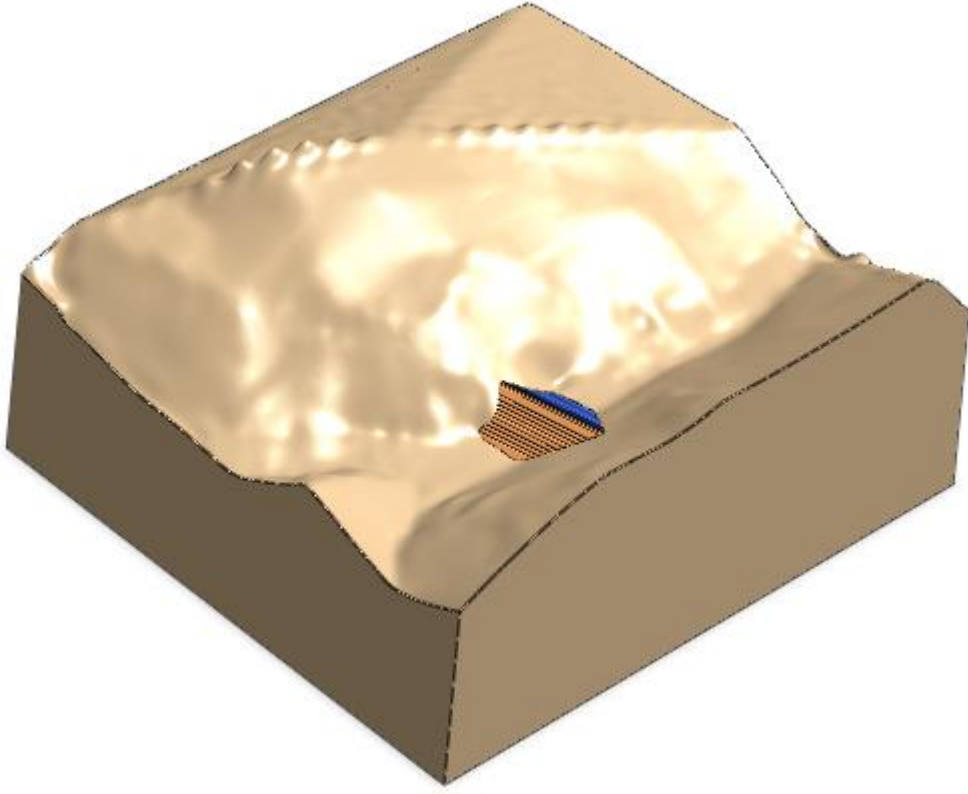


Şekil 4.27. Barajda Oluşan Toplam Düşey Deplasman (cm)

Yapılan analizler sonucunda barajda oluşan toplam deplasman 6.13 cm, toplam yatay deplasman 0.39 cm, toplam düşey deplasman ise 6.13 cm olarak bulunmuştur.

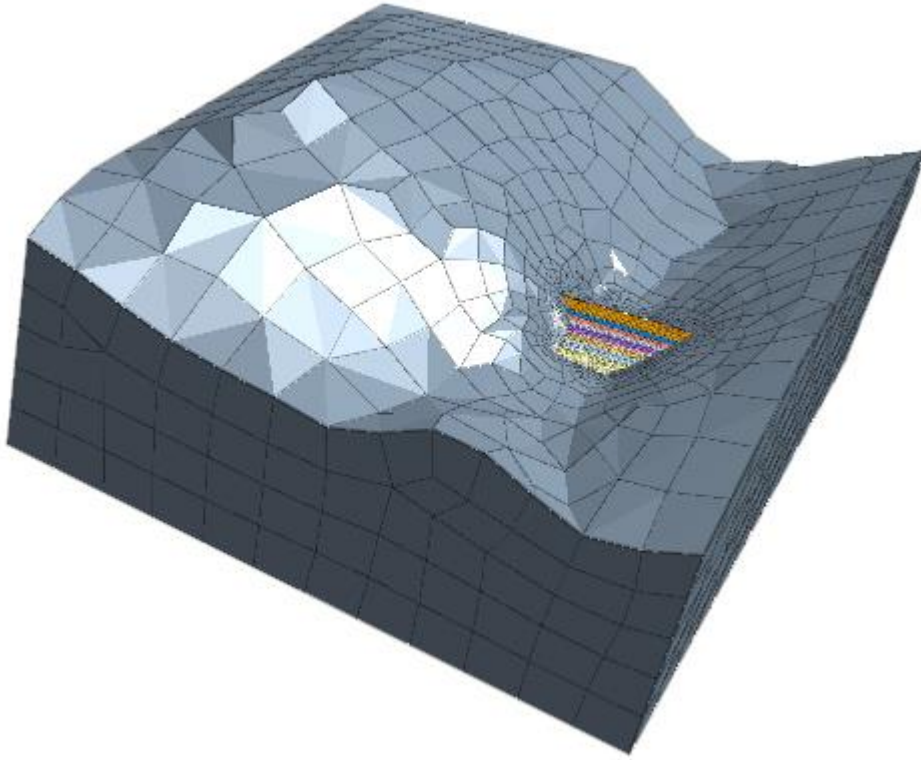
4.4.2.5. Üç boyutlu (3D) analiz

Midas GTS-NX’de üç boyutlu (3D) analiz için baraj geometrisi ve arazinin görünümü olarak Şekil 4.28.’deki çalışma alanının geometrisi tasarlanmıştır. Arazinin genel görünüm eş yükselti eğrileri yardımıyla oluşturulmuştur. Sınır şartlarının sonuçları etkilememesi uygun geometri oluşturulmuştur.



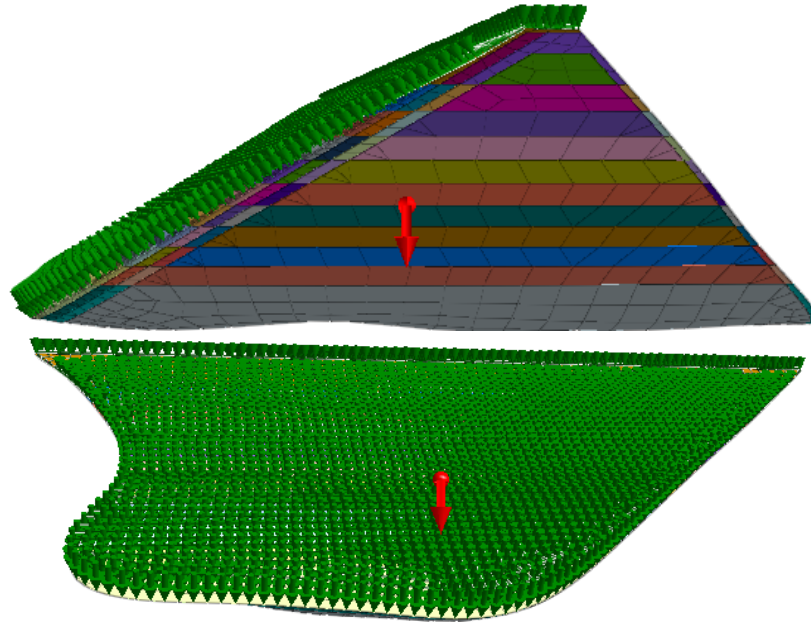
Şekil 4.28. Arazi ve Baraj Geometrisinin Genel Görünümü

Baraj modeli oluşturulduktan sonra meshleme sistemine geçilmiştir. Mesh aralığı için baraj elemanlarında 5 m arasında, barajın oturduğu temel zemininde(ana kaya) ise 100 m olarak seçilmiştir (Şekil 4.29.).



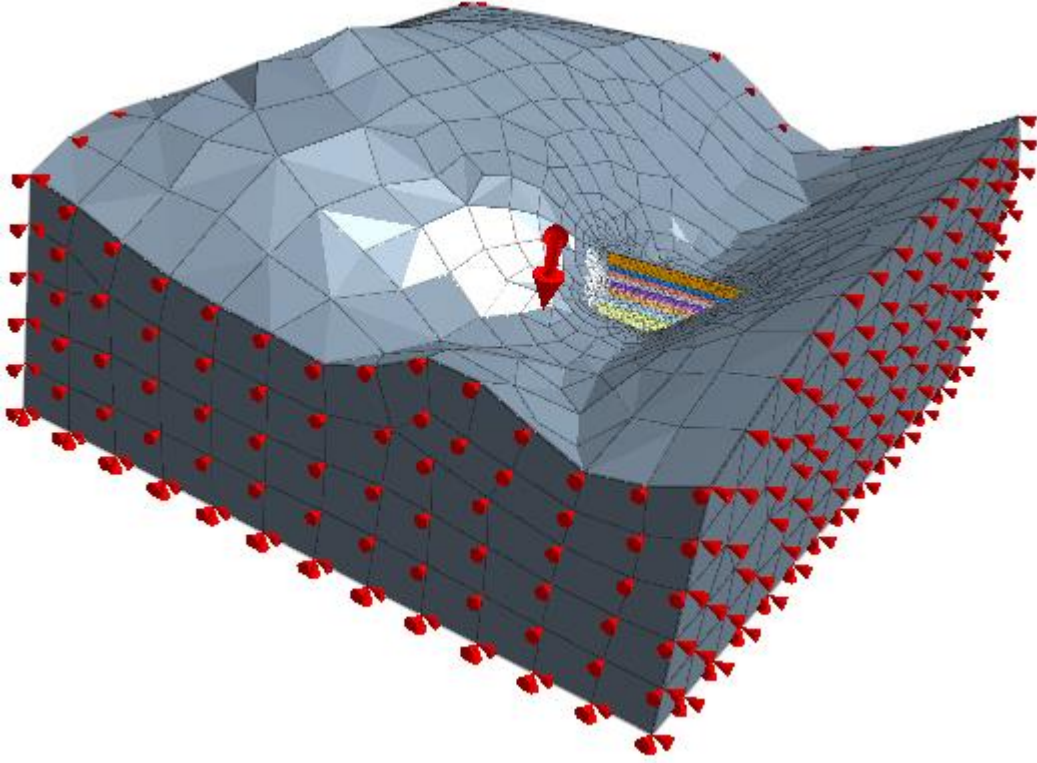
Şekil 4.29. Mesh Genel Görünümü

Baraja etkiyen su için baraj gövdesine sürşarj olarak girilmiştir. Ayrıca baraj tepesinde iş makinaları vb taşıt yükleri için 50 kPa'lık bir sürşarj girilmiş olup tüm yüklemeler Şekil 4.30.'da verilmiştir.



Şekil 4.30. Su ve Taşıt Yüğü Yükleme Durumu

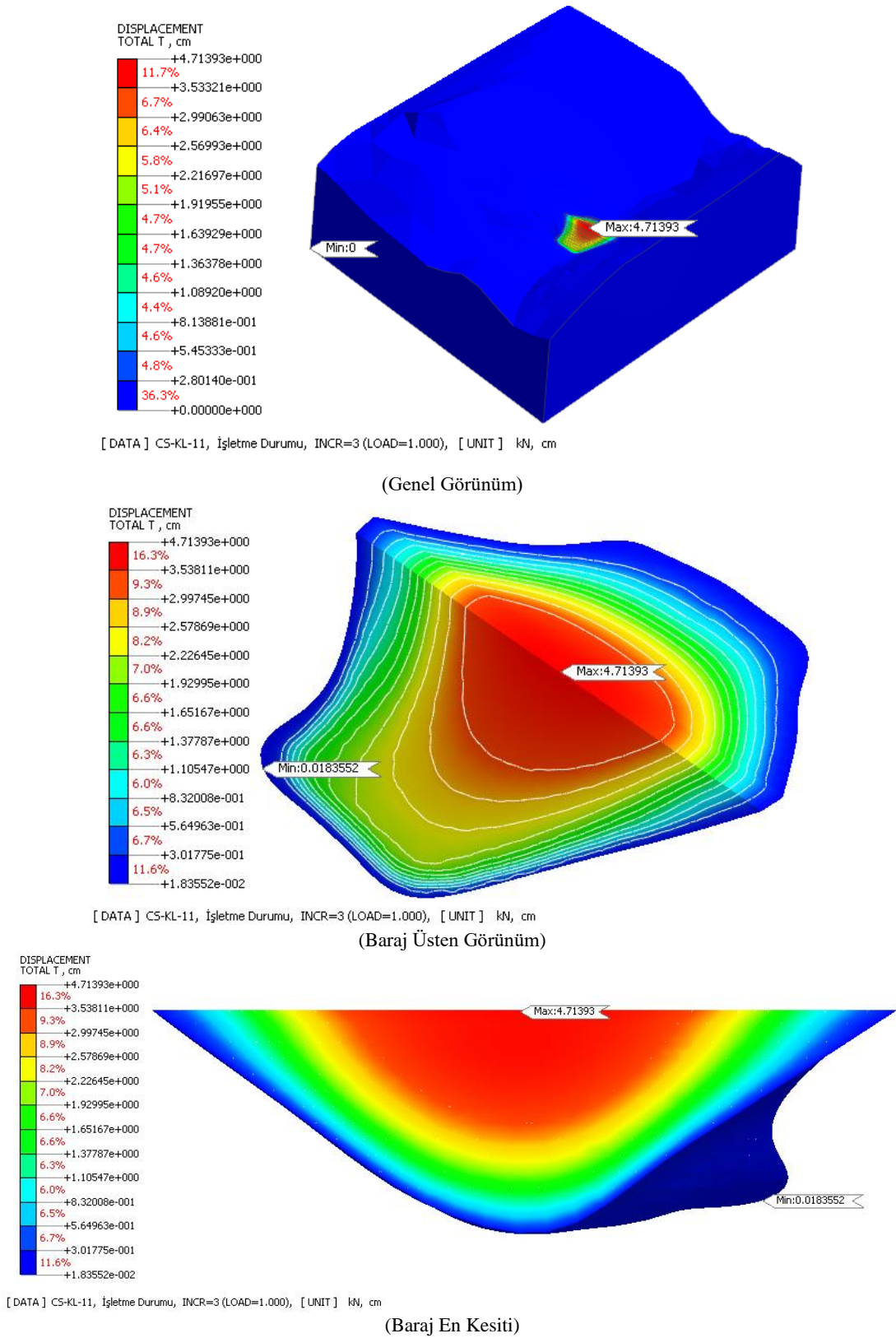
Analiz öncesinde sınır koşullarının oluşturmak için programda yer alan Static/Slope Analysis menüsünden “constraint” komutu ile yer çekimi için “self weight” komutu kullanılarak modelde tanımlanmıştır (Şekil 4.31.). Sınır koşulları için “auto” sekmesinden otomatik olarak belirlenmiştir. Yer çekimi için z yönünü “-1”, diğer yönleri ise “0” alınarak belirlenmiştir.



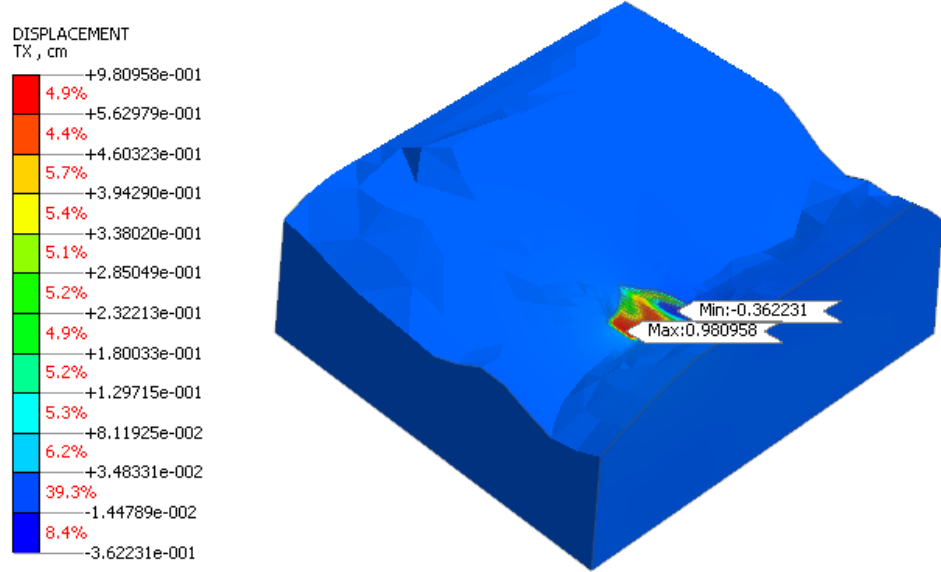
Şekil 4.31. Sınır Koşulları ve Yer Çekiminin Tanımlanması

Baraj model, mesh, yükleme ve sınır koşullarını oluşturulduktan sonra Static/Slope Analysis menüsünde yer alan “Stage Wizard” sekmesinden inşaat aşamaları belirlenir. Bu menü kullanılarak baraj kademeli olarak yüklenmiştir. Daha sonra su ve taşıt yükleri aktif edilerek analiz tamamlanmıştır. Analiz kapsamında oluşturulan tüm stage aşamaları Şekil 4.32.’de verilmiştir. Ayrıca ilk aşamada ‘Clear Displacement (Deformasyon Sıfırla)’ kutucuğu seçilerek başlangıç (initial) durumda deformasyonun olmadığı ve bu durumun referans alınarak deformasyonların hesaplanması gerektiği belirtilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda sistemde oluşan toplam deplasmanlar Şekil 4.34.'de, toplam yatay ve düşey deplasmanlar sırasıyla Şekil 4.35. ve Şekil 4.36.'da verilmiştir.

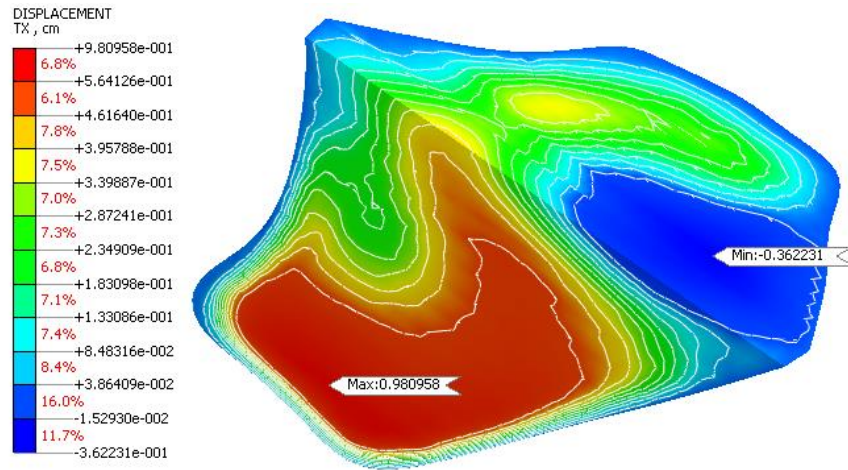


Şekil 4.34. Barajda Oluşan Toplam Deplasman (cm)



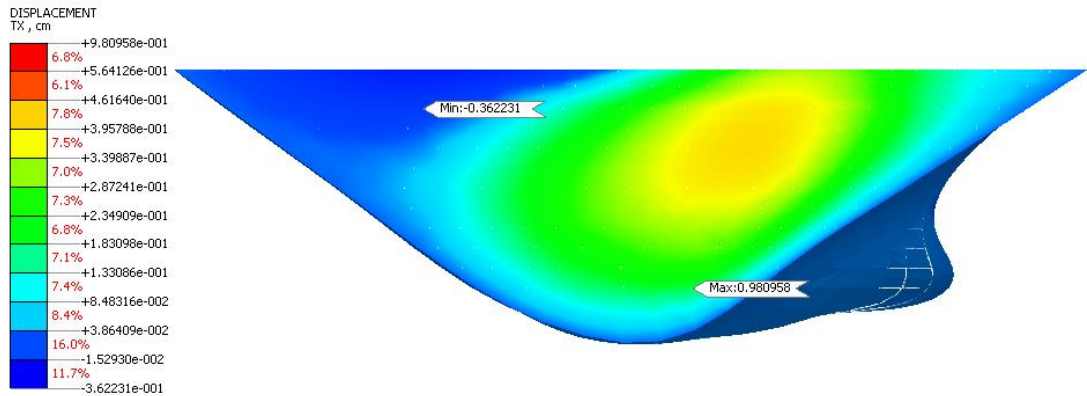
[DATA] CS-KL-11, İşletme Durumu, INCR=3 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, cm

(Genel Görünüm)



[DATA] CS-KL-11, İşletme Durumu, INCR=3 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, cm

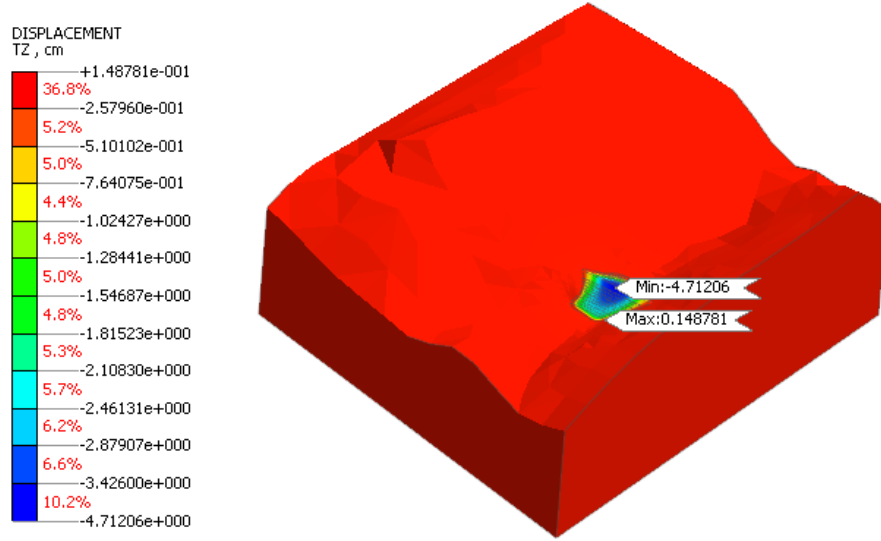
(Baraj Üsten Görünüm)



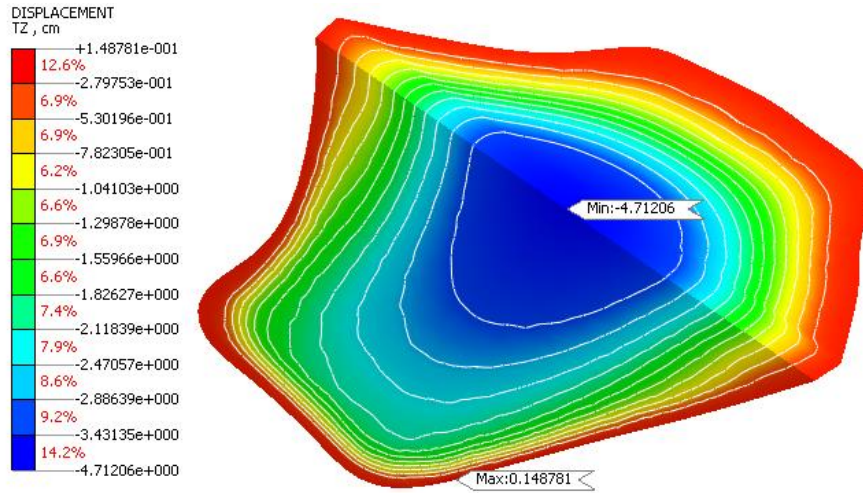
[DATA] CS-KL-11, İşletme Durumu, INCR=3 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, cm

(Baraj En Kesiti)

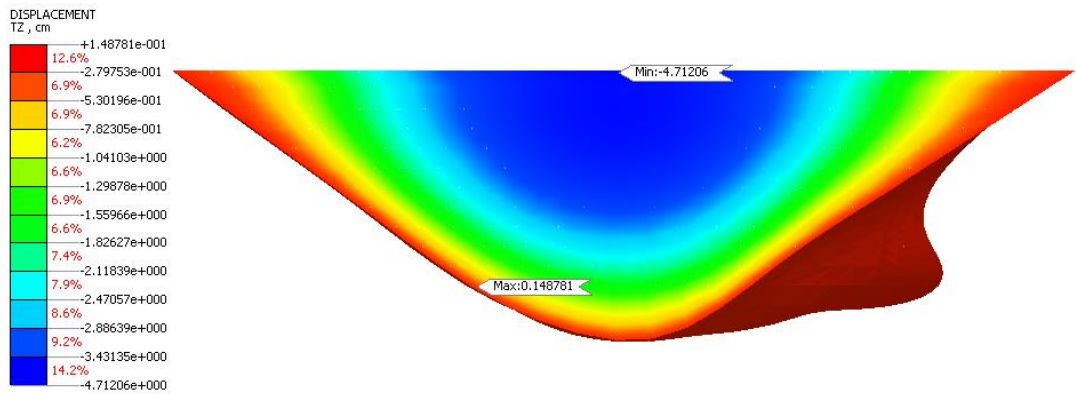
Şekil 4.35. Barajda Oluşan Toplam Yatay Deplasman (cm)



[DATA] CS-KL-11, İşletme Durumu, INCR=3 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, cm
(Genel Görünüm)



[DATA] CS-KL-11, İşletme Durumu, INCR=3 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, cm
(Baraj Üsten Görünüm)



[DATA] CS-KL-11, İşletme Durumu, INCR=3 (LOAD=1.000), [UNIT] kN, cm

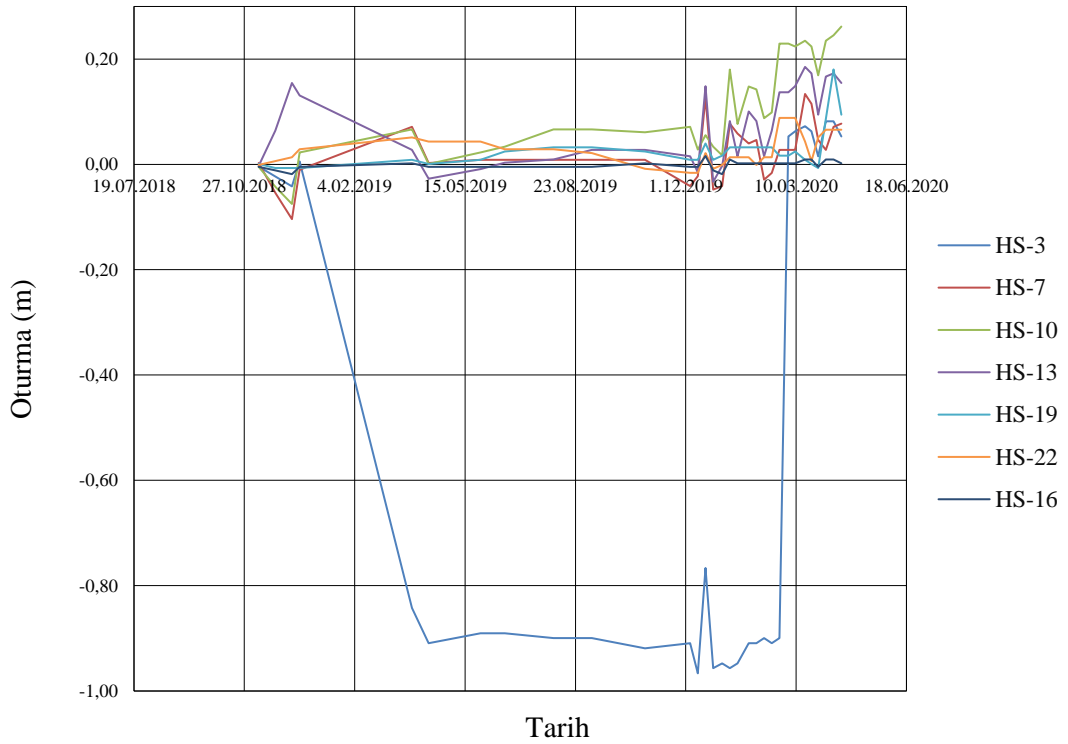
(Baraj En Kesiti)

Şekil 4.36. Barajda Oluşan Toplam Düşey Deplasman (cm)

Yapılan analizler sonucunda barajda oluşan toplam deplasman 4.71 cm, toplam yatay deplasman 0.36 cm, toplam düşey deplasman ise 4.71 cm olarak bulunmuştur.

4.4.3. Değerlendirme

Bu bölümde baraja yerleştirilen deplasman ölçerler ile Midas GTS-NX programında sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Baraj analizleri 2 ve 3 boyutlu yapılmış olup değerlendirmenin daha sağlıklı olması için barajın kret kotu seviyesinde yerleştirilen hidrolik oturma ölçer noktaları (HS-3, HS-7, HS-10, HS-13, HS-16, HS-19 ve HS-22) dikkate alınmıştır. Yapılan ölçümler aşağıda verilmiştir. Okuma değerleri 09.11.2018 (bu tarihteki okuma değerleri sıfır kabul edilmiştir) ile 20.04.2020 tarihleri arasındaki değerler dikkate alınmıştır.

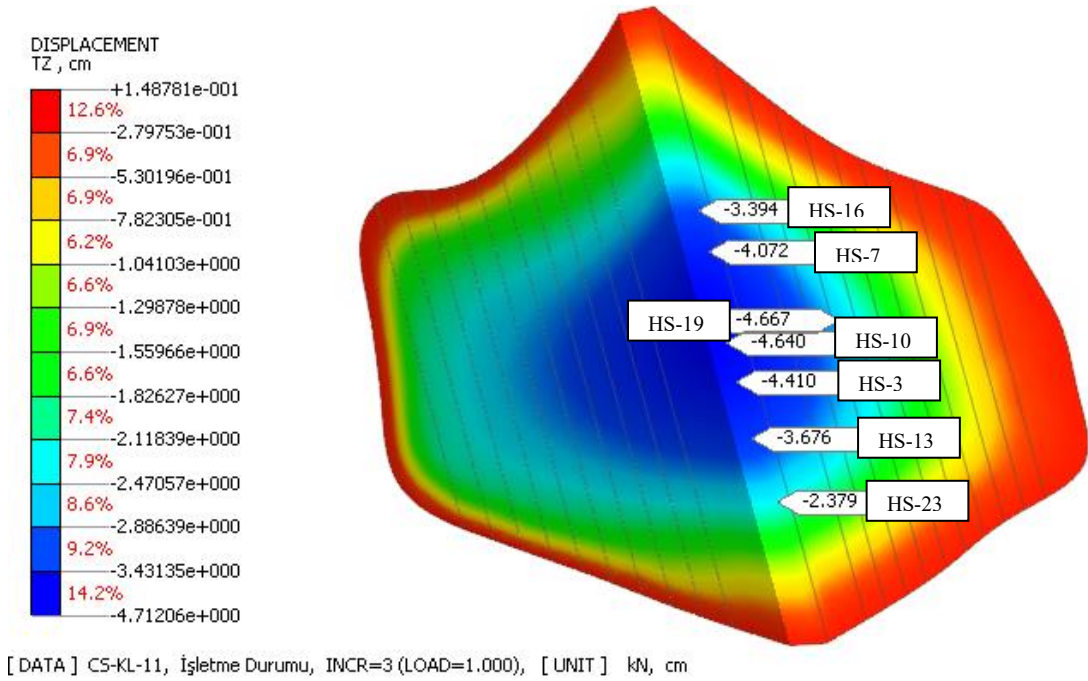


Şekil 4.37. Hidrolik Oturma Değerleri

Hidrolik oturma değerleri incelendiğinde HS-3 noktasında gözlenen ani yükselme değerlerinin sebebi gliserin tankının boşalması olarak bildirilmiştir.

Ayrıca HS-10 noktasında ise 17.02.2020-24.02.20 tarihleri arasında deplasmanların yaklaşık 2.5 katına çıktığı ve bu durumun bu noktaya en yakın olan HS-3 ve HS-19 noktalarından farklı bir davranış gösterdiği belirlenmiştir.

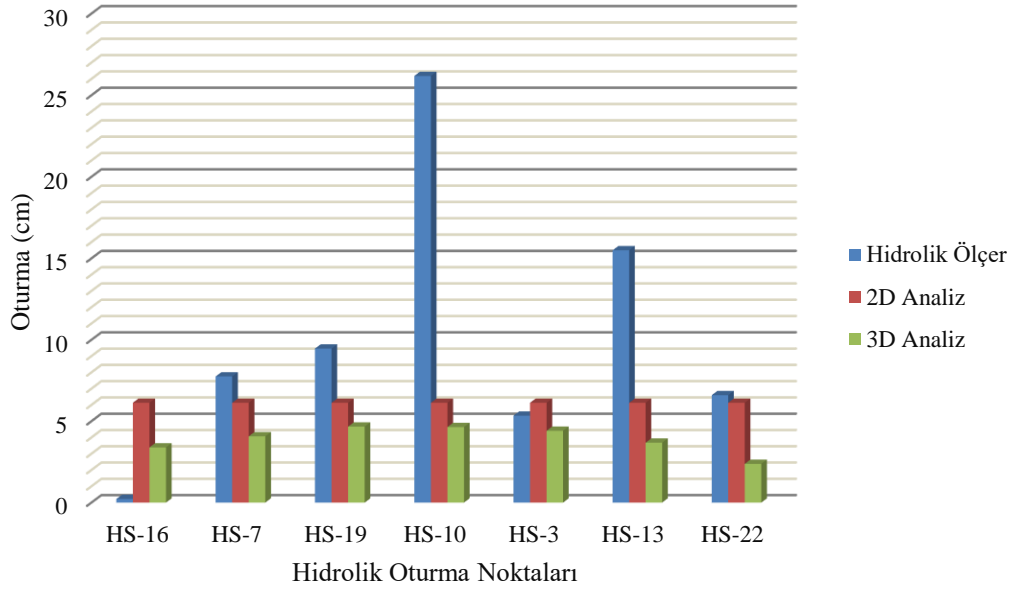
Midas GTS-NX sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) analiz sonuçları ile barajın kret kotuna yerleştirilen hidrolik oturma ölçer ve 20.04.2020 tarihinde okunan değerlerin sonuçları aşağıda tablo halinde verilmiştir. Üç boyutlu analizlerde hidrolik oturma noktaları yaklaşık olarak belirlenmiş ve bu noktalarda okunan deplasmanlar dikkate alınmıştır.



Şekil 4.38. Hidrolik Oturma Noktalarındaki Oturma Miktarı (3D Analiz)

Tablo 4.12. Düşey Oturma Miktarı (cm)

	Hidrolik Oturma Noktaları						
	HS-3	HS-7	HS-10	HS-13	HS-16	HS-19	HS-22
Hidrolik Ölçer	5.34	7.75	26.18	15.50	0.22	9.46	6.60
2D	6.13						
3D	4.41	4.07	4.64	3.68	3.39	4.67	2.38



Şekil 4.39. Hidrolik Oturma Noktalarındaki Oturma Miktarı

İki boyutlu (2D) analiz sonuçlarında toplam düşey deplasman 6.13 cm, üç boyutlu analiz sonuçlarında ise toplam düşey deplasman 2.38-4.67 cm çıkmıştır. Baraj gövdesinde oturan hidrolik oturma değerlerinde ise 0.22-26.18 cm arasındadır.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen deplasman değerleri ile sahada ölçülen değerlere çok yakın olduğu (HS-10 ve HS-13 hariç) gözükmektedir.

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Sakarya iline bağlı Pamukova ilçesine 21 km mesafede Eskiyaıyla Köyünün 6 km kuzey doğusunda yapılan ve temelden yüksekliği 75 m Akçay Barajı'nın sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak Midas GTS-NX programıyla üç boyutlu (3D) ve iki boyutlu (2D) model oluşturularak analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde baraj temelinin zemini ve gövde dolgusu parametrelerini belirlemek amacıyla arazi ve laboratuvar deneyler ile bulguları içeren İstanbul Kültür Üniversitesi tarafından hazırlanan "Akçay Barajı Jeolojik-Geoteknik Raporu"ndan yararlanılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen değerler ile baraj ölçüm aletleri okumaları karşılaştırılarak değerlendirilmiş ve aşağıda özetlenmiştir.

- Akçay barajının sayısal modeli, zemin-baraj etkileşimini gerçekçi olarak yansıtabilecek ve sonuçların hassasiyetini olabildiğince artıracak şekilde hazırlanmıştır. Modelde, kullanılan beton ve zemin ağ eleman boyutları özellikle gerilme yığılmalarının önemli olduğu baraj bölgesinde olabildiğince küçük seçilmiştir.
- Analizlerde malzeme modeli olarak Hardening Soil (small strain stiffness) zemin bünye modeli kullanılmıştır.
- İki boyutlu (2D) analizler için sınır şartlarının sonuçları etkilememesi için baraj kenarlarından 100.0 m sola ve 100.0 m sağa ve sola mesafe ve 100.0 m derinlik alınarak anakaya sınır ölçüleri oluşturulmuştur. Ayrıca Mesh aralığı için baraj elemanlarında 1-3 m arasında, barajın oturduğu temel zemininde ise 20 m olarak seçilmiştir.
- Üç boyutlu (3D) analizler için sınır şartlarının sonuçları etkilememesi için arazi topografyası yeteri kadar seçilmiştir. Ayrıca mesh aralığı için baraj

elemanlarında 5 m arasında, barajın oturduğu temel zemininde ise 100 m olarak seçilmiştir.

- Baraja etkiyen su için baraj gövdesine sürşarj olarak girilmiştir.. Ayrıca baraj tepesinde iş makinaları vb taşıt yükleri için 50 kPa'lık bir sürşarj girilmiştir.
- İki boyutlu (2D) yapılan analizler sonucunda barajda oluşan maksimum toplam deplasman 6.13 cm, toplam yatay deplasman 0.39 cm, toplam düşey deplasman ise 6.13 cm olarak bulunmuştur.
- Üç boyutlu (3D) yapılan analizler sonucunda barajda oluşan maksimum toplam deplasman 4.71 cm, toplam yatay deplasman 0.36 cm, toplam düşey deplasman ise 4.71 cm olarak bulunmuştur.
- Sonuçları değerlendirmede barajda kret kotu seviyesinde yerleştirilen hidrolik oturma ölçer noktaları (HS-3, HS-7, HS-10, HS-13, HS-16, HS-19 ve HS-22) dikkate alınmıştır. Ayrıca okuma değerleri 09.11.2018 (bu tarihteki okuma değerleri sıfır kabul edilmiştir) ile 20.04.2020 tarihleri arasındaki değerler dikkate alınmıştır.
- Barajda yerleştirilen hidrolik okuma ölçerlerde deplasman değerleri en son okuma tarihi olan 20.04.2020 gününde 0.22-26.16 cm arasında değişmektedir.
- İki boyutlu (2D) analiz sonuçlarında toplam düşey deplasman 6.13 cm, üç boyutlu analiz sonuçlarında ise toplam düşey deplasman 2.38-4.67 cm çıkmıştır. Baraj gövdesinde oturan hidrolik oturma değerlerinde ise 0.22-26.18 cm arasındadır.
- Yapılan analizler sonucunda elde edilen deplasman değerleri ile sahada ölçülen değerlere çok yakın olduğu (HS-10 ve HS-13 hariç) gözükmektedir.

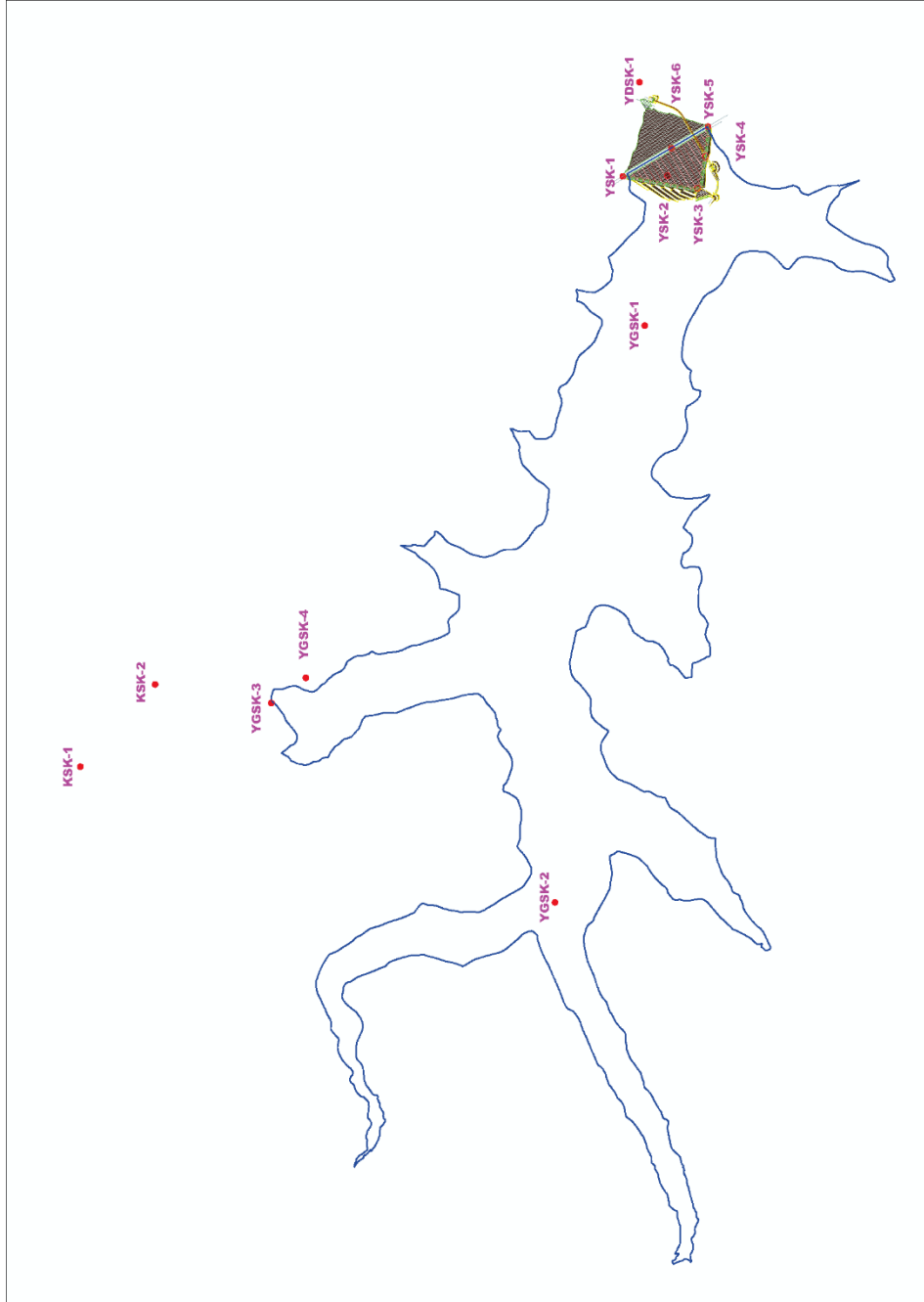
KAYNAKLAR

- Ahmadi, M.T., Izadinia, M. ve Bachmann, H., 2001. A Discrete Crack Joint Model for Nonlinear Dynamic Analysis of Concrete Arch Dam, *Computers and Structures*, 79, 403-420.
- Akbaş, S. O. ve Sak İ., (2012) “Akköprü barajı’nın Hesaplanan ve Gözlenen Deformasyon Davranışı”, *İmo teknik Dergi*, 6063-6087, Yazı 385.
- Ayvaz E, Önyüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu Barajların Statik Analizleri ve Dim Barajı Uygulamaları, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2008
- Ayvaz, E. O., (2008). Önyüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu Barajların Statik Analizleri
- Baba, K., 2002, On a Consideration for a Non-linear Analysis of Rockfill, 9th Regional Seminar on Earthquake, İstanbul.
- Bayraktar, A., Sevim, B., Altunışık, A.C., Türker, T., Kartal, M.E., Akköse, M. ve Bilici, Y., 2009. Comparison of Near and Far Fault Ground Motion Effects on the Seismic Performance Evaluation of Dam-Reservoir-Foundation Systems, *International Water Power&Dam Construction, Dam Engineering*, 19, 3, 1-39.
- Cooke, J.B., 1984, Progress in Rockfill Dams, *Journal of Geotechnical Engineering*, 110, 1381-1414 p.
- Cooke, J.B., Sherard J.L., 1985, Design of concrete faced rockfill dams, *Concrete face rockfill dams-design, xconstruction and performance*, ASCE, Detroit, 678 p.
- Çetin, K.Ö. ve Unutmaz, B., (2004). “Dolgu Barajların Deprem Davranışının Belirlenmesinde Mevcut Yöntemler”, 1. Ulusal Barajlar ve Hidrolik Santraller Sempozyumu, 28-30 Mayıs 2004, Ankara.
- Dorum A., 2010, Sürdürülebilirlik açısından baraj gövde tipinin seçimini etkileyen faktörler, *e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*, 1A0115, 5, (4), 649-657.
- DSİ, 2007, Zonlu toprak ve kaya dolgu barajlar inşaat teknik şartnamesi, DSİ yayınları, 8-22 p.
- Esmaili, S., 2005. Three Dimensional Dynamic Analysis of Concrete Face Rockfill Dams, *Proceedings of Symposium on 20 Years for Chinese CFRD Construction, English Part*, 192-201.
- Guo, Y., 1997. Dynamic Response of Concrete-Faced Rockfill Dams in Rectangular Canyons, MS Thesis, Rice University, Houston, Texas, USA.

- Keskin, M.E., Korkmaz, K.A., Çarhoğlu A.I., Helvacı, D., 2009. Dim Barajının Deprem Güvenliğinin Dinamik Analizlerle İncelenmesi. *Tübav Bilim Dergisi*, 2, 128- 137.
- Kong, X. ve Liu, J., 2002. Dynamic Failure Numeric Simulations of Model Concrete-Faced Rock-fill Dam, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22, 9-12, 1131- 1134
- Önalp A., 2013. Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (Saski) Akçay Barajı Jeoloji - Geoteknik Raporu, Ankara
- Özkuzukıran, R.S., 2005. Settlement Behaviour of Concrete Faced Rockfill Dams: A Case Study, MS Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Özkan, M.Y., Özyağcıoğlu, M. and Aksar, U.D., 2006, An Evaluation of Güldürcek dam response during 6 June 2000 Orta Earthquake, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 26, 405-419 p.
- Plichon, J.N., 1997, Concrete face rockfill dams, (Çev.Ö. Alp), *DSİ*, 5-49 s.
- Terzi, N. U., (2011). "Evaluation Of The Dynamic Response Of The Damlapınar CFR Dam", *Bull Eng Geol Environ*, 70:6-9.
- Tosun, H., Turkoz, M., Savas, H., and Igdırsel, E., 2006, Sonlu elemanlar modeli ile önyüzü beton kaplı kaya dolgu barajların gerilme ve deformasyon analizi, *Baraj ve Deprem Semineri*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Tosun, H., Turkoz, M., Savas, H., and Seyrek, E., 2007, Önyüzü beton kaplı kaya dolgu barajlar, 1.Ulusal Baraj Güvenliği Semineri, Ankara.
- Uddin, N.,1999, A dynamic analysis procedure for concrete-faced rockfill dams subjected to strong seismic excitation, *Computers and Structures* 72, 409-421 p.
- USBR, 1987, Design of Small Dams, Water resources technical publication, Third edition, 287-311 p.
- Wang, Z.L., Makdisi, F.I. ve Egan J., 2006. Practical Applications of a Nonlinear Approach to Analysis of Earthquake-Induced Liquefaction and Deformation of Earth Structures, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 26, 2-4, 231-252.
- Xing, H.F., Gong, X.N., Zhou, X.G. ve Fu, H.F., 2006. Construction of Concrete-Faced Rockfill Dams with Weak Rocks, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 132, 6, 778-785.
- Yu. L., Kong, X., Xu, B.,(2012). "Seismic Response Characteristics Of Earthfill And Rockfill Dams", 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisboa.

EKLER

EK 1: Sondaj Yerleşim Planı ve Loglar



TEMEL SONDAJ LOGU																						
PROJE: AKÇAY BARAJI																				Sondaj No: YSK-1		
																				Sayfa No: 2		
Derinlik (m)	Günlük Durum	Su Seviyesi	Kuyu çapı ve kesici uc eni	Mühafaza borusu ve çimentolama	Sondaj suyu tefrik ve %	Su Deneği				Basınçsız Su Deneği	SPT				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama		
						Başınç (kg/cm ²)	5 dak-kayıp (l)	5dak-kayıp (l)	Toplam kayıp (l)		Lugeon	Su kağıdı (l)	k (cm/s)	1. 15 cm tgn	2. 15 cm tgn	3. 15 cm tgn	SPT N değeri	50 darbedeki ilerleme (cm)			Presiyometre	Dilatometre
15						4	58	59	117								60	15				
16						2	26	26	52								60	0				
17						2	42	43	85								60	0				
18						4	59	60	119								60	0				
19						6	77	77	154	6.45							60	0				
20						4	53	52	105								60	40				
21						2	37	36	73								60	40				
22						2	42	43	85								60	40				
23						4	75	74	149								80	40				
24						6	104	103	207	13.27							80	40				
25						4	68	67	135								90	33				
26						2	31	30	61								90	33				
27																	40	0				
28																	40	0				
29																	40	0				
30																	40	0				
31																	40	0				
32																	40	0				
30 m ye kadar yer yer derin dalimde kesintiler oldu. İlerleme sırasında tekrar derin dalmı etti.						PAKER TUTTURULMADI																
						2	30	31	61								40	0				
						4	51	50	101								40	0				
						6	74	75	149	6.98							40	0				
						8	39	39	78								40	0				
						4	45	46	91								40	0				
						2	13	19	37								40	0				
						2	35	36	71								45	0				
						4	43	44	87								45	0				
						6	80	81	121								60	0				
						8	91	92	183	5.44							60	0				
						6	46	47	93								60	0				
						4	26	27	53								60	0				
						2	11	10	21								60	0				
						2	39	37	76								60	0				
						4	55	55	110								60	0				
						6	73	74	147								60	0				
						8	106	107	213	6.07							33	20				
						6	59	60	119								33	20				
						4	34	35	69								20	20				
						2	14	15	29								20	26				
						2	4	5	9								20	26				
						4	85	86	171								20	26				
						6	100	101	201								20	26				
						8	158	155	311								20	26				
						10	207	207	414	12.48							20	26				
						8	140	145	285								20	26				
						6	81	80	161								20	26				
						4	45	46	91								20	26				
						2	13	19	37								20	26				
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)		KAYA NİTELİĞİ %(RQD)		AYRISMA DERECESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (#m)														
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)				<1	Masif												
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış				1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı												
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış				3-10	Kırıklı												
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Çok Ayrışmış				10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı												
		90-100	Çok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış				>50	Parçalanmış												

TEMEL SONDAJ LOGU																											
PROJE: AKÇAY BARAJI												Sondaj No: YSK-1															
Sondaj No: 3												Tanımlama															
Derinlik (m)	Günlük Durum	İlerleme (m)	Su seviyesi	Kuyu yapısı ve kesici ucüzerisi	Mutarafına bonus ve ementolama	Sondaj suyu renk ve %	Su Deneği			Basınçsız Su Deneği	SPT				Kaya Özellikleri			Jeolojik Kesit	Tanımlama								
							Bağınc (kg/cm ²)	5 dak kayıp (l)	Edak kayıp (l)		Totale kayıp (l)	Lugeon	Su kaybı (l)	K (cm/s)	Darbesayısı					Diilatometre	Kerir yüzdesi (%)	RQD (%)	Çatlak sıklığı (#m)				
												1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için	SPT N değeri	30 barbedel ilerleme (cm)	Presiyometre										
33																											
34																											
35																											
36																											
37																											
38																											
39																											
40																											
41																											
42																											
43																											
44																											
45																											
46																											
47																											
48																											
49																											
50																											
GEÇİRMİLİK (LUGEON)							KAYA NİTELİĞİ %(RQD)				AYRIŞMA DERECEĞİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (#m)												
<1	Geçirimsiz		0-25		Çok Zayıf		W1		Taze (Ayrışmamış)		<1		Masif														
1-5	Az Geçirimli		25-50		Zayıf		W2		Az Ayrışmış		1-3		Az Çatlaklı-Kırıklı														
5-25	Geçirimli		50-75		Orta		W3		Orta Derecede Ayrışmış		3-10		Kırıklı														
>25	Çok Geçirimli		75-90		İyi		W4		Çok Ayrışmış		10-50		Çok Çatlaklı-Kırıklı														
					90-100		Çok İyi		W5		>50		Parçalanmış														

TEMEL SONDAJ LOGU																					
PROJE: AKÇAY BARAJI											Sondaj No: YSK-1										
											Sayfa No: 4										
Derinlik (m)	Günlük Durum	İleriye (m)	Su seviyesi	Kuyu çapı ve kesici uc zihni	Mühürleme borusu ve çimentolama	Sondaj suyu renk ve şeffaflığı	Su Denevi			Basıncsız Su Denevi		SPT		Kaya Özellikleri			Jeolojik Kesit	Tanımlama			
							Başıncı (kg/cm ²)	5 dak kayıp (l)	Edak kayıp (l)	Toplam kayıp (l)	Lugeon	Su kaybı (l)	K (cm/s)	1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için			SPT N değeri	60 darbedeki ilerleme (cm)	Presiyometre
51							169	168	333								100	80	60	<p>META KONGLOMERA Beyaz renkli. Sert ve sağlam, genelde masif bir yapıda. Yer yer parçalı kırıklı. Oluşan kırıklar genelde şistoziteye paralel gelişmiş.</p>	46.00-60.00 m
52						23	24	127								80	20				
53						130	131	261	17.21							100	50				
54						174	175	349								70	20				
55						230	230	460								90	0				
56						155	154	309								70	0				
57						91	90	181								80	30				
58						48	48	96								90	50				
59						19	19	38								80	60				
60						7	6	13								100	20				
61	KUYU SONU 60.00 m																				
62																					
63																					
64																					
65																					
66																					
67																					
68																					
GEÇİRMİLİK (LUGEON)		ELİĞİ %(RQD)		AYRIŞMA DERECE (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (#m)													
<1	Geçirimsiz	0-25	Cok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)	<1	Masif														
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı														
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış	3-10	Kırıklı														
>25	Cok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Cok Ayrışmış	10-50	Cok Çatlaklı-Kırıklı														
		90-100	Cok İyİ	W5	Tamamen Ayrışmış	>50	Parçalanmış														

nba proje		NBA PROJE MÜŞAVİRLİK, MÜHENDİSLİK ve EĞİTİM SAN. TİC. LTD. ŞTİ.													
PROJE: AKÇAY BARAJI (SAKARYA)										KUYU NO	YSK-2				
										Sayfa No	1/1				
TEMEL SONDAJ LOGU															
PROJE: AKÇAY BARAJI										İL: SAKARYA					
Yeri : Sol sahil-Plinth		Başlangıç Tarihi : 09.08.2012		Konusu : Düşey		Bitiş Tarihi : 14.08.2012		Sondaj No : YSK-2		Sayfa No: 1					
Derinliği : 50 m		Makina Tipi : D-900		Kotu : 897.32 m		Sondör : Hüseyin BOZDAĞ		YERALTISUYU DURUMU							
Koordinatlar X : 262092.5		Logu Hazırlayanlar (İsim, Ünvan, İmza) : Serkan SAKINÇ		Y : 4496766.68		Jeoloji Mühendisi		Tanımlama							
Tarih : 15.09.2012		Derinlik : 26.86 m		Açıklama : 01.11.2012		27.03 m									
Derinlik (m)	Günlük Durum	Basınçlı Su Deneyi	Basıncsız Su Deneyi	SPT					Kaya Özellikleri	Jeolojik Kesit	Tanımlama				
				Darbesayısı											
İlerleme (m)	Su seviyesi	Başınç (kg/cm ²)	Su kaybı (l)	K (cm/s)	1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için	SPT N değeri	30 cm'deki enine (cm)	Presiyometre	Dilatometre	Karşı yüzdesi (%)	RQD (%)	Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi
0												66	0		W4
1		PAKER TUTTURULMADI										66	0		W4
2												66	0		W4
3		PAKER TUTTURULMADI										60	0		W4
4												40	0		W4
5		PAKER TUTTURULMADI										66	15		W3
6												66	30		W3
7		1 320 318 638 2 Basınç Yükselmedi										66	0		W2
8												66	0		W2
9		PAKER TUTTURULMADI										66	15		W2
10												66	0		W2
11		2 173 170 343 4 235 235 470 54.90 6 365 366 731										66	15		W2
12		4 207 205 412 2 103 101 204										60	0		W2
13		12.00 - 15.00 m arasında PAKER TUTTURULMADI										60	0		W2
14		2 220 219 439 4 275 277 552 55.69 6 401 400 801										60	0		W2
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)		KAYA NİTELİĞİ %(RQD)		AYRIŞMA DERESESİ (W)					ÇATLAK SIKLIĞI (#m)						
<1	Geçirimsiz	0-25	Cok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)					<1	Masif				
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış					1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı				
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış					3-10	Kırıklı				
>25	Cok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Cok Ayrışmış					10-50	Cok Çatlaklı-Kırıklı				
		90-100	Cok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış					>50	Parçalanmış				

TEMEL SONDAJ LOGU																Sondaj No: YSK-2	
PROJE: AKÇAY BARAJI																Sayfa No: 3	
Derinlik (m)	Günlük Durum	Su Deneyi	Su Deneyi	Basıncsız Su Deneyi			SPT				Kaya Özellikleri			Jeolojik Kesit	Tanımlama		
				Basınç (kg/cm ²)	5 dak kaygı (l)	10 dak kaygı (l)	Darbesayısı				Kırılma yüzdesi (%)	RQD (%)	Çatlak sıklığı (#m)				
							Lugeon	Su kaydı (l)	K (cm/s)	1. 15 cm için						2. 15 cm için	3. 15 cm için
33																	
34																	Gri - siyah renkli.
35																	Sert ve sağlam ancak çok kırıklı bir yapıda.
36																	31.50-36.00 m
37																	
38																	
39																	
40																	Zayıf dayanımlı, paralanmış, yer yer killeşmiş durumda. Oldukça bozuşmuş fay zonuna benzer bir yapı sunmaktadır. Elle rahatlıkla ufalanmaktadır.
41																	
42																	
43																	36.00-44.00 m
44																	
45																	
46																	
47																	Gri - siyah renkli Çok kırıklı, parçalı, sert ve sağlam dokulu.
48																	
49																	
50																	44.00-50.00 m
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)			KAYA NİTELİĞİ %(RQD)			AYRISMA DERECESİ (W)					ÇATLAK SIKLIĞI (#m)						
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf			W1	Taze (Ayrışmamış)					<1	Masif				
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf			W2	Az Ayrışmış					1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı				
5-25	Geçirimli	50-75	Orta			W3	Orta Derecede Ayrışmış					3-10	Kırıklı				
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi			W4	Çok Ayrışmış					10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı				
		90-100	Çok İyi			W5	Tamamen Ayrışmış					>50	Parçalanmış				

nbaproje		NBA PROJE MÜŞAVİRLİK, MÜHENDİSLİK ve EĞİTİM SAN. TİC. LTD. ŞTİ.									
PROJE: AKÇAY BARAJI (SAKARYA)										KUYU NO	YSK-3
										Sayfa No	1/1
TEMEL SONDAJ LOGU											
PROJE: AKÇAY BARAJI										İL: SAKARYA	
Yeri : Talveg-Plinth		Başlangıç Tarihi : 27.06.2012		Sondaj No : YSK-3		Sayfa No: 1					
Konumu : Düşey		Bitiş Tarihi : 11.07.2012		YERALTISUYU DURUMU							
Derinliği : 40 m		Makina Tipi : D-900		Tarih		Derinlik		Açıklama			
Kotu : 867.92 m		Sondör : Hüseyin BOZDAĞ		15.09.2012		0.59 m					
Koordinatları X : 262061.35		Logu Hazırlayanlar (İsim, Ünvan, İmza) : Serkan SAKIŒ		01.11.2012		0.68 m					
Y : 4496697.94								Jeolojik Kesit			
								Tanımlama			
Derinlik (m)	Günlük Durum	Basıncılı Su Deneyi	Basıncısız Su Deneyi	SPT			Kaya Özellikleri		Jeolojik Kesit	Tanımlama	
				1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için	Prosyometre	Dilatometre			
0											
1		PAKER TUTTURULAN İYİ								Yamaç Molozu 0.00-1.50 m	
2							60	52		Metakumtaşı- Metaçamurtaşı Bordo-gri renkli, sert ve sağlam do-kulu, bazı seviye-lerde paralanmalı yapıda. 2.00-4.00 m	
3		PAKER TUTTURULAN İYİ					60	0			
4							60	0		METAKUMTAŞI	
5		2 140					60	0		Gri renkli çok parçalı ve paralanmalı yapıda.	
6							20	0			
7		2 250					60	0		4.00-7.00 m	
8							90	20		Metakumtaşı- Meta konglomera	
9		2 43 4 76 2 21	32 51 7 7	75 127 23 23	13.96		60	20		Gri renkli. Sert ve sağlam yapıda olmasına rağmen genellikle zayıflık düzlemleri boyunca (şistozite yüzeyleri boyunca) kırılmıştır. Bazı çatlak ve boşluklar kalın kalsit dolguludur.	
10							20	0			
11		2 23 4 76 6 132	20 51 7 7	43 146 282 282	18.13		100	0			
12		4 55 2 4	50 105 2 6				100	0			
13		2 12 4 48 6 88	10 22 45 93 79 167		15.47		100	0			
14											
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)		KAYA NİTELİĞİ % (RQD)		AYRISMA DERESESİ (W)			ÇATLAK SIKLIĞI (#/m)				
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)	<1	Masif				
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı				
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış	3-10	Kırıklı				
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Çok Ayrışmış	10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı				
		90-100	Çok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış	>50	Parçalanmış				


TE MEL SONDAJ LOGU																																						
PROJE: AKÇAY BARAJI															Sondaj No: YSK-3																							
															Sayfa No: 2																							
Derinlik (m)	Günlük Durum	İlerileme (m)	Su seviyesi	Kuyu tipi ve kesiti	Mühürleme borusu ve çapını	Mühürleme borusu ve çapını	Mühürleme borusu ve çapını	Su Deneği				Basıncsız Su Deneği		SPT				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama															
								Başlangıç (kg/cm ²)	5 dak kaygı (l)	5 dak kaygı (l)	Toplam kaygı (l)	Lugeon	Su seviyesi (l)	K (cm/s)	1. 15 cm tpin	2. 15 cm tpin	3. 15 cm tpin	SPT N değeri	60 saniyelik darbesiz (cm)	Presiyometre	Dilatometre			Kıvrak yüzdesi (%)	ROD (%)	Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi											
15								4	33	35	88																											
16								2	0	0	0																											
17								2	145	160	305																											
18								4	220	230	450																											
19								6	130	100	230	21.78																										
20								4	23	0	23																											
21								2	0	0	0																											
22								2	12	10	22																											
23								4	23	18	41																											
24								6	33	25	58	4.54																										
25								4	12	6	18																											
26								2	2	1	3																											
27								2	35	30	65																											
28								4	46	39	85																											
29								6	57	51	108																											
30								8	70	61	131	5.08																										
31								6	45	42	87																											
32								4	17	15	32																											
33								2	0	0	0																											
34								2	10	12	22																											
35								4	8	8	16																											
36								6	0	0	0																											
37								8																														
38								6																														
39								4																														
40								2																														
41								2	128	140	268																											
42								4	163	139	302																											
43								6	220	245	465																											
44								8	315	320	635	39.63																										
45								6	184	163	347																											
46								4	101	70	171																											
47								2	48	40	88																											
48								2	232																													
49								PAKER TUTTURULMADI																														
50								2	43	43	86																											
51								4	61	60	121																											
52								6	71	73	144																											
53								8	117	120	237																											
54								10	132	120	252	8.36																										
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)								KAYA NİTELİĞİ %(ROD)				AYRIŞMA DERESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (#m)																						
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)	<1	Masif																															
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı																															
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış	3-10	Kırıklı																															
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Çok Ayrışmış	10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı																															
		90-100	Çok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış	>50	Parçalanmış																															

TEMEL SONDAJ LOGU																										
PROJE: AKÇAY BARAJI															Sondaj No: YSK-3											
															Sayfa No: 3											
Derinlik (m)	Günlük Durum	Kuyu yapılı ve kesici izlenimleri (m)	Su seviyesi	Kuyu çapı ve kesici uc zıncısı	Mutarafına borusu ve çimentolu kısmı	Sonda suyu renk ve bulanıklığı	Su Denevi				Basıncsız Su Denevi		SPT			Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama					
							Başlangıç (kg/cm ²)	5 dak kayıp (l)	Edak kayıp (l)	Totale kayıp (l)	Lugeni	Su kaybı (l)	K (cm/s)	Darbesayısı			Dilatometre	Karst yüzdesi (%)	RQD (%)			Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi			
												1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için	SPT N değeri	50 darbedeki ortalama z (cm)	Presiyometre									
33																										
34																										
35																										
36																										
37																										
38																										
39																										
40																										
41																										
42																										
43																										
44																										
45																										
46																										
47																										
48																										
49																										
50																										
GEÇİRMİMLİK (LUGEON)							KAYA NİTELİĞİ %(RQD)				AYRIŞMA DERESESİ (W)					ÇATLAK SIKLIĞI (#m)										
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf			W1	Taze (Ayrışmamış)					<1	Masif													
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf			W2	Az Ayrışmış					1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı													
5-25	Geçirimli	50-75	Orta			W3	Orta Derecede Ayrışmış					3-10	Kırıklı													
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi			W4	Çok Ayrışmış					10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı													
		90-100	Çok İyi			W5	Tamamen Ayrışmış					>50	Parçalanmış													

nba proje		NBA PROJE MÜŞAVİRLİK, MÜHENDİSLİK ve EĞİTİM SAN. TİC. LTD. ŞTİ.																			
PROJE: AKÇAY BARAJI (SAKARYA)				KUYU NO	YSK-4																
				Sayfa No	1/1																
TEMEL SONDAJ LOGU																					
PROJE: AKÇAY BARAJI				İL: SAKARYA																	
Yeri	: Sağ Sahil-Plinth	Başlangıç Tarihi	: 12.07.2012	Sondaj No	: YSK-4																
Konumu	: Düşey	Bitiş Tarihi	: 20.07.2012	Sayfa No	: 1																
Derinliği	: 50 m	Makina Tipi	: D-500	YERALTISUYU DURUMU																	
Kotu	: 900.43 m	Sondör	: Hüseyin BOZDAĞ	Tarih	Dennlik																
Koordinatlar	X : 262133.91	Logu Hazırlayanlar (İsim, Ünvan, İmza)	Serkan SAKINÇ	15.09.2012	12.90 m																
	Y : 4496676.36		Jeoloji Mühendisi	01.11.2012	12.80 m																
Derinlik (m)	Günlük Durum	Basıncı Su Deneyi	Basıncız Su Deneyi	SPT			Kaya Özellikleri			Jeolojik Kesit	Tanımlama										
				Darbesayısı			Kırılma Dili	Kırılma Ölçüsü (%)	Kırılma Ölçüsü (%)			Çatlak Sıklığı (#m)	Ayrışma Derecesi								
		Basınç Açılmı (%)	5 dak kayıp (0)	5 dak kayıp (0)	Toplam kayıp (0)	Lugeon				Su kayıp (0)	K (cm/s)			1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için	SPT N değeri	50 derinlikteki kırılma (cm)	Presiyometri	Dilatometre	Kayın yüzdesi (%)
0																					
1																					Yamaç Molozu 0.00-1.50 m
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
GEÇİRLİLİK (LUGEON)		KAYA NİTELİĞİ %(ROD)		AYRIŞMA DERESESİ (W)			ÇATLAK SIKLIĞI (#m)														
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)			<1	Masif												
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış			1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı												
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış			3-10	Kırıklı												
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Çok Ayrışmış			10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı												
		90-100	Çok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış			>50	Parçalanmış												

TEMEL SONDAJ LOGU																									
PROJE: AKÇAY BARAJI													Sondaj No: YSK-4												
													Sayfa No: 2												
Derinlik (m)	Günlük Durum	Su seviyesi	Kuyu çipi ve kesici	Mühafaza borusu ve aparatları	Sondaj suyu renk ve %	Su Denevi			Basınçsız Su Denevi		SPT			Kaya Özellikleri			Jeolojik Kesit	Tanımlama							
						Başınc (kg/cm ²)	5 dak kayıp (l)	30 dak kayıp (l)	Toplam kayıp (l)	Lugeon	Su kaybı (l)	K (cm/s)	Darbesayısı			Dilatometre			Karot yüzdesi (%)	RQD (%)	Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi			
													1. 15 cm ipin	2. 15 cm ipin	3. 15 cm ipin	SPT N değeri	50 darbeleki derinlik (cm)	Presiyometre	Dilatometre	Karot yüzdesi (%)	RQD (%)	Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi		
15						4	22	23	45											100	90	W1			
16						2	6	5	11											100	90	W2			
17						2	41	40	81											100	90	W1			
18						4	62	53	115											100	90	W2			
19						6	89	88	177	8.24										100	62	W1			
20						4	48	48	96											100	70	W1			
21						2	19	18	37											100	60	W1			
22						2	51	53	104											100	50	W1			
23						4	75	75	150											100	60	W1			
24						6	105	103	208	13.32										100	60	W1			
25						4	60	59	119											100	50	W1			
26						2	19	18	37											100	50	W1			
27						2	57	59	116											100	50	W1			
28						4	75	72	147											100	90	W1			
29						8	141	139	280	10.15										100	90	W1			
30						6	76	75	151											100	80	W1			
31						4	43	42	85											100	80	W1			
32						2	16	15	31											100	20	W1			
						2	41	42	83											100	90	W1			
						4	53	53	106											100	90	W1			
						6	73	70	143											100	80	W1			
						8	105	106	211	11.59										100	80	W1			
						4	58	59	117											100	80	W1			
						4	32	33	65											100	80	W1			
						2	8	7	15											100	20	W1			
						2	99	101	200											100	65	W1			
						4	163	160	323											100	0	W3			
						6	223	225	448											100	0	W3			
						8	334	330	664	24.34										100	0	W3			
						6	178	175	353											100	0	W3			
						4	94	91	185											100	0	W3			
						2	23	22	45											90	0	W3			
						2	33	32	65											100	90	W1			
						4	46	47	93											100	90	W1			
						6	88	88	176	9.65										100	90	W1			
						4	49	48	97											100	50	W1			
						6	28	29	57											100	50	W1			
						4	9	9	18											100	50	W1			
						2	32	31	63											100	50	W1			
						4	43	42	85											100	26	W1			
						6	55	55	110											80	26	W1			
						8	79	78	157	8.52										80	26	W1			
						10	101	100	201											80	26	W1			
						8	63	65	128											80	26	W1			
						6	48	47	95											80	26	W1			
						4	27	26	53											80	26	W1			
						2	13	12	25											80	26	W1			
GEÇİRLİLİK (LUGEON)						KAYA NİTELİĞİ %(ROD)			AYRISMA DERESESİ (W)			ÇATLAK SIKLIĞI (#m)													
<1 Geçirimsiz						0-25 Çok Zayıf			W1 Taze (Ayrışmamış)			<1 Masif													
1-5 Az Geçirimli						25-50 Zayıf			W2 Az Ayrışmış			1-3 Az Çatlaklı-Kırıklı													
5-25 Geçirimli						50-75 Orta			W3 Orta Derecede Ayrışmış			3-10 Kırıklı													
>25 Çok Geçirimli						75-90 İyi			W4 Çok Ayrışmış			10-50 Çok Çatlaklı-Kırıklı													
						90-100 Çok İyi			W5 Tamamen Ayrışmış			>50 Parçalanmış													

TEMEL SONDAJ LOGU																										
PROJE: AKÇAY BARAJI														Sondaj No: YSK-4												
														Sayfa No: 3												
Derinlik (m)	Günlük Durum	İlerleme (m)	Su seviyesi	Kuyu çapı ve kesici ucuna	Mudatıza borusu ve çimentolarına	Sondaj stajı relik ve %	Su Deneği			Basıncız Su Deneği		SPT				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama					
							Başıncı (kg/cm ²)	5 dak kayıp (l)	5dk kayıp (l)	Toplam kayıp (l)	Lugeon	Su kaybı (l)	K (cm/s)	Darbesayısı				Karat yüzdesi (%)	ROD (%)			Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi			
												1. 15 cm çın	2. 15 cm çın	3. 15 cm çın	SPT N değeri	50 darbedeki ilerleme (cm)	Pregeyometre	Dilatometre								
33																										
34																										
35																										
36																										
37																										
38																										
39																										
40																										
41																										
42																										
43																										
44																										
45																										
46																										
47																										
48																										
49																										
50																										
GEÇİRMİLİK (LUGEON)							KAYA NİTELİĞİ % (ROD)				AYRIŞMA DERESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (#m)											
<1 Geçirimsiz							0-25 Çok Zayıf				W1 Taze (Ayrışmamış)				<1 Masif											
1-5 Az Geçirimli							25-50 Zayıf				W2 Az Ayrışmış				1-3 Az Çatlaklı-Kırıklı											
5-25 Geçirimli							50-75 Orta				W3 Orta Derecede Ayrışmış				3-10 Kırıklı											
>25 Çok Geçirimli							75-90 İyi				W4 Çok Ayrışmış				10-50 Çok Çatlaklı-Kırıklı											
							90-100 Çok İyi				W5 Tamamen Ayrışmış				>50 Parçalanmış											

		NBA PROJE MÜŞAVİRLİK, MÜHENDİSLİK ve EĞİTİM SAN. TİC. LTD. ŞTİ.																	
NBA PROJE MÜŞAVİRLİK MÜHENDİSLİK VE EĞİTİM SANAYİ TİCARET LTD. ŞTİ.		PROJE: AKÇAY BARAJI (SAKARYA)		KUYU NO YSK-5	Sayfa No 1/1														
TEMEL SONDAJ LOGU																			
PROJE: AKÇAY BARAJI				İL: SAKARYA															
Yeri : Sağ sahil yamaç-Plinth		Başlangıç Tarihi : 16.08.2012		Sondaj No : YSK-5 Sayfa No: 1															
Konumu : Düşey		Bitiş Tarihi : 25.08.2012		YERALTISUYU DURUMU															
Derinliği : 60 m		Makina Tipi : D-900		Açıklama															
Kotu : 931.82 m		Sondör : Hüseyin BOZDAĞ		Tarih : 15.09.2012															
Koordinatları X : 262203.24		Logu Hazırlayanlar (İsim, Ünvan, İmza) : Serkan SAKINÇ		Derinlik : 13.66 m															
Y : 4496668.82		Jeoloji Mühendisi		Açıklama															
Derinlik (m)	Günlük Durum	Basıncılı Su Deneyi			Basıncısız Su Deneyi			SPT			Kaya Özellikleri			Jeolojik Kesit	Tanımlama				
		Basınçlı Su Deneyi	Basıncısız Su Deneyi	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT						
		Basınçlı Su Deneyi	Basıncısız Su Deneyi	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT	SPT				
		5 dak-kayıp (l)	5 dak-kayıp (l)	Toplam kayıp (l)	Lugeon	Su kaybı (l)	K (cm/s)	1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için	SPT N1 değeri	50 darbovukla alınma (cm)	Presyometre	Dilatometre	Karot yatağı (%)	ROD (%)	Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi	
0																			
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
GEÇİRMİLİK (LUGEON)		KAYA NİTELİĞİ (%ROD)			AYRIŞMA DERECESESİ (W)			ÇATLAK SIKLIĞI (#m)											
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf		W1	Taze (Ayrışmamış)			<1			Masif							
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf		W2	Az Ayrışmış			1-3			Az Çatlaklı-Kırıklı							
5-25	Geçirimli	50-75	Orta		W3	Orta Derecede Ayrışmış			3-10			Kırıklı							
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi		W4	Çok Ayrışmış			10-50			Çok Çatlaklı-Kırıklı							
		90-100	Çok İyi		W5	Tamamen Ayrışmış			>50			Parçalanmış							

TEMEL SONDAJ LOGU														Sondaj No: YSK-5									
PROJE: AKÇAY BARAJI														Sayfa No: 2									
Derinlik (m)	Günlük Durum	İlerleme (m)	Su seviyesi	Kuyu çipi ve kesiti	Muhafaza borusu ve penetrasyonu	Sondaj suyu renk ve %	Su Deneği			Lugeon	Basıncsız Su Deneği		SPT				Kaya Özellikleri			Jeolojik Kesit	Tanımlama		
							Basınç (kg/cm ²)	5 dak kayıp (l)	5 dak kayıp (l)		Toplam kayıp (l)	Su kaybı (l)	K (cm/s)	Darbesayı	Dilatometre	Karat yüzdesi (%)	ROD (%)	Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi				
15							2	75	74	149							100	0					
16							4	126	127	253							100	50					
17							4	104	106	210							100	0					
18							2	68	67	135							100	0					
19							2	94	96	190							80	38					
20							4	149	151	300							100	65					
21							6	229	231	460	20.83						100	65					
22							4	136	137	273							80	38					
23							2	68	70	138							80	38					
24							4	41	40	81							80	30					
25							4	52	51	103							80	35					
26							6	76	75	151							80	60					
27							8	100	98	198	6.26						100	80					
28							6	68	66	134							100	20					
29							4	44	43	87							100	20					
30							2	27	29	56							100	12					
31							2	68	66	134							80	12					
32							4	67	68	175							80	12					
							6	121	120	241							90	30					
							8	199	200	399	11.35						90	30					
							6	111	113	224							90	0					
							4	63	65	128							90	0					
							2	25	23	48							90	0					
							2	62	61	123							90	60					
							4	74	73	147							90	60					
							6	96	95	191							90	60					
							8	132	133	265	11.42						90	60					
							6	88	90	178							80	80					
							4	66	67	132							80	80					
							2	52	50	102							80	26					
							2	21	20	41							80	26					
							4	35	34	69							80	26					
							6	54	55	109							80	26					
							8	67	68	133							80	26					
							10	83	82	165	5.70						80	26					
							8	51	50	101							80	26					
							6	31	30	61							80	26					
							4	25	24	49							80	26					
							2	8	8	17							80	26					
GEÇİRLİLİK (LUGEON)							KAYA NİTELİĞİ %(ROD)					AYRIŞMA DERESESİ (W)					ÇATLAK SIKLIĞI (#m)						
<1							0-25					W1					<1						
1-5							25-50					W2					1-3						
5-25							50-75					W3					3-10						
>25							75-90					W4					10-50						
							90-100					W5					>50						
Geçirimsiz							Çok Zayıf					Taze (Ayrışmamış)					Masif						
Az Geçirimli							Zayıf					Az Ayrışmış					Az Çatlaklı-Kırıklı						
Geçirimli							Orta					Orta Derecede Ayrışmış					Kırıklı						
Çok Geçirimli							İyi					Çok Ayrışmış					Çok Çatlaklı-Kırıklı						
							Çok İyi					Tamamen Ayrışmış					Parçalanmış						

TEMEL SONDAJ LOGU														Sondaj No: YSK-5	
PROJE: AKÇAY BARAJI														Sayfa No: 3	
Derinlik (m)	Günlük Durum	Su Deneği	Basıncsız Su Deneği	SPT				Kaya Özellikleri	Jeolojik Kesit	Tanımlama					
				Darbesayısı											
		Basınç (kg/cm ²)	Su kaybı (l)	1. 15 cm. için	2. 15 cm. için	3. 15 cm. için	SPT N değeri	90. Jantlı delişi derinliği (cm)	Presiyometre	Dilatometre	Karot yüzdesi (%)	RQD (%)	Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi	
33		24 42 47 56 66 86 85 51 40 31 18	23 41 48 57 66 85 84 51 39 30 19	47 63 95 113 131 151 102 79 61 37	5.02						90	10	W2		
34		27 31 18	27 27 18	44 39 37							100	10	W2 - W3		
35		10 21 33 44	9 20 31 44	19 41 64 87	2.88						100	42	W2 - W3		
36		10 50 35 27 15 6	49 99 36 27 15 5	99 71 54 30 11							100	80	W2 - W3		
37		23 35 40 57 60	22 36 41 56 59	45 71 81 113 119	5.84						100	10	W2		
38		45 34 25 15	46 35 24 16	91 69 48 31							90	20	W2		
39		7 12 23 30 36 24 14 10 3	7 11 22 31 37 25 15 9 3	14 23 45 61 73 49 29 19 6	2.42						100	50	W2		
40		7 12 23 30 36 24 14 10 3	6 11 24 29 35 23 13 8 2	13 23 47 59 71 47 27 18 5	2.26						90	0	W2		
41		30 42 54 69 83 52 41 27 18	29 43 55 68 82 51 40 26 17	59 85 109 137 185 103 81 47 35	4.49						90	34	W2		
42		15 23 38 47 55 40 28 21 13	13 21 37 46 54 39 37 20 11	28 44 75 93 109 79 63 41 24	4.81						90	70	W2		
43		28 43 65 72 87 67 34 21 19	27 44 66 71 86 66 35 20 19	55 87 131 143 173 153 95 69 40	7.08						80	0	W2		
44		28 43 65 72 87 67 34 21 19	27 44 66 71 86 66 35 20 19	55 87 131 143 173 153 95 69 40							100	20	W2		
45		28 43 65 72 87 67 34 21 19	27 44 66 71 86 66 35 20 19	55 87 131 143 173 153 95 69 40							90	42	W2		
46		15 23 38 47 55 40 28 21 13	13 21 37 46 54 39 37 20 11	28 44 75 93 109 79 63 41 24							90	0	W2		
47		15 23 38 47 55 40 28 21 13	13 21 37 46 54 39 37 20 11	28 44 75 93 109 79 63 41 24							90	0	W2		
48		15 23 38 47 55 40 28 21 13	13 21 37 46 54 39 37 20 11	28 44 75 93 109 79 63 41 24							80	0	W2		
49		28 43 65 72 87 67 34 21 19	27 44 66 71 86 66 35 20 19	55 87 131 143 173 153 95 69 40							80	0	W2		
50		28 43 65 72 87 67 34 21 19	27 44 66 71 86 66 35 20 19	55 87 131 143 173 153 95 69 40							100	20	W2		
GEÇİRLİLİK (LUGEON)		KAYA NİTELİĞİ (%RQD)		AYRIŞMA DERECEİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (#m)							
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)				<1	Masif					
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış				1-3	Az Çatlaklı-Kirikli					
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış				3-10	Kirikli					
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Çok Ayrışmış				10-50	Çok Çatlaklı-Kirikli					
		90-100	Çok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış				>50	Parçalanmış					

META KONGLOMERA-METAKUMTAŞI


Genellikle siyah-gri, bazı seviyelerde ise yeşilimsi renktedir. Bolca kalsit ve siliks bantları içermektedir.

Yer yer cm mertebesinde erime boşlukları gözlenmektedir.

Sert ve sağlam yapılı, çok kırıklı, kırıklar çoğunlukla şistoziteye paralel gelişmiş.

Metamorfizmadan dolayı çakıllarda yönelim gözlenmektedir.

6.20-60.00 m

TEMEL SONDAJ LOGU															
PROJE: AKÇAY BARAJI													Sondaj No: YSK-5		
													Sayfa No: 4		
Derinlik (m)	Günlük Durum	Su Deneği	Basıncısız Su Deneği	SPT			Kaya Özellikleri	Jeolojik Kesit	Tanımlama						
				Darbesayısı											
		Başlangıç (l)	Su kaybı (l)	1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için	SPT N değeri	60 darbedeki ilerleme (cm)	Presiyometre	Dilatometre	Karot yüzdesi (%)	RCD (%)	Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi	
51		23 22	45								100	20		 <p>META KONGLOMERA-METAKUMTAŞI Genellikle siyah-gri, bazı seviyelerde ise yeşilimsi renktedir. Bolca kalsit ve sileks bantları içermektedir. Yer yer cm mertebesinde erime boşlukları gözlenmektedir. Sert ve sağlam yapılı, çok kırıklı, kırıklar çoğunlukla sistoziteye paralel gelişmiş. Metamorfizmadan dolayı çakıllarda yönelim gözlenmektedir.</p> <p>6.20-60.00 m</p>	
52		23 22	45								100	0			
53		13 23	25								100	55			
54		13 23	25								100	75			
55		15 29	29								90	20			
56		15 29	29								90	34			
57		30 52	59								90	40			
58		30 52	59								90	60			
59		23 26	48								80	40			
60		23 26	48								80	29			
KUYU SONU 60.00 m															
61															
62															
63															
64															
65															
66															
67															
68															
GEÇİRLİLİK (LUGEON)		ELİĞİ (%/ROD)		AYRIŞMA DERECE (W)					ÇATLAK SIKLIĞI (#m)						
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)					<1	Masif				
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış					1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı				
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış					3-10	Kırıklı				
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Çok Ayrışmış					10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı				
		90-100	Çok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış					>50	Parçalanmış				

nba proje		NBA PROJE MÜŞAVİRLİK, MÜHENDİSLİK ve EĞİTİM SAN. TİC. LTD. ŞTİ.												
NBA PROJE MÜŞAVİRLİK MÜHENDİSLİK VE EĞİTİM SANAYİ TİCARET LTD. ŞTİ.		PROJE: AKÇAY BARAJI (SAKARYA)					KUYU NO YSK-6		Sayfa No 1/1					
TEMEL SONDAJ LOGU														
PROJE: AKÇAY BARAJI						İL: SAKARYA								
Yeri : Talveg		Başlangıç Tarihi : 25.07.2012		Sondaj No : YSK-6		Sayfa No : 1		YERALTISUYU DURUMU						
Konumu : Düşey		Bitiş Tarihi : 29.07.2012		Makina Tipi : D-500		Tarih		Derinlik		Açıklama				
Derinliği : 40 m		Sondör : Hüseyin BOZDAĞ		Logu Hazırlayanlar (İsim, Ünvan, İmza) : Serkan SAKIŒ		15.09.2012		1.65 m						
Kotu : 865,81 m		Jeoloji Mühendisi				01.11.2012		1.61 m						
Koordinatları X : 262156.48														
Y : 4496754.92														
Derinlik (m)	Günlük Durum	Basıncılı Su Deneyi	Basıncısız Su Deneyi	SPT				Kaya Özellikleri				Jeolojik Kesit	Tanımlama	
				Darbesayısı				Kırılma Yüzdesi (%)	ROD (%)	Çatlak Sıklığı (#m)	Ayrışma Derecesi			
İlerleme (m)	Su seviyesi	Basınç (kg/cm ²)	Su kaybı (l)	K (cm/s)	1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için					SPT N değeri	50 dibecekteki penetrasiyon hızı (cm/s)	Presiyometri
0														
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
GEÇİRMİMLİK (LUGEON)		KAYA NİTELİĞİ %(RQD)		AYRIŞMA DERESESİ (W)				ÇATLAK SIKLIĞI (#m)						
<1	Geçimsiz	0-25	Cok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)				<1	Masif				
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış				1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı				
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış				3-10	Kırıklı				
>25	Cok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Cok Ayrışmış				10-50	Cok Çatlaklı-Kırıklı				
		90-100	Cok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış				>50	Parçalanmış				

TEMEL SONDAJ LOGU													
PROJE: AKÇAY BARAJI												Sondaj No: YSK-6	
												Sayfa No: 3	
Derinlik (m)	Günlük Durum	Su Seviyesi	Su Denevi	Basıncsız Su Denevi	SPT			Kaya Özellikleri	Jeolojik Kesit	Tanımlama			
					Darbesayısı								
İlerleme (m)			Başlangıç (kg/cm ²)	Su (cm/s)	1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için	Karot yüzdesi (%)	RQD (%)	Çatlak sıklığı (#m)	Ayrışma derecesi		
			5 dak kayıp (l)	5 dak kayıp (l)	Toplam kayıp (l)	Lugleli	Su kaybı (l)	K (cm/s)					
33			96	94	190				100	12			
34			56	51	107				10	0			
35			2	3	5								
36			53	51	104				100	40			
37			80	83	163								
38			104	106	210								
39			149	148	298								
40			189	186	377								
41			138	137	275								
42			89	101	200								
43			51	53	104								
44			23	22	45								
45			73	71	144				100	40			
46			103	105	208								
47			120	121	241								
48			196	199	395								
49			222	225	447								
50			141	140	281								
51			81	79	160								
52			27	26	52								
53			11	8	19								
54			52	52	104								
55			76	74	150								
56			88	80	178								
57			144	145	289								
58			163	166	329								
59			101	100	201								
60			60	59	119								
61			38	36	74								
62			11	12	23								
KUYU SONU 40.00 m													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
GEÇİRMİLİK (LUGEON)			KAYA NİTELİĞİ (%RQD)			AYRISMA DERESESİ (W)			ÇATLAK SIKLIĞI (#m)				
<1	Geçirimsiz		0-25	Çok Zayıf		W1	Taze (Ayrışmamış)			<1	Masif		
1-5	Az Geçirimli		25-50	Zayıf		W2	Az Ayrışmış			1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı		
5-25	Geçirimli		50-75	Orta		W3	Orta Derecede Ayrışmış			3-10	Kırıklı		
>25	Çok Geçirimli		75-90	İyi		W4	Çok Ayrışmış			10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı		
			90-100	Çok İyi		W5	Tamamen Ayrışmış			>50	Parçalanmış		

nba proje		NBA PROJE MÜŞAVİRLİK, MÜHENDİSLİK ve EĞİTİM SAN. TİC. LTD. ŞTİ.																				
NBA PROJE MÜŞAVİRLİK MÜHENDİSLİK VE EĞİTİM SANAYİ TİCARET LTD. ŞTİ.		PROJE: AKÇAY BARAJI (SAKARYA)					KUYU NO		YGSK-1													
		Sayfa No					1/1															
TEMEL SONDAJ LOGU																						
PROJE: AKÇAY BARAJI						İL: SAKARYA																
Yeri : Göl Alanı		Başlangıç Tarihi : 27.08.2012		Sondaj No: YGSK-1		Sayfa No: 1		YERALTISUYU DURUMU														
Konumu : Düşey		Bitiş Tarihi : 01.09.2012		Tarih		Derinlik		Açıklama														
Derinliği : 60 m		Makina Tipi : D-900		01.11.2012		3.25 m																
Kotu : 875.46 m		Sondör : Hüseyin BOZDAĞ																				
Koordinatları X : 261746.51		Logu Hazırlayanlar (İsim, Ünvan, İmza) Serkan SAKIŇ																				
Y : 4496831.03		Jeoloji Mühendisi																				
Derinlik (m)	Günlük Durum	Su Seviyesi	Kuyu çipi ve testci	Mühüratçı borusu ve çimentolama	Sondaj sıvısı renk ve %	Basıncılı Su Deneyi			Basıncısız Su Deneyi			SPT			Kaya Özellikleri			Jeolojik Kesit	Tanımlama			
						Basınç (kg/cm ²)	5 dakik kayıp (l)	5 dakik kayıp (l)	Toplam kayıp (l)	Lugeon	Su kaybı (l)	K (cm/s)	1. 15 cm için	2. 15 cm için	3. 15 cm için	SPT N değeri	50 dibecekte ilerleme (cm)			Presiyometre	Dilatometre	Paraziz yüzdesi (%)
0																						
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
GEÇİRLİMLİK (LUGEON)		KAYA NİTELİĞİ (%RQD)		AYRISMA DERESESİ (W)			ÇATLAK SIKLIĞI (#m)															
<1	Geçirimsiz	0-25	Çok Zayıf	W1	Taze (Ayrışmamış)	<1	Masif															
1-5	Az Geçirimli	25-50	Zayıf	W2	Az Ayrışmış	1-3	Az Çatlaklı-Kırıklı															
5-25	Geçirimli	50-75	Orta	W3	Orta Derecede Ayrışmış	3-10	Kırıklı															
>25	Çok Geçirimli	75-90	İyi	W4	Çok Ayrışmış	10-50	Çok Çatlaklı-Kırıklı															
		90-100	Çok İyi	W5	Tamamen Ayrışmış	>50	Parçalanmış															

EK 2: Araştırma Çukuru Logları

Derinlik		Örnek		Birim	Zemin	Sembol	Malzeme Miktarı (%)			İri Malzeme Miktarı (%)	
(m)	Türü	No	Derinlik	Tanımlaması	Profili		Silt-Kil	Kum	Çakıl+Blok	<7.5 cm	<20.00 cm
0.50				0.00-1.70m BİTKİSEL TOPRAK.							
1.00											
1.50			1.70m	1.70-3.70M KUMTAŞI. Akçay metamorflerine ait kumtaşı. (makine zorlanarak açabildi.)							
2.00	TN										
2.50											
3.00											
3.50			3.70m								
4.00											
4.50											
5.00											
5.50											
6.00											
6.50											
7.00											
Not: Sol sahil yamaçta plint üzerinde.					Kisaltmalar TN : Torba Örnek UD : Örselenmemiş Numune						
					Mühendis						
					Kontrol Müh.						
					Onay						

Derinlik		Örnek		Birim	Zemin	Sembol	Malzeme Miktarı (%)		İri Malzeme Miktarı (%)	
(m)	Türü	No	Derinlik	Tanımlaması	Profili		Silt-Kil	Kum	Çakıl+Blok	<7.5 cm
0.50				0.00-1.20m BİTKİSEL TOPRAK.						
1.00			1,20m							
1.50				1.20-2.90M METAÇAMUR- TAŞI						
2.00	TN									
2.50										
3.00			2,90m							
3.50										
4.00										
4.50										
5.00										
5.50										
6.00										
6.50										
7.00										
Not: Sağ sahilde Plint üzerinde dere yatağına çok yakın.						Kısaltmalar TN : Torba Örnek UD : Örselenmemiş Numune				
						Mühendis				
						Kontrol Müh.				
						Onay				



NBA PROJE MÜŞAVİRLİK, MÜHENDİSLİK
ve EĞİTİM SAN. TİC. LTD.ŞTİ.

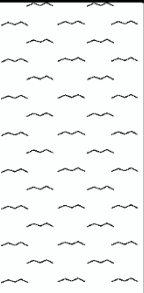

ARAŞTIRMA ÇUKURU LOGU

Proje Adı : AKÇAY BARAJI		Çukur No: AÇ-3	
Yer : SAĞ SAHİL		Tarih : 26.11.2012	
Koordinat X: 262 086		Hava Durumu : Açık, Güneşli	
Y: 44 96 682		Kazı Yöntemi : Makine	
Duvarın Duraylılığı :		Kazıcı Tip : Back-hoe	Tarih
		Kazı Süresi : 25 dk	Derinlik
			Açıklama
			YOK.

Derinlik	Örnek		Birim	Zemin	Sembol	Malzeme Miktarı (%)		İri Malzeme Miktarı (%)		
	Türü	No				Derinlik	Tanımlaması	Profili	Silt-Kil	Kum
0.50				0.00-1.20m BİTKİSEL TOPRAK.						
1.00			1,20m							
1.50				1.20-2.90M METAÇAMUR- TAŞI						
2.00	TN									
2.50										
3.00			2,90m							
3.50										
4.00										
4.50										
5.00										
5.50										
6.00										
6.50										
7.00										

Not: Sağ sahilde Plint üzerinde dere yatağına çok yakın.

Kısaltmalar
TN : Torba Örnek
UD : Örselenmemiş Numune
Mühendis
Kontrol Müh.
Onay

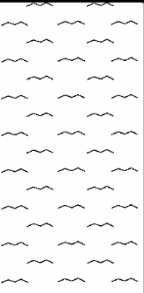

Derinlik		Örnek		Birim	Zemin	Sembol	Malzeme Miktarı (%)					İri Malzeme Miktarı (%)
(m)	Türü	No	Derinlik	Tanımlaması	Profili		Tahmini					
						Silt-Kil	Kum	Çakıl+Blok	<7,5 cm	<20,00 cm		
0.50	TN			0.00-2.30m ALÜVYON.								
1.00												
1.50												
2.00												
2.30m.												
2.50			2,70m.	2.30-2.70M. Akçay metamorfilerine ait kayalar.								
3.00												
3.50												
4.00												
4.50												
5.00												
5.50												
6.00												
6.50												
7.00												
Not: Vadi içerisinde. (Alüvyon kalınlığını belirlemek amacı ile yapılmıştır).						Kısaltmalar TN : Torba Örnek UD : Örselenmemiş Numune						
						Mühendis						
						Kontrol Müh.						
						Onay						



NBA PROJE MÜŞAVİRLİK, MÜHENDİSLİK
ve EĞİTİM SAN. TIC. LTD.ŞTİ.

ARAŞTIRMA ÇUKURU LOGU

Proje Adı : AKÇAY BARAJI		Çukur No: AÇ-11	
Yer : VADI İÇERİSİNDE.		Tarih : 28.11.2012	
Koordinat X: 262 081		Hava Durumu : Açık, Güneşli	
Y: 44 96 699		Kazı Yöntemi : Makine	
Duvarın Duraylılığı :		Kazıcı Tip : Back-hoe	Tarih
		Kazı Süresi : 40 dk	Derinlik
			Açıklama
			YOK.

Derinlik	Örnek		Birim	Zemin	Sembol	Malzeme Miktarı (%)					İri Malzeme Miktarı (%)
	Türü	No				Derinlik	Tanımlaması	Profili	Tahmini		
(m)						Silt-Kil	Kum	Çakıl+Blok	<7,5 cm	<20,00 cm	
0.50	TN			0.00-2.30m ALÜVYON.							
1.00											
1.50											
2.00											
2.30m.											
2.50			2,70m.	2.30-2.70M. Akçay metamorfilerine ait kayalar.							
3.00											
3.50											
4.00											
4.50											
5.00											
5.50											
6.00											
6.50											
7.00											

Not: Vadi içerisinde. (Alüvyon kalınlığını belirlemek amacı ile yapılmıştır).

Kısaltmalar
TN : Torba Örnek
UD : Örselenmemiş Numune

Mühendis
Kontrol Müh.
Onay

Derinlik		Örnek		Birim	Zemin	Sembol	Malzeme Miktarı (%)			İri Malzeme Miktarı (%)	
(m)	Türü	No	Derinlik	Tanımlaması	Profili		Silt-Kil	Kum	Çakıl+Blok	<7.5 cm	<20.00 cm
0.50											
1.00											
1.50											
2.00	TN					CL					
2.50											
3.00				0.00- 6.00m KİL. Çok yumuşak kıvamda CL tipi Kil. (6metreden sonra devam ediyor).							
3.50											
4.00											
4.50											
5.00											
5.50											
6.00			6.00m.								
6.50											
7.00											
Not: Sol sahilde kretin 30-40metre mamba tarafında.					Kisaltmalar TN : Torba Örnek UD : Örselenmemiş Numune						
					Mühendis						
					Kontrol Müh.						
					Onay						



NBA PROJE MÜŞAVİRLİK, MÜHENDİSLİK
ve EĞİTİM SAN. TİC. LTD.ŞTİ.

ARAŞTIRMA ÇUKURU LOGU

Proje Adı : AKÇAY BARAJI				Çukur No: AÇ-16		
Yer : SOL SAHİL		Tarih : 28.11.2012		Sayfa No : 1		
Koordinat X: 262 065		Hava Durumu : Açık, Güneşli		YERALTISUYU DURUMU		
Y: 44 96 840		Kazı Yöntemi : Makine		Tarih	Derinlik	Açıklama
Duvarın Duraylılığı :		Kazıcı Tip : Back-hoe				YOK.
		Kazı Süresi : 25 dk				

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halil İbrahim AYDIN

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Geoteknik	Devam ediyor
Yüksek Lisans	Marmara Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Mühendislik Yönetimi	2018
Lisans	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği	2015
Lise	Hasan Sağır Anadolu Lisesi	2009

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2019-Halen	Yertek Mühendislik A.Ş	Geoteknik Tasarım ve Kontrol Mühendisi
2017-2019	Perform Geoteknik Mühendislik A.Ş	Geoteknik Tasarım Mühendisi
2016-2017	FSM 61 İnşaat	Saha ve Teknik Ofis Mühendisi
2016-2016	Berke İnşaat	Saha ve Teknik Ofis Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce