

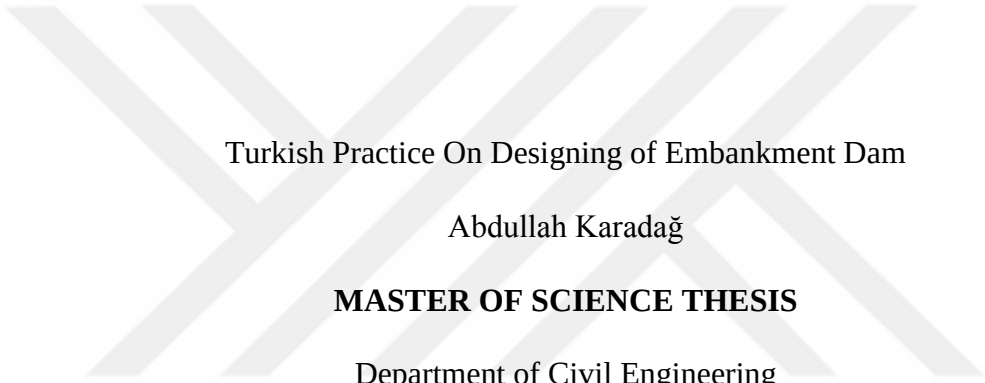
Dolgu Baraj Tasarımında Türkiye Pratiği

Abdullah Karadağ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Mayıs 2018



Turkish Practice On Designing of Embankment Dam

Abdullah Karadağ

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Civil Engineering

May 2018

Dolgu Baraj Tasarımında Türkiye Pratiği

Abdullah Karadağ

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Geoteknik Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Hasan TOSUN

Mayıs 2018

ONAY

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Abdullah Karadağ'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Dolgu Tasarımında Türkiye Pratiği” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Hasan TOSUN

İkinci Danışman :-----

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Hasan TOSUN

Üye : Doç. Dr. İsmail ZORLUER

Üye : Doç. Dr. Volkan OKUR

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Hasan TOSUN danışmanlığında hazırlamış olduğum “Dolgu Baraj Tasarımında Türkiye Pratiği” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim.25/05/2018

Abdullah KARADAĞ

İmza

ÖZET

Toprak dolgu barajların genel stabilitesi, iki ayrı esasta değerlendirilir. Birincisi, statik deformasyon analizidir. Bu analizde, ilave yükten dolayı dolgu malzemesi ve temel zemini içindeki hacimsel değişme, yanal yayılma veya kayma hareketi sonucunda ortaya çıkan deformasyonun büyüklüğü ve hızı hesaplanır. İkincisi ise statik stabilite analizidir. Bu yöntemde dolgu şevleri, dolgu malzemesi ve temel zemini özellikleri ile yerel zemin koşulları dikkate alınarak analiz edilir. Farklı yükleme koşulları için memba ve mansap şevlerinin stabilitesi değerlendirilir ve güvenlik sayıları hesaplanır. Hesaplanan bu değerlerin, şartnamelerde ve standartlarda yer alan ilgili değerleri sağlaması yeterli görülür. Analizlerde deprem durumu, en büyük yer ivmesinin (PGA) fonksiyonu olarak tanımlanan bir sismik katsayı ile temsil edilir.

Dolgu barajların stabilite analizleri; bir potansiyel göçme düzlemi boyunca yer alan malzemelerin kayma dayanımlarının belirlenmesini gerekli kılar. Efektif gerilme esasında Mohr-Coulomb göçme kriterlerine ait klasik eşitlik kullanılarak kayma dayanımı hesaplanır. Drenajsız kayma dayanımlarına bağlı olarak oluşan kayma dayanımı, zeminin göçme öncesi sahip olduğu efektif konsolidasyon basıncının bir fonksiyonudur. Şev stabilite analizinde dikkate alınan efektif konsolidasyon basıncı, göçme öncesi potansiyel göçme yüzeyine etkiyen normal efektif gerilme olarak değerlendirilir.

Toprak ve kaya dolgu barajların stabilite analiz yöntemlerinde, genellikle dairesel ve düzlemsel göçme yüzeylerine göre hesaplamalar yapılır. Barajların stabilite analizi, daima sınır denge yöntemleri kullanılarak yapılır.

Bu araştırmada, seçilmiş otuz-dört dolgu barajların şev stabilitesi ile ilgili tasarım esasları incelenmiştir. Farklı yükleme koşulları için güvenlik sayıları belirlenmiş, her bir baraj için kritik durum tespit edilerek ülkemiz pratiği ile değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Baraj, toprak dolgu baraj, kaya dolgu baraj, şev stabilitesi, Dönüştürülmüş Bishop Yöntemi

SUMMARY

There are two major methods to evaluate dam stability. First one is deformation analysis, in which the speed and magnitude of deformation in foundation soil and embankment materials are determined as based on volumetric change, lateral expansion or shear movement, which is resulted by additional embankment loads. Second one is static stability analysis. In this method, slopes of embankment are analyzed considering the properties of embankment materials and foundation soils. In other words, the stability for upstream and downstream slopes of embankment is assessed and then factor of safety is calculated. The calculated value of safety factor should provide the required value given in specification and engineering codes. For earthquake case, a seismic coefficient is considered on basis of Peak Ground Acceleration (PGA) obtained from seismic hazard analysis.

The slope stability analyses require shear strength of materials on the potential slip surface. The effective shear strength is determined by means of conventional Mohr-Coulomb failure criteria. The undrained shear strength is based on the effective consolidation pressure at failure case. Effective consolidation pressure is considered as effective stress acting on normal direction to potential failure surface.

The methods of slope stability used for earth and rockfill dams, circular and consideration failure surface is considered. The slope stability analysis of embankment dams is always executed considering by limit equilibrium methods.

In this research, thirty-four embankment dams were investigated interms of their slope stability. Safety factors were determined for various loading conditions for each dam. As based on the results of this research, Turkish practice on designing the slopes for embankment dams was evaluated.

Keywords: dam, earthfill dam, rockfill dam, slope stability, modified Bishop method

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Hasan Tosun' a, motivasyon desteği ve yaptığı dualar için annem ve babama, yoğun çalışmalarım sırasında sabır gösterdiği ve bana katlandığı için eşime, sürekli çalışmama izin verdiği için oğullarım Yusuf ve Kerem Beraat' e, bana vermiş olduğu manevi destek nedeniyle ablam ve kardeşim Rıdvan' a, çalışmam sırasında küçük veya büyük yardımını esirgemeyen herkese teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1.GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	3
2.1Malzeme Esasları.....	3
2.2Bilgisayar Destekli Çözümler.....	3
3. DOLGU BARAJ PRATİĞİNDE GENEL TANIMLAR.....	4
3.1 Baraj Tanımı ve Sınıflama.....	4
3.1.1 Rijit Baraj Tipleri.....	5
3.1.2 Dolgu Baraj Tipleri.....	6
3.1.2.1.Toprak dolgu barajlar.....	6
3.1.2.1.Kaya dolgu barajlar.....	9
3.1.2.1.Toprak-kaya dolgu barajlar.....	11
3.2 Dolgu Statik Çözümleri.....	12
3.3. Dolgu Dinamik Çözümleri.....	13
4. DOLGU ŞEVİ STABİLİTE ANALİZ YÖNTEMLERİ	15
4.1 Genel Yöntem.....	15
4.2 Dönüştürülmüş Bishop Yöntemi.....	18
4.3 Dolgu Baraj Analiz Esasları.....	21
4.3.1 Tasarım Parametreleri Seçimi ve Malzeme Özellikleri.....	21
4.3.2 Problemin Tanımı.....	23
4.3.3 Yükleme Koşulları ve Analiz Tipleri.....	25
5. TÜRKİYE DOLGU BARAJ PRATİĞİ VE SEÇİLMİŞ ÖRNEKLER.....	29
5.1 Toprak Dolgu Barajlar.....	30

İÇİNDEKİLER(devam)**Sayfa**

5.2 Kaya Dolgu Barajlar.....	34
6. MUKAYESELİ ANALİZLER.....	38
6.1 Malzeme Özellikleri.....	38
6.2 Şev Eğimleri.....	41
6.3 Kret Genişliği.....	45
6.4 Güvenlik Sayıları.....	47
7. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	48
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	59
EK AÇIKLAMALAR.....	61
Ek Açıklama-A: Baraj Özellikleri.....	61
Ek Açıklama-B: Atatürk Barajı Analiz Sonuçları	96

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Potansiyel kayma yüzeyi ve dilimler.....	16
4.2. Bir dilime etkiyen kuvvetler (Budhu,2000).....	16
4.3. Değişik güvenlik sayısı tanımları: (a) Limit Denge Durumu,(b) Kuvvet Denge Yöntemi ve (c) Limit Moment Yöntemi.....	18
4.4. Dönüştürülmüş Bishop Yönteminde bir dilime etkiyen kuvvetler.....	19
4.5. Bishop Yönteminde kullanılan m_a değeri.....	21
4.6. Kayma dayanımı ile ilgili tasarım zarfları (a) ani düşme hali ve (b) işletme hali.....	27

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Çalışmada dikkate alınan barajların özellikleri.....	29
6.1. Barajlara ait malzeme özellikleri.....	39
6.2. Barajlara ait malzeme özellikleri.....	40
6.3. Toprak dolgu barajlarda memba şev eğimleri.....	42
6.4. Toprak dolgu barajlarda mansap şev eğimleri.....	42
6.5. Kaya dolgu barajlarda memba şev eğimleri.....	43
6.6. Kaya dolgu barajlarda mansap şev eğimleri.....	43
6.7. Toprak dolgu barajlarda kil çekirdek şev eğimleri.....	44
6.8. Kaya dolgu barajlarda kil çekirdek şev eğimleri.....	44
6.9. Çalışmada dikkate alınan barajların kret genişlikleri.....	46
6.10. Çalışmada dikkate alınan tüm barajlar için güvenlik sayıları.....	47
7.1. İnşaat sonu hali için memba ve mansap şevleri güvenlik sayıları aşılma değerleri.....	51
7.2. Ani düşme hali için mansap şevleri güvenlik sayıları aşılma değerleri.....	52
7.3. İşletme hali kısmı depolama için memba ve mansap şevleri güvenlik sayıları aşılma değerleri.....	53
7.4. İşletme hali en büyük depolama için memba ve mansap şevleri güvenlik sayıları aşılma değerleri	54
7.5. Depremli hali için memba ve mansap şevleri güvenlik sayıları aşılma değerleri.....	55
7.6. Çalışmada dikkate alınan barajların USBR ve Japon standartına göre aşılma oranları.....	56

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Baraj; sulama, içme suyu, endüstriyel su temini ve elektrik enerjisi üretimi için rezervuar oluşturulması, taşkın kontrolünün yapılması, rekreasyon sahalarının planlanması ile metalurji ve maden sanayinde atık madde stoklanması gibi gayelerle farklı tipte ve farklı malzemelerden inşa edilen büyük ebatlı bir istinat yapısıdır. Gelişmiş batılı ülkelerde rezervuar teşkil etmek amacıyla oluşturulmuş depolama tesisleri, “baraj” kavramı içinde ele alınmaktadır. Ancak bu tesisler için yapı yüksekliklerine göre değişik tanımlamalar yapılmaktadır. Yüksekliği 15 m ve daha yüksek olan yapılar “büyük baraj”, yüksekliği 15 m’den düşük olan yapılar ise “küçük baraj” olarak tanımlanmıştır. Genellikle konuyla ilgili yapılmış olan şartnameler ve geliştirilen tasarım kriterlerini bu temel ayrım dikkate alınarak oluşturulmuştur. Ülkemizde ise yüksekliği 15 m’den düşük depolama tesisleri, “gölet” olarak adlandırılmaktadır. Uluslararası Büyük Barajlar Komitesi(ICOLD), baraj güvenliği kavramı içinde yeni bir tanımlama oluşturmuştur. Bu tanılamaya göre, yüksekliği 15 m’den büyük veya rezervuar hacmi 3 hm^3 ’den az olmayan 5m’den yüksek her depolama tesisi,”büyük baraj” kavramı içinde ele alınmalıdır (Tosun, 2007).

Suyun insan, hayvan ve bitki hayatı için vazgeçilmez bir kaynak olması sebebiyle, bu kaynağın canlı yaşamı için kullanılması doğrultusunda yapılan çalışmalar aslında insanın varoluşu ile başlamıştır. Bu amaçla yapılan çalışmaların, M.Ö. 3000 yıllarına kadar uzandığına dair kayıtlar mevcuttur. Baraj uygulamalarının çok uzun bir geçmişi olması sebebiyle, baraj mühendisliği ham işlerden gittikçe uzaklaşan sistemli uygulamalara doğru gelişmiştir. Antik dönemdeki baraj inşaatları, tecrübe ile elde edilmiş basit birikimleri oluşturmuştur. Bundan sonraki dönemlerde edinilen birikimler; zamanla artmış ve bilimle birleşerek bugünkü "baraj mühendisliği" kavramına ulaşmıştır (Tosun, 2007).

Dolgu baraj inşa pratiğindeki gelişme, taşıma ve sıkıştırma işlemleri için hayvan gücü yerine makine gücünün kullanılmasıyla XIX. yüzyılda hızlandı. 1900 yılından sonra atlar tarafından çekilen vagonlar, greyderler, düz silindirler ve tırmıklardan, keçiayaklı kompaktörler ve paletli traktör araçları ihtiva eden ağır ekipmanlara dönüş genel bir kullanım haline geldi. 1950 ve 1960’lı yıllarda vibrasyonlu silindirlerin, önce kum ve çakıl zeminlerin, sonra kaya dolgunun sıkıştırılmasında kullanılması geniş bir kullanım gördü.

Bu gelişme; sıkıştırılmış kaya dolgu barajların dump edilmiş dolgulara tercih edilmesindeki önemli bir etkiyi oluşturdu. İnşa edebilme kabiliyetindeki artışla birlikte, hacimce daha büyük dolguların inşasına doğru bir eğilim doğdu. Ayrıca daha rijit barajlar için gereken jeolojik ve topografik şartlardaki sınırlamalar, dolgu barajların tercih edilmesine neden oldu.

XX. yüzyıla kadar dolgu barajların projelendirilmesinde kullanılan bilgilerin çoğu ampirikti. Oluşan kuvvetleri karşılamak için temel birimine ve baraj gövdesine ait reaksiyonlar kolay belirlenemediğinden, baraj boyutlarına büyük oranda oluşan hasar ve göçmeler esasında karar veriliyordu. Halbuki beton ve kagir barajlar için analitik yöntemler, basit yaklaşımlardan çıkartılmış olmasına rağmen, nispi olarak belli esaslara dayanıyordu. Örneğin; ağırlık barajlar, kayma ve dönmeye direnci sağlayacak şekilde boyutlandırılıyordu. Bu yapılar içinde hesaplanan çekme gerilmeleri genellikle en düşük seviyedeydi. Beton ve dolgu barajların her ikisinin de nümerik analizi, son 50 yıl içinde gelişti. Bilimsel gelişmeler, büyük, ekonomik ve güvenilir yapıların projelendirilmesinde önemli bir rol oynadı. Bilimsel gelişmelerle birlikte pratikte edinilen deneyimler, yeni gelişmelerin esasını oluşturdu.

Bu çalışmada, ülkemizde inşa edilen toprak ve kaya dolgu barajların şev stabilitesi için edinilen birikimlerin irdelenmesi ve bu pratikten bir sonucun çıkartılması amaçlanmıştır. Seçilmiş bazı dolgu barajların şev stabilite analizleri incelenmiş ve bu konuda edilen benzerlikler dolgu tipine ve malzeme özelliklerine göre kategorize edilmiştir. Çalışmada, bir paket program kullanılmıştır.

Bu çalışmada, toprak ve dolgu barajların şev stabilitesi esasında ülkemizde oluşan pratik değerlendirilmektedir. Seçilmiş bazı barajlar dikkate alınarak ve bunlar üzerinde Dönüştürülmüş Bishop Yöntemi ile analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada seçilmiş örnekler üzerinde bir paket bilgisayar stabilite programı (GSTABL7) ile çözümler üretilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Malzeme Esasları

Bu çalışma, seçilmiş bazı toprak ve kaya dolgu barajların şev stabilitesi incelenerek ülkemizde oluşan pratik değerlendirilmiştir. Bu amaçla 19 adet toprak dolgu baraj ve 15 adet kaya dolgu baraj dikkate alınarak çözüm üretilmiştir. Bu barajlar ve fiziksel özellikleri Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2.'de verilmektedir. Toprak dolgu barajlarda merkezde bir kil çekirdek ve kabuk dolgu olarak geçirimli ve yarı geçirimli dolgu yer almaktadır. Kabuk zon ile kil çekirdek arasında kum ve çakıl malzemeden oluşan bir geçiş zonu yer almaktadır. Çoğu barajda ise mansap bölümünde de topuk dren tasarlanmıştır.

Kaya dolgu barajlarda ise merkezde kil çekirdek yer almakta ve kabuk dolgu olarak kaya malzeme kullanılmaktadır. Kaya malzeme ile kil çekirdek arasında bir geçiş zonu yer almaktadır. Bu geçiş zonu, kum ve çakıl filtreden oluşmaktadır. Çoğu kaya dolgu barajda, memba batardosu kesit içinde tasarlanmıştır.

2.2. Bilgisayar Destekli Çözüm

Şev stabilite analizlerinin yapılması için değişik paket programlar kullanılmaktadır. Bu programların tamamı limit denge koşulu için çözüm üretmekte ve 2- boyutlu analiz yapmaktadır. Bu çalışmada, iki ayrı ticari bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu programlar ve çalışma esasları, aşağıda özet olarak verilmektedir.

Bu çalışmada GSTABL 7.0 programı kullanılmıştır. Bu program; sınır denge koşullarında ve 2- boyutlu şev stabilite analizi yapabilme kabiliyetine sahip ve Windows ortamında veri kabul edilip sonuçlar sunabilen bir paket programdır. ABD'de Purdue Üniversitesi ile FWHA kurumu tarafından hazırlanan STABL6-1986 adlı programın geliştirilmiş şeklidir. Dönüştürülmüş Bishop, Basitleştirilmiş Janbu ve Spencer yöntemi kullanılarak, İngiliz ve SI ölçü sisteminde çözümler oluşturmaktadır. Program, Microsoft Fortran derleyicisi ile derlenmiştir. 1999 yılında Purdue Üniversitesi STABL6 versiyonu geliştirmiş ve aynı yıl içinde GSTABL7 şeklinde dönüştürülmüştür.

3. DOLGU BARAJ PRATİĞİNDE GENEL TANIMLAR

3.1 Baraj Tanımı ve Sınıflama

Baraj bir akarsu üstüne, akışı kesmek ya da denetim altına almak amacıyla yapılan engel, başka bir tanımlamada ise bir ırmağın suyunu belli bir yükseklikte tutarak depolamak amacıyla bir vadi boyunca inşa edilen hidrolik yapılar bütünüdür. Günümüzde de geçerli olan barajların ilk ve temel amacı sulamadır. Bununla birlikte taşkın düzenleyici olarak, hidroelektrik enerji ve içme suyu kaynağı olarak da barajlardan yararlanılır. Bu farklı işlevler çoğu zaman bir barajda bir araya gelir. Diğer ikincil kullanım amaçları ise “sanayide (çamurlu atık suların tutulması),suyolu taşımacılığında, denizden toprak kazanma ve su planlamasında” olarak sıralanabilir.

Barajlar kesitlerine ve kullanılan yapı malzemesinin türüne göre sınıflandırılır. Başlıca baraj tipleri; toprak dolgu, kaya dolgu, çakıl dolgu, taş örme ağırlık, taş örme kemer, Karma(kemer ve ağırlık), çelik ya da ahşap barajlardır. İlk dört tipi eski çağlardan beri kullanılmaktadır; ötekiler ise 19. ve 20. yüzyıllarda geliştirilmişlerdir.

Barajlar insan eseri yapıların en eskilerindendir. Nüfus artışları ve ekonomik gelişimler, dünyanın pek çok bölgesinde halkın, tarımın ve sanayinin suya ve enerjiye olan ihtiyacının sürekli ve düzenli bir biçimde karşılanmasını gerektirmiştir. Bu amaçla yükseklik bakımından olduğu kadar uzunluğu bakımından da gittikçe daha büyük rezervuarlarının yapımı zorunlu olmuştur. İşte bu bakımdan, barajların günümüze kadarki gelişmesi söz konusu demografik ve ekonomik gelişimlerle tam olarak çakışır. Hesap ve araştırma araçlarındaki gelişmelerle yapım yöntemlerindeki yenilikler, bundan böyle bu önemli yapıların daha güvenli olarak, daha az masrafla ve daha kısa sürede gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte temel ilkeler ve beton veya toprak baraj gibi değişik baraj türleri arasındaki farklılıklar hep aynı kalmıştır.

Barajlar, değerlendirme amaçlarına bağlı olarak değişik şekilde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalar arasında; kullanım amacı, hidrolik tasarım ve kullanılan malzemeye

göre yapılan sınıflamalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Sulama ve enerji amaçlı projelendirilen barajlarda, kullanılan malzemeye göre yapılan sınıflama benimsenmiştir.

Kullanılan malzemeye göre yapılan sınıflamada barajlar; rijit barajlar ve dolgu barajlar olmak üzere iki ana bölüme ayrılırlar. Dolgu barajlar; genellikle toprak dolgu, kaya dolgu ve toprak kaya dolgu olmak üzere üç ayrı grup içinde değerlendirilir. Rijit barajlar ise; beton, çelik ve ahşap gibi daha rijit çalışan malzemelerden inşa edilmektedir. Konuyla ilgili değerlendirme, esas itibariyle, (Tosun 2007 ve Tosun 2008).

3.1.1 Rijit baraj tipleri

Rijit barajlar; beton, kargir, çelik ve ahşap olmak üzere değişik şekilde sınıflandırılabilir. Ayrıca silindirik sıkıştırılmış beton barajlarda bu tip içinde değerlendirilmektedir.

Beton Barajlar

Beton barajlar; ağırlık, kemer ve payandalı olmak üzere üç ayrı şekilde sınıflandırılır. Beton ağırlık baraj kendi ağırlığı ile su ikisine karşı koyacak şekilde projelendirilir. Bu baraj tipinin sağlam kaya temeller üzerinde inşa edilmesi benimsenmiş bulunmaktadır. Ancak uygun katof koşullarının sağlanabileceği alüvyon temeller üzerinde de düşük yükseklikte inşa edilebilmektedir. Bu baraj tipinin, kret üstünden suyun savaklanmasını sağlayan dolusavak yapısı ile birlikte inşa edilmesi, en önemli avantajını teşkil etmektedir. Ağırlık barajlar; planda düz olur veya eğrilik taşıyabilir. Eğrilik taşıyan plan; hem maliyet hem de emniyet yönünden bazı avantajlar sağlayabilir.

Diğer Rijit Baraj Tipleri

Beton barajların dışında kalan yer rijit barajlar; kargir baraj, çelik barajı ve ahşap baraj olarak bilinir. Kargir barajlar; genellikle tuğla, taş, beton, betonarme veya ilkel gerilmeli beton gibi malzemelerin biri veya birkaçını kullanmak suretiyle inşa edilir. 1900'lü yılların başlarında dünyada çok sayıda kargir tipinde baraj inşa edilmiştir. Ancak bu baraj tipin inşasında önemli ölçüde en işçiliğinin gerekli olması ve o tarihten sonra

beton teknolojisinde edinilen gelişmeler; bu bağış tipinin ilerleyen yıllarda terk edilmesine neden olmuştur. Çelik baraj; gövdesi çelik olan ve eğik payandalarla mesnetlenen baraj tipidir. “Direk payandalı çelik baraj” ve “konsol çelik baraj” olmak üzere iki ana tipi bulunmaktadır (Tosun, 2008).

Silindirli Sıkıştırılmış Beton Baraj

Silindirli sıkıştırılmış beton (RCC) Barajlar; genellikle beton ağırlık barajlar olarak değerlendirilir. Bazı yayınlarda bu baraj tipinin rijit baraj ile dolgu baraj arasında bir geçiş oluşturduğu belirtilmektedir. Bu tip barajların stabilite gereksinimleri ve analiz yöntemleri, ağırlık barajlarla aynıdır. İnşaat yöntemlerine ilave olarak bu barajlar; ağırlık barajlardan karışım esasları ve yardımcı yapıların detayları önünde ayrılır. Silindirli sıkıştırılmış beton barajların inşasında, özel geliştirilmiş RCC tekniği kullanılmaktadır.

3.1.2 Dolgu baraj tipleri

Dolgu barajlar; toprak dolgu, kaya dolgu ve toprak-kaya dolgu barajlar olmak üzere üç ana grup içine sınıflandırılabilirler.

3.1.2.1 Toprak dolgu barajlar

Toprak dolgu barajlar, bugün en genel kullanımı olan baraj tipini oluşturmaktadır. Çünkü esas olarak barajın inşası, en az işlemi gerekli kılan tâbi durumundaki malzemenin kullanımını ihtiva etmektedir. Üstelik toprak dolgu barajlar, diğer tiplere göre nispi olarak daha az zorluklu zemin problemlerinden sahiptir. Özellikle sulama için suyun depolanmasının esas olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde de bu tip barajların inşası; bazı üstünlüklere sahip olması nedeniyle tercih edilmektedir. Toprak dolgu barajlar; rezervuardaki Fazla suyun tahliyesi için dolu savak gibi hizmet görecekt ilave yapıları gerekli kılmaktadırlar. Bir toprak dolgu barajın temel dezavantajı, dolusavak kapasitesinin yeterli olmadığı durumda suyun kürekten aşmasının yapacağı erozyon ve buna bağlı olarak barajda oluşacak hasar ve göçmenlerdir. Bazı durumlarda özel önlemler alınmadı takdirde, kemirgen hayvanlar gövdede hasara, hatta göçmelere neden olabilmektedirler.

Homojen Toprak Dolgu Baraj

Bu tip barajlar; genellikle kil, kumlu kil, killi kum ve çakıllı kumlu kil zeminden inşa edilir. Ancak sızmanın kabul edilebilir olduğu durumlarda siltli kum, kum ve Kumlu Çakıl gibi çok geçirgen zeminlerde kullanılabilir. Bu tip barajlarda içsel sızma veya erozyon kontrolü sağlanmalıdır. Homojen toprak dolgu barajlar, mansap yüzünde ortaya çıkan borulanma göçmesi ve sızma yönünden duyarlıdır. Bu tip dolgular, geçmişte nispi olarak yüksek barajlar için kullanılıyordu. Ancak bugün düşük tehlike arz eden bölgelerde 5 m yükseklikle sınırlandırılmaktadır.

Topuk Drenli Toprak Dolgu Baraj

Homojen toprak dolgu barajda olduğu gibi kil kumlu kil, killi kum ve çakıllı kumlu kil zeminden ve eğer sızma kabul edilirse siltli kum, kum ve kum mu çakıl gibi çok geçirirken zeminlerden inşa edilmektedir. Toprak dolgu ile topuktaki kaya dolgu arasında uygun bir filtre kullanımı ile içsel erozyon ve sızma kontrol altında tutulabilmektedir. Eğer toprak dolgu için yatay-düşey permeabilite değerleri birbirine çok yakın ise, topuk diren sızma suyunu toplayacaktır. Ancak toprak dolgu barajlarda ilgili veriler arasındaki oran genellikle 1'den büyüktür. Bazen bu oran 9'a ulaşabilmekte ve hatta daha büyük olabilmektedir. Bu durumda içsel erozyonun oluşmasına neden olabilecek mansap yönünde sızma kontrol edilemeyecektir. Geçmişte daha yüksek barajlar için kullanılan topuk da drenli toprak dolgu baraj tipleri, bugün düşük tehlikeli bölgelerde 10 m yükseklik ile sınırlandırılmıştır.

Zonlu Toprak Dolgu Baraj

Bu tip barajlar; memba yüzü veya merkezi çekildiği kil, kumlu kil, kirli kum ve çakıl-kum-kil zeminlerin karışımından inşa edilir. Bu baraj tipinin dış zonları, benzer malzemelerden inşa edilebilir, ancak bu malzemeler daha az sıklık derecesinde ve çekirdeğin sahip olduğundan daha düşük su muhtevasında yerleştirilmelidir. Alternatif olarak dış zon, ayrılmış veya sıkıştırma esnasında kırabilecek kaya malzemedan veya

kaya-zemin karışımından oluşturulabilir. Kaya malzeme zemin ile karıştığı zaman, çekirdek malzemenin sahip olduğu her permeabiliteden Daha büyük bir değeri sahip olmaktadır. Bu karışım; aynı zamanda içsel erozyon kontrolünü sağlayacak şekilde, yeterince ince taneli zemin ihtiva etmelidir. Bu şekilde, eğer çekirdek içinden konsantre olmuş bir akım yok ise (örneğin çekirdek içinde çatlama meydana gelmemişse), uygun içsel sızma sağlığına bilmektedir. Ancak içsel erozyon; dış zonun toprak dolgu çekirdeği bir filtre gibi projelendirilmesinden dolayı, bütünüyle kontrol edilemez. zonlu toprak dolgu baraj tipi, geçmişte 30 metreden yüksek barajlar için kullanılmış bulunmaktadır. Bu tip; bugün dünyada 20 metreden yüksek barajlar için pek genel bir kabul görmemektedir (Tosun, 2008).

Yatay Drenli Toprak Dolgu

Homojen toprak dolguda kullanılan benzer malzemeden inşa edilir, ancak yüksek permeabiliteye sahip kum veya kum ve çakıldan oluşan ve barajın mansap bölümünde yer alan bir yatay dren ihtiva etmektedir. Eğer toprak dolgu baraj için k_h/k_v oranı bire yakınsa, yatay dren mansap şevinden oluşacak sızmanın toplanmasında etkili olarak görev yapacaktır. Bu durumda dren Bir filtre gibi çalışacak şekilde projelendirilirse, aynı zamanda içsel erozyon da kontrol edilebilecektir. Ancak bir topuk drenli mi dolgu baraj için yatay/düşey permeabilite oranı (k_h/k_v) oranı oldukça yüksektir ve sızma yatay dreni bypass ederek mansap topuğunda ortaya çıkabilir. Bu durumda ne içsel sızma, ne de içsel erozyon etkili olarak kontrol edilebilecektir. Geçmişte bazı gelişmiş batılı ülkelerde 50 metreye kadar olan barajların büyük bir bölümü, bir şey dren olmaksızın yalnızca yatay dren ile inşa edilmiş bulunmaktadır. Bu şekilde inşa edilmiş barajların bazıları, halen ölçüm ve gözlemlerle birlikte işletmede tutulmaktadır. Yalnızca yatay dren ile inşa edilen toprak dolgu baraj yüksekliklerinin, düşük veya orta tehlike oranına sahip bölgelerde, 10 metre ile sınırlandırılması önerilmiştir.

Düşey ve Yatay Drenli Toprak Dolgu Baraj

Bu tip barajlarda, homojen toprak dolgu barajların inşa edildiği malzemeler kullanılabilir. Ancak baraj, yüksek permeabiliteli kum veya kumlu çakıldan oluşan düşey dren ve yatay dren ihtiva etmektedir. Bir şey dren, baraj içinden oluşan sızmayı

önlemektedir. Eğer Düşey ve yatay diren Yeterli akım kapasitesine sahip ise, düşey direnin mansabı doygun koşullarda olmayacaktır. Eğer girenler filtre gibi çalışacak şekilde projelendirildi ise, içsel erozyon kontrol edilecektir. Bu durum özellikle geçirimli özelliğe sahip kurum, kuruluş Çakıl ve killi Kumlu Çakıl veya erozyon oluşma potansiyeli olan ayrıışmış geçirimli kaya gibi temel malzeme üzerine inşa edilen barajlar için önemlidir. Yatay giren; aynı zamanda bana hiç temelinde oluşacak sızmayı da toplayarak, bu sızmanı dolgu içinde oluşturacağı boşluk suyu basıncının olumsuz etkisini önleyecektir. Bu baraj tipinin; nispi olarak yüksek baraj inşaaı için uygun olduğu değerlendirilmektedir. Bugün dünyada bu şekilde inşa edilmiş yüksekliğı 30 ile 50 metre arasında değışen bir şey çok baraj bulunmaktadır (Tosun, 2007 ve 2008).

3.1.2.2 Kaya dolgu barajlar

Kaya dolgu baraj, stabiliteyi sağlamak amacıyla tüm boyuttaki kaya parçalarını ve su geçirimsizliğini sağlamak amacıyla da bir geçirimsizlik membranın ihtiva etmektedir. Bu baraj tipi; genellikle yüksek baraj inşa edilmesinin gerektiğı, ancak geçirimsiz değıl sağlamak amacıyla kullanılan toprak malzemenin yeterince bulunmadığı durumda tercih edilir. Geçirimsizlik membranı olarak ifade edilen bölüm; bir geçirimsiz zemin, bir beton veya asfaltlı beton tabakası, çelik plaka ve geomembran gibi diğerk bazı elemanlardan biri veya birkaçının kullanımıyla oluşturulabilir. Kaya dolgu barajlarda da toprak dolgu barajlarda olduğu gibi suyun üstten açmasının neden olduğu hasarlar görülebilir.

Önyüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu Baraj

Bu baraj tipi; esas itibari ile serbest drenajlı kaya tipi; esas itibari ile serbest drenajlı kaya dolgu, beton tabakası ve beton tabakası ile hayat dolgu arasına yerleştirilen ve beton tabakasına yataklık eden daha ince bir kaya dolgudan oluşmaktadır. Yatak tabakası olarak ifade edilen daha ince kaya malzeme, yüzey kaplaması için üniform destek sağlamaktadır. Yüzey kaplaması; kaya dolgun bütünüyle yerleştirildikten sonra oluşturulur. Kaplama üzerindeki su yükünün neden olduğu deformasyonların oluşturacağı çatlamayı kontrol için derzler oluşturulur, geçirimsizliğı sağlamak için su kesiciler kullanılır ve gerekli destekleme yapılır. Eğer uygun vasıflı ve serbest drenajı sağlayan kaya dolgu kullanılırsa, baraj içinde boşluk suyu basınçları gelişmeyecek ve memba ile mansap şevleri genellikle

kaya dolgunun repons açısında olacaktır. Zayıf kaliteli kaya dolgu malzemesinin kullanılması durumunda, baraj stabilitesi yönünden önem arz eden olası bazı problemler meydana gelecektir.

Bu tip barajlar; plinth ve ön yüzünün kalıp maliyeti yüzünden 20 metreden düşük yükseklikler için ekonomik olmamaktadır. Ön yüzü beton kaplı barajlar, özellikle toprak dolgu yerleştirilmesinin pratik olmadığı aşırı yağış alan bölgelerde ve iyi kaya temelinin olduğu baraj yerlerin de uygundur. Ülkemizde yüksek yağış alan doğu Karadeniz bölgesinde inşa edilen 133 metre yüksekliği olan Kürtün Barajı bu tipte inşa edilmektedir. Bu baraj; Türkiye’de ön yüzü beton kaplı kaya dolgu baraj tipinin ilk örneğidir (Tosun, 2007 ve 2008).

Önyüzü İnce Membran Kaplı Kaya Dolgu Baraj

Bu tip barajlarda, baraj gövdesi ideal olarak kum, kumlu çakıl veya kaya dolgudan inşa edilmektedir. Gövdenin memba yüzü, kalınlığı 0.2 mm ile 2 mm arasında değişen sentetik membran ve kalınlığı 3-8 mm arasında değişen bitüm malzeme ile kaplanmaktadır. Membran; bir kum veya kumlu çakıl yatak malzemesi ile desteklenmekte ve güneş ışığından, dalga hareketinden ve yüzen rüsubatın ortaya çıkardığı hasardan korunmak için bir kum-çakıl, kaya ufağı veya ince bir döşeme tabakası ile örtülmektedir. Uluslararası Büyük Barajlar Komitesi, bu tip membranların 30m’den yüksek olmayan barajlarda kullanılmasının uygun olacağını önermiştir.(Tosun, 2007 ve 2008). Ancak bu tipte inşa edilen barajlardan elde edilen deneyimlere bağlı olarak bu tasarımın daha yüksek barajlar için kullanımı söz konusu olabilecektir.

Önyüzü Bitümlü Beton Kaplı Kaya Dolgu Baraj

Bu baraj tipinde baraj gövdesi, ideal olarak serbest drenajlı kaya malzeme veya çakıl/kum dolgudan inşa edilmektedir. Ancak gövdede kullanılan toprak ve kaya dolgu daha geniş bir aralıkta olabilir. Bitümlü beton yüz; dolgu üstüne yerinde yerleştirilir ve iki sıkı bitümlü beton tabakadan ve bu iki tabaka arasında yer alan bir drenaj tabakasından oluşmaktadır. Bir başka ifade ile, bitümlü beton yüz, sandviç şeklinde bir yapıya sahiptir. Sızma ve borulanma kontrolü, bitümlü beton ve dolgu içindeki drenaj tabakası tarafından

sağlanır. Bugün dünyada yüksekliği 50m' ye ulaşan bu barajlar inşa edilmiş bulunmaktadır.

3.1.2.3. Toprak- kaya dolgu barajlar

Bu tip barajlarda stabiliteyi sağlamak amacıyla kaya dolgu, geçirimsizliği sağlamak amacıyla da toprak dolgu kullanılır. Yüksek baraj inşa etmenin gerekli olduğu veya yeterli geçirimsiz toprak malzemenin olmadığı koşullarda, bu tip tercih edilir. Bu baraj tiplerinde kullanılan kaya dolgunun esas amacı ağırlık sağlamaktır. Toprak dolgu ve önyüzü beton kaplı kaya dolgu barajlarda olduğu gibi bu tipte de, projelendirilen barajın üstünden (kret üzerinden) suyun aşmamasına dikkat edilmelidir.

Merkez Çekirdekli Toprak-Kaya Dolgu Baraj

Bu baraj tipinde, homojen dolgu barajlarda tanımlanan şekli ile toprak dolgudan oluşan bir merkezi çekirdek inşa edilir. Çekirdek dolgu; eğer sızma kabul ediliyorsa, nispi olarak daha yüksek permeabiliteye sahip siltli kum veya iyi sıkıştırılmış ayrılmış kaya malzeme kullanılarak oluşturulur. Çekirdek; memba ve mansap yüzlerinde kaya dolgu zonları ile desteklenir. Kullanılan kaya; ideal olarak dayanımı yüksek ve dayanıklı olmalı ve kalıcı olarak serbest drenaja sahip bulunmalıdır. Pratikte, sık sık zayıf kaya malzemeler kullanılmaktadır. Ancak bu durumda, içsel erozyonu önlemek için çekirdek ile kaya dolgu arasında filtre zonları projelendirilir. Eğer kaya dolgu yeterince geçirgen ise, toprak dolgu çekirdek içinden oluşacak sızımı kolayca deşarj edebilecek ve mansaptaki kaya dolgu bütünüyle kuru kalacaktır. Çekirdek içinde oluşan boşluk basınçları; k_h/k_v oranına bağlıdır, ancak toprak dolgunun kaya dolgu ile desteklenmesi nedeniyle baraj stabilitesi bu basınçlara hassas değildir (Tosun, 2007 ve 2008).

Membaya Eğik Çekirdekli Toprak-Kaya Dolgu Baraj

Bu baraj tipi, merkez çekirdekli kaya dolgu baraj tipinde kullanılan malzemelerle inşa edilir. Ancak barajda geçirimsizliği sağlayan çekirdek, barajın memba bölümünde ve membaya doğru eğimli olarak projelendirilir. Çekirdek zonunun, membaya doğru eğimli inşa edilmesinin bazı avantajları bulunmaktadır: (i) Merkezi çekirdekte olduğundan daha

az toprak kullanılır. (ii) Çekirdek malzemesi ve filtre zonları, mansap kaya dolgudan sonra yerleştirilebilir. Bu şekildeki bir uygulama, toprak dolgu inşasının, pratik olmadığı yoğun yağışlı dönemlerde, dolgu inşasının durmamasını sağlar. (iii) Memba şevinde veya yakınında çekirdeğin yerleştirilmesi, kademeli inşaatı kolaylaştırır. (iv) Barajın mansap sevi daha dik inşa edilebilir. Ancak son maddede ifade edilen avantaj; memba şevinin daha yatıl inşa edilmesi ile dengelenir. Çünkü bu tip barajlarda çekirdeğin membaya doğru eğik olması ve bu zonun da korunma ihtiyacı, memba şevinin merkez çekirdekli kaya dolgu barajlara göre daha yatık olmasını gerekli kılmaktadır.

3.2.Dolgu Statik Çözümleri

Toprak dolgu barajların genel stabilitesi, esas itibariyle dolgu şevleri, dolgu malzemesi ve temel zemini özellikleri ile yerel zemin koşulları dikkate alınarak analiz edilir. Farklı yükleme koşulları için memba ve mansap şevlerinin stabilitesi değerlendirilir ve güvenlik sayıları hesaplanır. Hesaplanan bu değerlerin, şartnamelerde ve standartlarda yeralan ilgili değerleri sağlaması yeterli görülür. Analizlerde deprem durumu, en büyük yer ivmesinin (PGA) fonksiyonu olarak tanımlanan bir sismik katsayı ile temsil edilir.

Dolgu barajların stabilite analizleri; bir potansiyel göçme düzlemi boyunca yer alan malzemelerin kayma dayanımlarının belirlenmesini gerekli kılar. Efektif gerilme esasında Mohr-Coulomb göçme kriterlerine ait klasik eşitlik kullanılarak kayma dayanımı hesaplanır. Drenajsız kayma dayanımlarına bağlı olarak oluşan kayma dayanımı, zeminin göçme öncesi sahip olduğu efektif konsolidasyon basıncının bir fonksiyonudur. Şev stabilite analizinde dikkate alınan efektif konsolidasyon basıncı, göçme öncesi potansiyel göçme yüzeyine etkiyen normal efektif gerilme olarak değerlendirilir.

Dolgu barajların stabilite analiz yöntemlerinde, genellikle dairesel ve düzlemsel göçme yüzeylerine göre hesaplamalar yapılır. Dairesel kayma düzlemi, çoğunlukla temelde ince taneli ve kalınlığı fazla bir zemin üzerinde yer alan toprak dolgu barajlarda dikkate alınır. Düzlemsel kayma ise, genellikle sıkı ve sağlam temel birimleri üzerine inşa edilen kaya dolgu barajlar ile çok ince zayıf temel birimleri üzerine yer alan toprak dolgu barajlar için uygundur. Barajların stabilite analizi, daima sınır denge yöntemleri kullanılarak yapılır. Bazı durumlarda sonlu eleman yöntemi ile de stabilite analizi yapılmaktadır.

Çözüm için benzer esaslara sahip ve yaklaşık sonuçlar veren Basitleştirilmiş Bishop, Spencer, Janbu ve Sarma gibi yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada Basitleştirilmiş Bishop yöntemi kullanılarak çözüm üretilmiştir.

3.3. Dolgu Dinamik Stabilité Çözümleri

Dolgu barajlar dinamik koşullar için stabil olmalıdır. Barajların deprem emniyetinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için anlamlı sismik parametrelerin kullanılması gerekmektedir. Barajlarda ve ilgili yapılarda oluşan hasarların, ya direkt olarak baraj temelini kesen veya temele yakın fay hareketlerinden veya barajdan belli uzaklıkta oluşan bir depremin baraj temelinde ortaya çıkardığı yer hareketinden kaynaklandığı düşünülürse, yapı emniyeti yönünden bu parametrelerin seçiminin ve seçilen bu parametrelerin tasarımıda kullanılmasının, ne denli önemli olduğu açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

Dolgu barajlar için sismik analiz, deprem yükü altında dolgunun ve temelin stabilitesinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen deformasyon ve sıvılaşma analizlerini ihtiva eder. Dolgu barajların dinamik analizinin yapılabilmesi için deprem büyüklüğü ve uzaklığı ile baraj yerine ait yer hareketi parametreleri (ana kayada ve zemin yüzeyinde) gereklidir. Dinamik analizin yapılması ile barajın ve temel zemininin sıvılaşması için potansiyel durumun ve depremin yarattığı salınımın bir neticesi olarak barajdaki kalıcı deformasyonların bulunması arzu edilir. Her iki analiz için iki temel aşama mevcuttur. Bunlar, dinamik respons hesaplaması ile boşluk basıncı ve deformasyon hesabıdır. ICOLD (1989), baraj ve temel zemininin deformasyon analizinin basitleştirilmiş yöntemlerle yapılabileceğini ifade etmiştir. Ancak alternatif olarak sonlu eleman yöntemi ile de deformasyon analizi yapılabilmektedir (Tosun, 2002).

Depreme maruz kalmış dolgu barajlarda, ya dolgudaki dayanım eksilmesine bağlı olarak ya çökme, oturma ve çatlama gibi aşırı deformasyon problemleri gözlenebilir. Beton barajlarda ise, oluşan ilave yanal kuvvetlerin ve momentlerin etkisi altında gövde içinde aşırı çatlamların oluşması beklenmektedir ki; bu durum genel stabilite esasında değerlendirilir. Baraj malzemesinin sismik parametreleri hakkında ilk bilgileri elde etmek amacıyla, dolgunun basit yöntemler ile ön tasarımı gerçekleştirilir. Eğer kullanılan malzemeler dayanım kaybı yönünden şüphe arzetmiyor ve tehlike ile ilgili risk oranları

düşük ise, sismik değerlendirme parametrelerinin tanımlanması için basitleştirilmiş yöntemlerin bütünüyle yeterli olacağı ifade edilmiştir (Tosun, 2002).

Deprem hareketlerine maruz kalan dolgunun davranışının belirlenmesinde kullanılan değişik analiz yöntemleri mevcuttur. Bunlar arasında püsoda-statik analiz, kayma kiriş yöntemi, sonlu eleman yöntemi ve model deneyleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Püsoda-statik analiz yöntemi, dolgu barajların dinamik analizi için önerilen yöntemlerden en basiti olup, 50 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. Bundan daha ayrıntılı ve hassas çözümler olmasına rağmen, bu yöntem dolgu üzerinde deprem etkileri mekanizmasının öğrenilmesinde hala etkili olarak kullanılmaktadır. Dolgu tasarımında püsoda-statik analiz pratiği, kritik potansiyel göçme yüzeyi boyunca kaymaya karşı en düşük güvenlik sayısını ihtiva etmektedir. Analiz, bir statik problemin çözümü şeklinde yapılır ve yatay kuvvet bir sismik katsayının ve potansiyel kayma yüzeyi ağırlığının çarpımı olarak ifade edilir. Güvenlik sayısının 1,0'ı sağlaması genellikle yeterli görülür.

Sonlu eleman yöntemi, bir sürekli gövdenin sonlu sayıda küçük elemanlarını ihtiva etmekte ve her eleman için kuvvet ve deformasyon arasındaki ilişkiyi belirledikten sonra, sürekli gövdenin statik veya dinamik problemlerini her elemanın statik problemlerinin tamamı gibi dikkate almaktadır. Sonlu eleman yöntemi, küçük boyuttaki elemanlarla yapının düzenli bir şekle sahip olmayan bölümünü analiz etme imkânını sağlamaktadır. Bugün artık yüksek hız ve kapasiteli bilgisayar ile yöntem, geometri ve malzeme ile ilgili doğrusal olmayan özeliğin, tasarım ve analiz yöntemiyle bütünleşmesinde çok faydalı olarak kullanılmaktadır.

4. DOLGU ŞEV STABİLİTE ANALİZ YÖNTEMLERİ

4.1. Genel Yöntemler

Şev stabilitesi için kullanılan yöntemler iki şekilde değerlendirilir. Bu yöntemlerden ilki olan limit denge yöntemlerinde, potansiyel bir kayma düzlemi üzerinde yer alan zemin kütlesinin kuvvet ve moment dengesinin sağladığı varsayımından yola çıkılır (Anderson ve Richards,1992,Janbu 1973,Morgenstern 1965). Bu yöntemlerin kullanılma sebebi, yöntemlerin basit olması ve uygulamalarının basit olmasıdır. Bu yöntemler arasındaki farklar, dilim kuvvetleri hesabında yapılan kabullerdir.

Limit denge yöntemlerinde kayma yüzeyi daha önceden tayin edilerek veya kabul edilerek stabilite hesaplanır ve bu yöntemlerde kayma oluşabilecek diğer potansiyel kayma yüzeyleri içinde kayma mukavemeti hesaplanarak en kritik kayma yüzeyi belirlenir. Daha sonra birçok deneme yüzeyi ve potansiyel kayma yüzeyi için bulunan güvenlik sayılarının en küçük değeri hesaplarda kullanılır. Bu hesaplardan elde edilen güvenlik sayılarının, uygulama için yapılan şevin kullanım amacına göre belirlenecek güvenlik katsayısından küçük çıkması durumunda şevin stabil olmadığını, belirlenen ve gerekli güvenlik sayısından büyük olması durumunda ise stabil olduğu anlaşılır.(Tosun 1989, TS 8853 1991)

Dilim yöntemine göre kayan kütle düşey dilimlere bölünerek dilimlerin statik dengelerine göre güvenlik sayısı tespit edilir. (Şekil 4,1.) Dilim tabanları gerçekte eğimli olmasına rağmen hesap kolaylığı sağlanması bakımından doğrusal kabul edilir ve boşluk suyu basıncının her dilimin orta noktasındaki değeri alınır. Yeraltı suyunun sızması halinde boşluk suyu basınçlarını hesaplamak için akım ağlarından faydalanır. Dilimlerin etkileşiminden dolayı hareketlerin ortak olduğu varsayım ve kütlenin beraber hareketi söz konusu olduğundan, tüm dilimler için tek ve ortak bir güvenlik sayısı bulunur. Dilim ağırlığı, $W=y.b.h$ (4,1.) formülüyle bulunur (y; zemin birim ağırlığı, b; dilim genişliği, h ise dilim yüksekliği temsil eder). Dilimin her iki yanına etki eden dik kuvvetler ve kesme kuvvetleri olarak gösterilir ve bazı yöntemlerde komşu dilimde etkileşimleri ele aldığında, bu kuvvetlerin birbirini dengelediği kabul edilir. Bir dilime etkiyen kuvvetlerin tümü Şekil 4,2’de verilmiştir.

Çoğu sınır denge analizlerinde, stabiliteyi sağlamak için bir potansiyel kayma yüzeyi boyunca gereken kayma dayanımı hesaplanır ve sonra mevcut kayma dayanımı büyüklüğü ile mukayese edilir.(Atkinson 1993,Craig 1989). Çoğu durumda, bütün kayma düzlemi boyunca güvenlik sayısının olduğu varsayılır. Bu durum; Şekil 4.3a'da açık olarak gösterilmektedir.

Kayma yüzeyi üzerindeki bir noktada (A noktası), ortalama güvenlik sayısı mevcut kayma dayanımının gereken kayma dayanımına oranı olarak tanımlanmıştır. Bu durumda gereken kayma dayanımı toplam ve efektif gerilmeler için tanımlanmıştır.

Burada s_u = toplam gerilme esasında kayma dayanımı

c' ve ϕ' = efektif esasta kayma dayanımı parametreleri

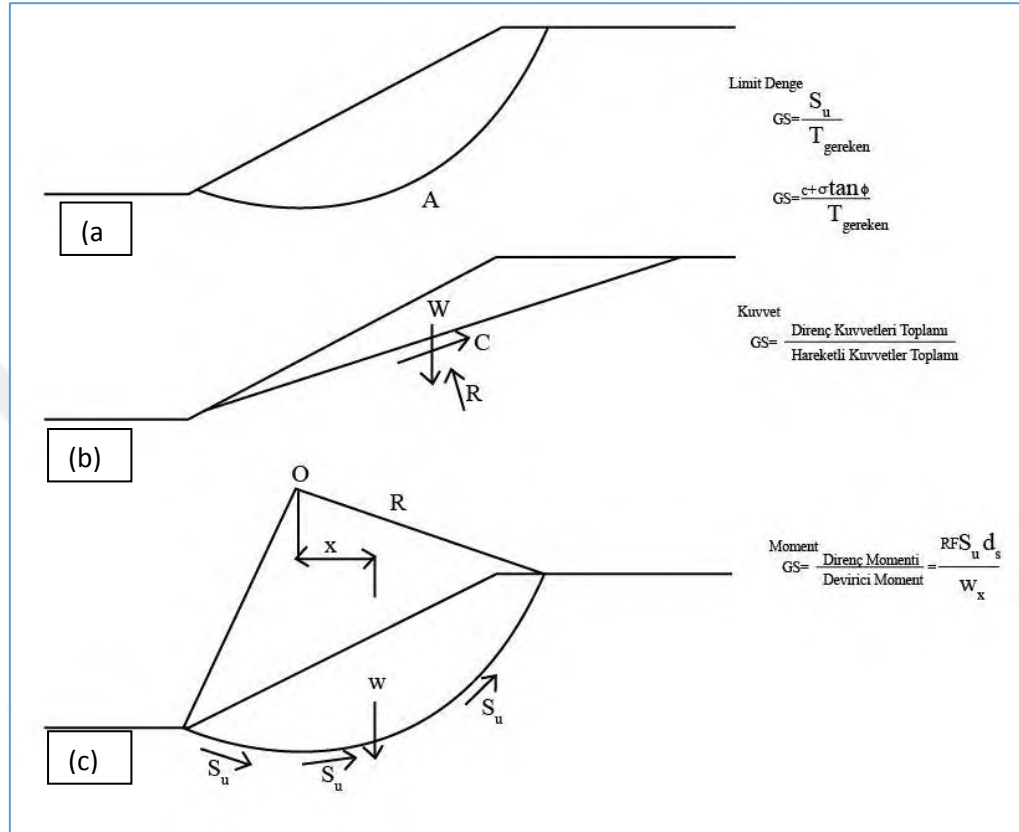
F = güvenlik sayısı (toplam gerilme için)

F_c ve F_ϕ = güvenlik sayısı (efektif gerilmeler için)

F_c ve F_ϕ ; efektif kohezyon ve efektif kayma dayanımı açısı değerlerine göre farklılık arz eder. Kayma yüzeyi boyunca aynı zamanda hareketli olan kayma dayanımı parametrelerinin aynı orana sahip olduğu dikkate alınırsa, bu iki güvenlik sayısı değeri birbirine eşit alınabilir. Güvenlik sayısının diğer bir tanımı; kayma yüzeyi boyunca toplam direnç gösteren kuvvetlerin toplamının toplam kaydırmaya çalışan kuvvetlerin oranı olarak yapılabilir. Şekil 4.3b'de bu tanımlama düzlemsel kayma yüzeyi için yapılmıştır. Şekil 4.3c' de ise dairesel kayma yüzeyi için bir tanımlamaya gidilmiştir. Ancak bu şekilde ifade edilen güvenlik sayıları; sırasıyla hareketli dayanım, kuvvet oranı ve moment oranı esasında tanımlanmıştır.(Duncan ve Wright1980)

Şev stabilitesi analizde kullanılan diğer yöntemler ise, nümerik esasta tanımlanmaktadır. Zeminin gerilme – deformasyon davranışı üzerine kurulu bu yöntemler, kısaca 'Sonlu Elemanlar Yöntemi' olarak bilinir. İnşaat mühendisliğinde çok değişik uygulamalarda kullanılan bu yöntemlerde, zemin genellikle 'sonlu elemanlara' ayrılır ve istenilen ayrıntıya göre iki veya üç boyutlu analiz yapılabilir. Bu yöntemde zemin içerisinde meydana gelen gerilmeler, deplasmanlar ve boşluk suyu basınç düzeyleri ve dağılımları inşaatın her aşamasında ve sonrasında hesaplanabilmektedir. Fakat tüm bu

verilerin belirlenmesi, hesaplanmaların ve formülasyoların yapılması zemin davranışının incelenmesi ve sonuçların yorumlanması yeterli bilgi birikimini gerektirmekte ve yüksek maliyetler özellikle bilgi işlem zamanı yönünden sunmaktadır.



Şekil 4.3. Değişik güvenlik sayısı tanımları: (a) Limit Denge Durumu, (b) Kuvvet Denge Yöntemi ve (c) Limit Moment Yöntemi, (Fredlund ve Krahn ve Pufatal 1981)

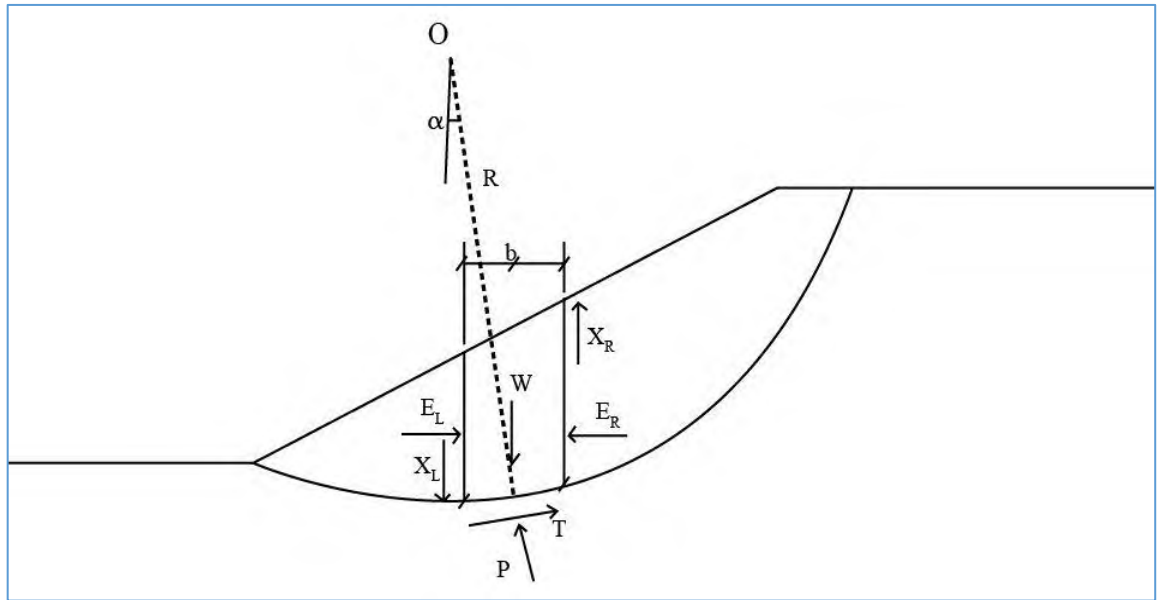
4.2. Dönüştürülmüş Bishop Yöntemi

Bishop yöntemi statik açıdan hiperstatik bir yöntem olup çözüme ulaşılması için kabuller yapılmasını gerektirir. Öncelikle kayan kütle dilimlere ayrılarak her dilim için daha sonra kütlelerin birlikte hareket ettiği gerçeğinden tüm sistemin güvenlik sayısı bulunur. Bishop yöntemi genel olarak dilim yöntemine benzemesine rağmen, efektif gerilmelerin kullanılması bakımından dilim yönteminden ayrılır. Yöntem, genellikle homojen zeminlerde meydana gelen dairesel kaymalar için limit denge kabulünden yola

ıkararak, dilimlere etkiyen sanal kuvvetlerin yatay, dilimler arası kesme kuvvetlerinin sıfır olduğu ve bir dilime etki eden kuvvetlerin sabit olduğu varsayımından yola çıkararak geliştirilmiştir. Yöntemde normal kuvvet ve ağırlığın dilimin tabanına ve merkezinden etkidii kabul edilir (Budhu,2000).

Bishop; daha sonra dilimdeki kuvvetlerinin sabit olduğu varsayımından ‘Dönüştürölmüş Shop Yöntemini’ geliştirilmiştir. Dönüştürölmüş Bishop yönteminde sonuca iterasyon olarak ulaşılır.

Bu yöntem başlangıçta dairesel kayma yüzeyi için önerilmiştir. Ancak daha sonra dairesel olmayan kayma yüzeyleri için de dönüştürölerek kullanılmıştır. Dönüştürölmüş Bishop yönteminde dilim ara kayma kuvvetleri ihmal edilmiştir. Normal toplam kuvvetin dilimin taban merkezine etkidii varsayılmıştır. Bu kuvvet, her dilimdeki düşey kuvvetlerin çözümü ile bulunur. Dilim tabanında oluşan kayma dayanımı, hareketli kayma dayanımı, dilim tabanına etkiyen normal ve kayma kuvvetlerinin büyüklüğü aşağıdaki şekilde bulunur.(Bishop 1955)



şekil 4.4. Dönüştürölmüş Bishop Yönteminde bir dilime etkiyen kuvvetler.(Bishop 1955)

Dilime düşey yönde etkiyen kuvvetlerin dengesi aşağıda olduğu gibi dikkate alınır.

$$P \cos \alpha + T \sin \alpha = W - (X_R - X_L) \quad (4.2.)$$

Yöntemdeki varsayım dikkate alındığında ($X_R - X_L = 0$), dilime etkiyen düşey kuvvetin büyüklüğü arasındaki denge denklemi ile ifade edilebilir. Bu durumda efektif normal kuvvet 4.3' den hesaplanır.

$$P = \frac{W - \frac{1}{F}(c_1 \sin \alpha - u_1 \tan \phi) \sin \alpha}{m_\alpha} \quad (4.3.)$$

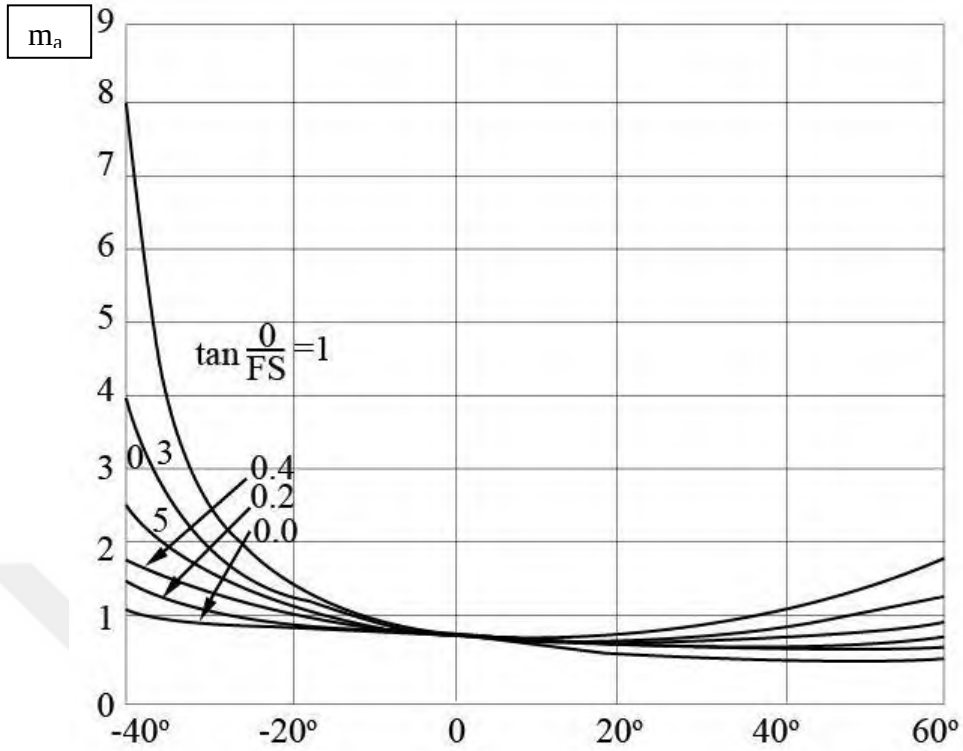
Dönüştürülmüş Bishop Yöntemini Fellunius Yönteminden ayıran özellik ise, efektif normal kuvvetin bulunması sırasında kullanılan düzeltme faktörüdür. Bu düzeltme faktörün değeri, (4.4.)'den belirlenir.

$$m_\alpha = \cos \alpha \left[1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F} \right] \quad (4.4.)$$

Kayma dairesi merkezine göre alınan momentlerin dengesi yazılır, bu eşitlikte F kuvvetinin büyüklüğü yerine konur ve bu denge eşitliğinden güvenlik sayısı çekilir. Son eşitliğin her iki tarafında da güvenlik sayısı değeri yer aldığından, iterasyon yapmak suretiyle gerçek değer belirlenir. (4.5.).

$$F_m = \frac{\sum c_1 + (P - u_1) \tan \phi}{W \sin \alpha} \quad (4.5.)$$

Yöntemin uygulaması sırasında tahmini bir güvenlik sayısı seçilerek her dilim için m_a değeri bulunur. Tahmin edilen güvenlik sayısı ile hesaplanan m_a değerinden bir güvenlik sayısı belirlenir ve bu işleme iterasyon yapılarak devam edilir. İterasyonla hesaplanan ve tahmin edilen güvenlik sayıları eşitlenene kadar devam edilir. m_a değeri aynı zamanda Şekil 4.5' den hesaplanabilir.



Şekil 4.5. Bishop Yönteminde kullanılan m_a değeri

Burada dikkat edilecek unsur, Bishop Yönteminde dilim tabanına etkiyen efektif normal ve boşluk basıncı kuvvetleri kayma dairesi ekseninde geçtiğinden ve moment simgesine etkisi ele alınmadığından yöntem dairesel kaymalar dışındaki kayma tiplerinde kullanılmamalıdır. 1955 yılında Bishop tarafından tanımlanan bu yöntem daha sonra 1956 yılında Janbu tarafından geliştirilmiştir.

4.3. Dolgu Baraj Analiz Esasları

4.3.1. Tasarım parametreleri ve malzeme özellikleri

Kayma dayanımı parametreleri, genellikle farklı yükleme koşullarında gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri ile elde edilir. İlgili deneyler için üç ayrı konsolidasyon ve drenaj şartı tanımlanmıştır. Drenajsız ve konsolidasyon şartlarda gerçekleştirilen bir deneyde, deney sırasında su muhtevası aynı kalır. "UU deneyi" olarak isimlendirilen bu deneyde, zemin numunesi konsolide edilmez ve hızlı bir yükleme yapılır. Bu deney sonucunda kayma dayanımı, drenajsız şartlardaki değeri temsil eder. Ancak yarı doygun numunelerde hava sıkışmasından ve su içinde hava erimesinden dolayı bir hacim

azalması görülür. Doygun zeminlerdeki UU deney sonuçlarından genellikle yatay veya yataya yakın bir doğru ile temsil edilen bir göçme zarfı elde edilirken, kısmi doymuş zeminlerde göçme zarfı eğrisellik taşımaktadır.

Başlangıç gerilme şartlarında zemin numunesinin konsolidasyonunun sağlandığı, ancak yükleme esnasında suyun drenajına müsaade edilmediği koşullarda (konsolidasyonlu ve drenajsız) gerçekleştirilen CU deneyinde, yükleme esnasında, örnek içinde oluşan boşluk suyu basıncı ölçümleri kaydedilir. Bu deney tipinde kayma dayanımı, geri basınç yöntemi ile tamamen doyurulmuş ve arazi koşullarını temsil eden bir çevre basıncı altında konsolide edilmiş örneklerden elde edilir. Deney sırasında oluşan gerilme artışına bağlı olarak boşluk suyu basıncı gelişir.

Yüklemenin oldukça düşük olduğu CD deneyinde başlangıç gerilme şartlarında zemin örneğinin konsolidasyonu sağlanır, ancak yükleme esnasında örnek içindeki suyun drenajına müsaade edilmez. Yükleme hızı düşüktür. Kayma dayanımı, bir başlangıç çevre basıncı altında konsolide edilen ve yavaş bir yükleme ile aşırı boşluk suyu basınçlarının sönümlenmesinin sağlandığı örneklerden elde edilir. CD deney sonuçları, boşluk suyu basınçlarının gelişmeyeceği serbest drenajlı zeminlerde ve yükleme esnasında hacim artışı eğilimine sahip olan ve tamamlanamayan konsolidasyondan dolayı aşırı boşluk suyu basınçlarının ölçüldüğü veya tahmin edildiği dolgu ve temel malzemesinin kayma dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılır.

Dolguda kullanılacak kohezyonlu zeminlere ait deney örneklerinin hazırlanmasında, standart Proctor deneyinden elde edilen kompaksiyon karakteristikleri ve uygulama esasları dikkate alınır. Kompaksiyon enerjisi, şartnamede öngörülen en düşük D-oranı esasında sağlanır (Tosun, 1989). Gölet ve küçük barajlar için D-oranının, sırasıyla % 95 ve % 98 olarak dikkate alınması uygundur. Yüksek dolgu barajlarda ise, özel teknik şartnamede ifade edilen değer dikkate alınır. Serbest drenajlı geçirimli zeminlerin dayanım deneyleri için örneklerin % 85 nispi sıkılıkta hazırlanması gerekmektedir (USB, 1987a).

Tasarım kayma dayanım parametrelerinin seçiminde, her deney için gerilme-birim deformasyon eğrilerinin şekli önem arz etmektedir. EM 110-2 (1970); örselenmemiş temel zeminine ve sıkıştırılmış dolgu malzemesine ait örnekler için gerilme-birim deformasyon

ilişkilerinde kayma gerilmesi veya deviatör gerilmede önemli bir düşme görülüyorsa, tasarım kayma dayanım parametresi olarak kesme kutusu deneyi cihazı ile yapılan CD deneyindeki pik kayma gerilmesi ve %15 birim deformasyona karşılık gelen deviatör gerilme değeri olarak alınabileceğini ifade etmektedir. Ancak aynı kurum hassas temel zeminleri için tasarım dayanımını, örselenmemiş ve yoğrulmuş örneklerle ait en büyük değerlerinin ara bir değeri olarak seçildiğini ortaya koymaktadır. Her dolgu zonu ve temel tabakası için tasarım kayma dayanımı, deneylerden elde edilen verilerin 2/3'ünü aşacak şekilde seçilmelidir. Çoğu durumda, değişik zon ve tabakaların tasarım kayma dayanımı, dikkate alınan zon ve tabakalara ait en düşük deney değerlerinden daha büyük olmaktadır.

Malzeme kayma dayanımları arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilebilir veya analizin tasarım aşamasına bağlı olarak deney verilerinden tahmin edilir. Ön tasarım amaçlı olarak yapılacak çalışmalarda kayma dayanımları yerel jeolojik verilere, benzer malzemelere ait laboratuvar deney sonuçlarına bağlı olarak belirlenebilir. Kum ve çakıl gibi iri taneli zeminler için kayma dayanımı parametreleri, literatürden alınabilir veya benzer malzemeler üzerinde yapılmış laboratuvar deney sonuçlarına bağlı olarak seçilebilir. Silt ve kil gibi ince taneli zeminler için planlama amaçlı kullanılacak kayma dayanım parametreleri için, literatürde sunulan veriler kullanılabilir, ancak proje aşamasında mutlaka laboratuvar deneyleri yapılmış olmalıdır (Tosun ve Batmaz, 2007).

4.3.2. Problemin tanımı

Stabilite analizlerinde kullanılan kayma dayanımı parametreleri, genellikle farklı yükleme koşullarında gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri ile elde edilir. Bu deneyler için, üç ayrı konsolidasyon ve drenaj koşulu tanımlanmıştır (UU, CU ve CD-deneyleri). Drenajsız ve konsolidasyon koşullarda gerçekleştirilen bir deneyde, deney esnasında su muhtevası sabit tutulur. "UU deneyi" olarak adlandırılan bu deneyde, zemin örneği konsolide edilmez ve yükleme hızlı yapılır. Bu deneyden elde edilen kayma dayanımı, drenajsız koşullarındaki değeri temsil eder. Bir başka ifade ile, deney öncesinde ve sırasında su muhtevası değişikliğine müsaade edilmez. Ancak kısmi doymuş örneklerde hava sıkışmasından ve su içinde hava erimesinden dolayı bir hacim azalması görülür. Doymuş zeminlerdeki UU deney sonuçlarından genellikle yatay veya yataya yakın bir doğru ile temsil edilen bir göçme zarfı elde edilirken, kısmi doymuş zeminlerde göçme

zarfı eğrisellik taşımaktadır. Eğer dolgudan gelecek gerilmeler düşük seviyelerde ise, zarfın eğrisellik taşıyan bölgesine ait ilişki kullanılarak kohezyon ve içsel sürtünme açısı değeri belirlenir.

Bu üç ayrı deney tipi, temsili zemin örnekleri üzerinde ve genellikle üç eksenli basınç deney cihazı kullanılarak gerçekleştirilir. Serbest drenajlı zeminler için UU deneylerinin yapılması gerekli değildir. EM 110-2 (1970); ince taneli zeminlerde CD deney sonuçlarının, kesme kutusu deney cihazı ile de elde edilebileceğini ifade etmiştir. Önemli miktarda çakıl ihtiva eden geçirimsiz zeminlerde, CD deneyleri için büyük boyutlu örnekler kullanılarak parametreler elde edilir.

Stabilite analizlerinde daha özenle dikkate alınması gereken bazı zemin tipleri ve potansiyel göçme koşulları vardır. Bunlar arasında ilerleyen göçmenin yarattığı problemleri önem arz etmektedir. Potansiyel kayma zonlarında üniform olmayan gerilme dağılımından dolayı, bazı bölümlerde nispi olarak daha büyük birim deformasyonlar gelişebilir ve pik dayanımlar aşılabilecektir. Bir zemin için gerilme-birim deformasyon eğrilerinde pik değerden sonra kayma dayanımında bir önemli düşüş meydana geliyorsa, ilerleyen göçme ihtimali artmaktadır. Bu durumda stabilite analizleri için pik kayma dayanım değerini kullanmak uygun olmayacaktır. Bunun yerine gereken güvenlik sayısını artırabilecek veya pik dayanımının değerinden daha küçük bir değerle çalışılması muhtemel çözüm yolları olarak değerlendirilebilir. Bazı özel zemin tiplerinde ise, son kayma dayanımı ile çözüm üretilmesinin uygun olacağı belirtilmektedir.

Silt, kil ve killi silt üzerine inşa edilen dolgular, aşırı boşluk suyu basınçlarının oluşması ve önemli deformasyonların meydana gelmesine neden olur. İnşaat esnasında düşey ve yatay yönde oluşacak hareketler ile boşluk suyu basınçlarının ölçülmesi gerekebilir. Bu ölçümlere bağlı olarak dolgu yükleme hızına karar verilir. Aşırı boşluk suyu basınçları ve deformasyonlar, aynı zamanda dolgunun optimum su muhtevasından daha fazla bir değerde sıkıştırılması halinde de oluşur. Bu koşullarda sıkıştırılan dolgularda yapılacak ölçümler, yine dolgu hızı hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Zayıf ve plâstik malzeme üzerine inşa edilmeyen dolgularda, çekirdek malzeme optimum değerinin çok az ıslak yönünde yerleştirilmekte iken, dolgunun dış kabuğunu oluşturan yarı geçirimli malzemenin optimum su muhtevası değerinin kuru yönünde sıkıştırılmasının uygun

olacağı ifade edilmiştir (EM 110-2, 1970).

4.3.3. Yükleme koşulları ve analiz tipleri

Toprak ve kaya dolgu barajların stabilite analiz yöntemlerinde genellikle dairesel ve düzlemsel göçme düzlemlerine göre hesaplamalar yapılır. ABD Su İşleri Teşkilatı; stabilite analizlerinde dikkate alınacak yükleme koşulların, dolgu inşa edilme aşamasına, rezervuar işletme planına, tehlike ve bakım süreçlerine, taşkın kapasitelerine, dolgu ve temel zemin özelliklerine göre belirlendiğini ifade ederek, ABD Ordu Mühendisleri kurumundan (EM 1100-2,2003) farklı olarak yükleme koşullarını dört ayrı durum halinde değerlendirmiştir. Tosun ve Batmaz (2007), farklı tasarım koşulları için kayma dayanım parametrelerinin seçimiyle detaylı değerlendirme yapmıştır.

Bir dolgu içinde ve temel zemininde oluşan kayma gerilmeleri; dolgunun kendi ağırlığı, rezervuardaki salınımlar, sızma veya deprem kuvvetleri ile oluşur. Stabilite analizinde farklı koşulların temsil edilmesi amacıyla dört ayrı durum tanımlanabilir:

Durum I: İnşaat sonu

Durum II: Ani boşalma hali

Durum III: İşletme hali

Durum IV: Deprem

Durum I, III ve IV; barajın hem memba ve hem de mansap şevi için uygulanırken, Durum II yalnızca memba şevi için dikkate alınır. Durum IV için ani düşme hali hariç tüm analizler deprem durumu dikkate alınarak Durum IV’de tekrarlanır. Bu bildiride tanımlanan her durum için verilen sınırlamalar aşağıda özetlenmektedir.

Durum I: İnşaat sonu

Optimum su muhtevasından daha yüksek değerlerde sıkıştırılan geçirimsiz veya yarı geçirimli zeminlerde, inşaat aşamasında zeminin bütünüyle konsolide olmamasından dolayı boşluk suyu basıncı oluşacaktır. Bu durumu temsilen yapılacak stabilite analizlerinde, dolgunun arazideki sıkıştırılmış su muhtevası ve yoğunluğu dikkate alınarak

hazırlanmış zemin örnekleri üzerinde yapılmış drenajsız çabuk deney sonuçları kullanılır. Bu deney sonuçları; dolgu altında yer alan ve inşaat esnasında önemli ölçüde konsolide olacak geçirimsiz kalın temel tabakaları için de kullanılabilir. UU deneyleri esnasında örnekler içinde oluşan boşluk suyu basıncı, arazi boşluk suyu basınçları ile benzerlik taşımaktadır.

Durum II - Ani Düşme

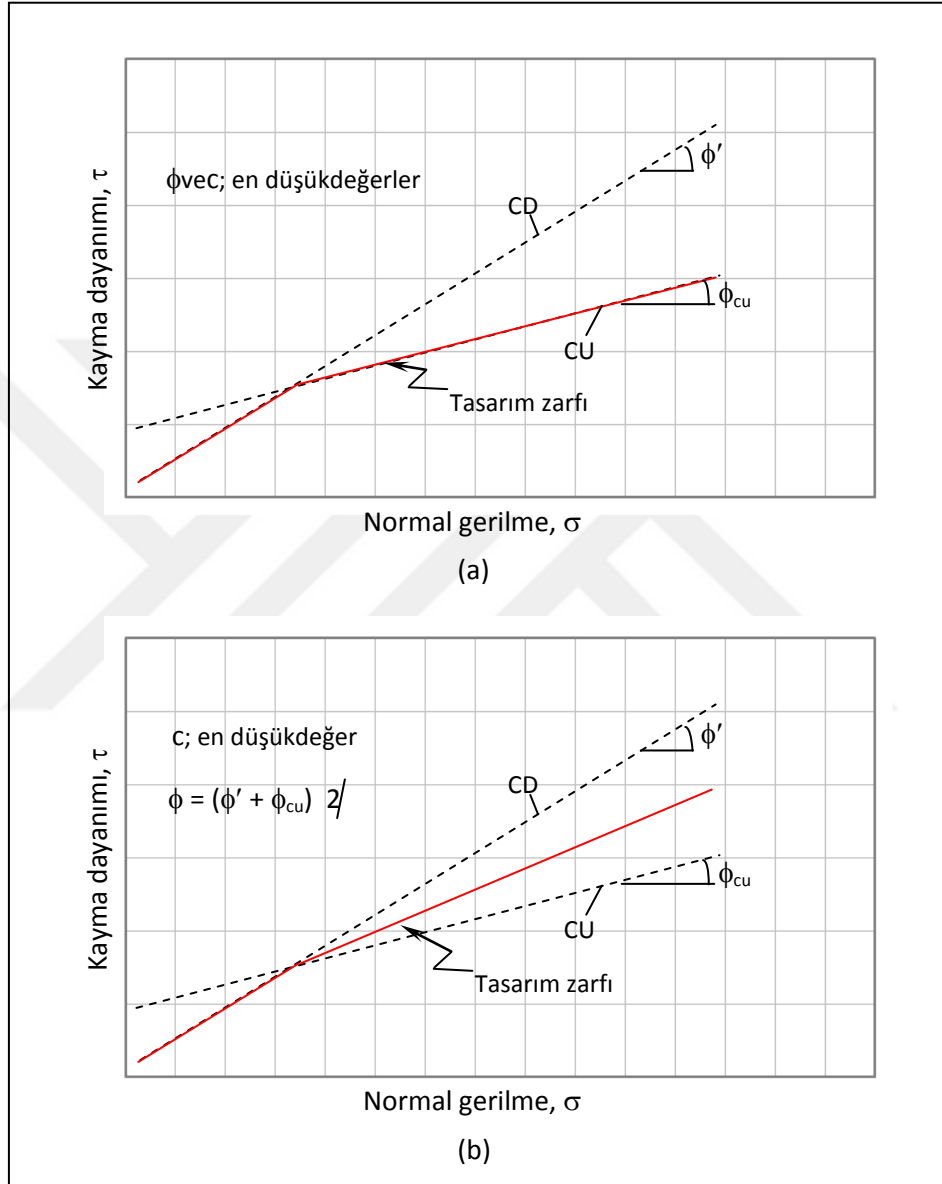
Dolgular; su tutma aşaması ve işletme aşamasında doygun hale gelir. Eğer dolgu doygun halde iken, rezervuar su seviyesinde boşluk suyu kaçışından daha hızlı bir düşme söz konusu olursa, dolgu içinde aşırı boşluk suyu basınçları ve buna bağlı olarak dengesiz sızma kuvvetleri oluşur. Rezervuar seviyesindeki suyun iki ayrı konumdan (işletme ve maksimum su seviyesi) ani düşümü için analiz yapılır. Durum II için kullanılan kayma dayanımları CU ve CD deney zarflarının en düşük kombinasyonuna göre seçilir. Şekil 4.6a; bu kombinasyonu sunmaktadır. Bu durum için yapılan analizde, düşüm esnasında boşluk suyu sönümlenmesinin oluşmayacağı ve su seviyesinin ani olarak düştüğü varsayılır. Ani düşme halinde memba su yüzü profilinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir (EM 1100-2 2003).

Durum III: İşletme Aşaması

Kısmi dolu rezervuar koşullarında memba şevinin analizinde kararlı sızma koşullarının olduğu düşünülür. Dolgudaki geçirimsiz zeminlerin tasarım kayma dayanımı için şekil 4.5'de verildiği gibi CU ve CD değerlerinin orta değerleri kullanılır. Ancak CD dayanımının CU dayanımından küçük olduğu halde ise CD zarfı dikkate alınır (şekil 4.6b). Dolgu doygunluk derecelerinin tanımlanması ve buna bağlı olarak birim ağırlıklarının seçilmesi için bir akım ağı çözümü ile üst akım çizgisi oluşturulur. Stabilitate analizleri değişik rezervuar seviyeleri için yapılır ve en düşük güvenlik sayısını elde etmek için rezervuar seviyesi-güvenlik sayısı ilişkisi çizilir.

Kararlı akım koşullarının olduğu ve bir sürşarj hazne ile ilave yatay kuvvetlerin ortaya çıktığı bir dolgu içinde mansap şev stabilitesi analiz edilmektedir. Bu durum özellikle merkezi ve dar çekirdekli kaya dolgu barajlar için kritiktir. Analizlerde kullanılan

kayma dayanımları için yukarıdaki paragrafta belirtilen sınırlamalar geçerlidir. Analiz, dairesel veya düzlemsel kayma düzlemleri ile yapılabilir. Sürşarj haznenin, kararlı akım doygunluk çizgisi üzerindeki geçirimsiz malzemenin doygunluğunun neden olduğu geçici bir koşul gibi görülmesi uygun olur.



Şekil 4.6. Kayma dayanımı ile ilgili tasarım zarfları (a) ani düşme hali ve (b) işletme hali

Durum IV: Deprem

Bu analizde, yukarıda bahsedilen farklı koşullardaki dolgunun deprem durumundaki davranışı araştırılır. Deprem şoku esnasında toprak dolgu barajların davranışını inceleyen yeni analitik yöntemler olmasına rağmen, "yarı-statik yöntem" olarak değerlendirilen bu

analizde, potansiyel göçme yönünde etkiyen ilave bir yatay kuvvetin yaratıldığı varsayılır. Ani düşme koşullarını temsil eden analizde deprem yükleri ile çalışması gerekli değildir. Yatay sismik kuvvet, kayan kütle ağırlığı ile yatay ivmenin çarpımına sahip bir büyüklük olarak tanımlanır. Kayan zemin kütlesinin toplam ağırlığı, doygunluk çizgisi altında doygun birim ağırlık, bu çizginin üstünde ise ıslak birim ağırlığa bağlı olarak tanımlanır. Yatay yer ivmesi, bir sismik katsayı ile tanımlanır ki, barajın inşa edileceği bölgedeki sismik aktivite derecesine bağlı bir büyüklüktür. Ülkemiz için farklı dönüş periyotları için yatay yer ivmesini veren kataloglar oluşturulmuştur. Gerçek sismik katsayı ise, o bölge için gerçekleştirilecek deprem tehlike analizi ile elde edilebilir. Ancak bu değerler, yarı-statik stabilite analizleri için dönüştürülerek kullanılmalıdır.



5.TÜRKİYE DOLGU BARAJ PRATİĞİ VE SEÇİLMİŞ ÖRNEKLER

Ülkemizde önemli oranda dolgu baraj inşa edilmiştir. ICOLD sınıflandırmasına 2007 yılı verilerine göre 1200’den fazla büyük baraj inşa edilmiş olup, bunların % 94’ü dolgu baraj şeklindedir. Bu çalışmada da ülkemizde halen işletme aşamasında bir baraj hariç 33 adet dikkate alınmıştır. Bu barajlar ve teknik özellikleri Çizelge 5.1.’de sunulmaktadır.

Çizelge 5.1. Çalışmada dikkate alınan barajların özellikleri

Baraj Adı	Baraj Adı	Nehir	Şehir	Amacı*	Tipi**	Bitiş Yılı	Talvegden Yükseklik m	Temelden Yükseklik m	Gövde Hacmi m ³	Rezervuar Hacmi hm ³
1	A.Kuzfındık	Kocadere	Eskişehir	S	T.D.	2006	30.76	46	1,450,000.0	21.1
2	Adıgüzel	B.Menderes	Denizli	S+E+T	K.D.	1990	144	145	7,125,000.0	1,076.0
3	Akdeğirmen	Nacak	Afyon	S+İ	T.D.	2008	34.5	41.5	1,200,000.0	50,097.0
4	Akhasan	Elma	Çankiri	S	T.D.	2009	35.8	45	1,056,000.0	16.49
5	Akyar	Bulak	Ankara	İ	K.D.	1999	71	72.5	2,925,000.0	56.0
6	Altinkaya	Kızılırmak	Kastamonu	S+E	K.D.	2000	137	195	16,000,000.0	5,760.0
7	Atatürk	Fırat	Şanlıurfa	E+S+İ	K.D.	1992	169	184	84,500,000.0	48,700.0
8	Bakraş	Günyurdu	Bilecik	S	T.D.	2005	37	47.5	681,000.0	7.4
9	Batman	Batman	Batman	E+S	K.D.	2003	72.5	89.5	7,181,000.0	1,250.0
10	Çat	Abdulharap	Malatya	S	T.D.	1996	64.5	78	2,500,000.0	240.0
11	Dağci	Pazarçayı	Eskişehir	S	T.D.	2008	26	28.5		0.509
12	Demirtaş	Ballıkaya	Bursa	S	T.D.	1983	45.00	54	1,780,000.0	14.48
13	Derinöz	Derinöz	Samsun	S	K.D.	2003	75.00	77	3,168,000.0	18.90
14	Dicle	Maden	Diyarbakir	S+E+İ	K.D.	1997	75	87	3,100,000.0	595.0
15	Eğrekkaya	Sey	Ankara	İ	T.D.	1992	67	102	3,900,000.0	113.0
16	Gökpinar	Gökpinar	Denizli	S+İ	T.D.	2002	43	50	1,360,000.0	27.72
17	İkizdere	İkizdere	Aydın	S+İ	K.D.	2010	101	106	5,710,000.0	196.0
18	Karacaören	Kızılcalar	Aydın	İ	T.D.	2000	18	21	0.07	0.55
19	Kavşakkaya	Ovaçay	Ankara	İ+S	K.D.	2007	70.5	85	4,814,000.0	64.0
20	Kayraktepe	Göksu	Mersin	S+E	K.D.		131	199	1,710.0	4,800.0
21	Kilavuzlu	Ceyhan	K.Maraş	E+S+İ	T.D.	2001	56	59	3,960,000.0	69.0
22	Kizildamlar	Söğüt	Bilecik	S	K.D.	2002	40	48.7	499,000.0	10.7
23	Kiği	Peri	Bingöl	E	K.D.	2003	146	168	17,900,000.0	507.55
24	Kirazlıköprü	Gökirmak	Bartın	S+E+T	T.D.	2009	53.25	82	1,943,000.0	66.1
25	Koçhisar	Büyüköz	Çorum	S	T.D.	2010	37.4	57.4	850,000.0	161.0
26	Köprübaşı	Mengen	Bolu	E+T	K.D.	2009	108	118	9,010,000.0	199.26
27	Kralkızı	Dicle	Diyarbakir	S+E	K.D.	1998	113	126	1,919.0	15.17
28	Obruk	Kızılırmak	Çorum	E+S	T.D.	2009	67	125	12,830,000.0	661.11
29	Özlüce	Peri	Bingöl	E	K.D.	2000	124	144	14,600,000.0	1,075.0
30	Polat	Findik	Malatya	S	T.D.	1991	51.00	54	2,135,000.0	12.30
31	Tinaztepe	Koru	Afyon	S	T.D.	1991	20.6	36.62	381,000.0	1,600.0
32	Vezirköprü	İstavloz	Samsun	S	K.D.	2005	75.00	76	2.050.000	51.47
33	Yenihayat	İlginözü	Çorum	İ	T.D.	1997	52.30	69	3,180,000.0	26.70
34	Yenipazar	Yenipazar	Bilecik	S	T.D.	2000	24	47.5	627,000.0	1,919.0

** T.D.=Toprak dolgu baraj K.D.=Kaya dolgu baraj

* S= Sulama E= Enerji T= Taşkın İ= İçme suyu

5.1 Toprak Dolgu Barajlar

Çalışma kapsamında temel yüksekliği 21 m ile 125 m arasında değişen 19 adet toprak dolgu baraj incelenmiştir. Bu barajlarla ilgili kısa tanımla aşağıda verilmektedir. Barajlara ait yerleşim planı, kesitleri ve bazı teknik özellikleri Ek-1 'de sunulmaktadır.

Aşağı Kuzfindık Barajı

Aşağı Kuzfindık Barajı, 12 no'lu Sakarya havzası içinde yer almakta olup, 2006 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 30.76 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 1.45 hm^3 ve rezervuar hacmi 21.1 hm^3 'dür. Sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Kocadere çayı üzerinde olup, Eskişehir il sınırları içindedir.

Akdeğirmen Barajı

Akdeğirmen Barajı, 11 no'lu Akarçay havzası içinde yer almakta olup, 2010 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 34.50 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 1.20 hm^3 ve rezervuar hacmi 50.097 hm^3 'dür. Sulama ve içme suyu amaçlı olarak inşa edilen baraj, Nacak çayı üzerinde olup, Afyonkarahisar il sınırları içindedir.

Akhasan Barajı

Akhasan Barajı, 13 no'lu Batı Karadeniz havzası içinde yer almakta olup, 1999 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 35.80 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 1.056 hm^3 ve rezervuar hacmi 16.49 hm^3 'dür. Sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Elma çayı üzerinde olup, Çankırı il sınırları içindedir.

Bakraş Barajı

Bakraş Barajı, 12 no'lu Sakarya havzası içinde yer almakta olup, 1988 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 37 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde

hacmi 0.681hm^3 ve rezervuar hacmi 7.4 hm^3 'dür. Sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Günyurdu çayı üzerinde olup, Bilecik il sınırları içindedir.

Çat Barajı

Çat Barajı, 21 no'lu Fırat-Dicle havzası içinde yer almakta olup, 1992 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 64.50 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 2.5 m^3 ve rezervuar hacmi 240 hm^3 'dür. Sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Abdulharap çayı üzerinde olup, Malatya il sınırları içindedir.

Dağcı Barajı

Dağcı Barajı, 12 no'lu Sakarya havzası içinde yer almakta olup, 2004 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 26 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 0.2 hm^3 ve rezervuar hacmi 0.509 hm^3 'dür. Sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Pazarçayı çayı üzerinde olup, Eskişehir il sınırları içindedir.

Demirtaş Barajı

Demirtaş Barajı, 3 no'lu Susurluk havzası içinde yer almakta olup, 2003 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 45 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 1.78 hm^3 ve rezervuar hacmi 14.48 hm^3 'dür. Sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Ballıkaya çayı üzerinde olup, Bursa il sınırları içindedir.

Eğrekkaya Barajı

Eğrekkaya Barajı, 12 no'lu Sakarya havzası içinde yer almakta olup, 1992 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 67 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 3.9 hm^3 ve rezervuar hacmi 113 hm^3 'dür. İçme suyu amaçlı olarak inşa edilen baraj, Sey çayı üzerinde olup, Ankara il sınırları içindedir.

Gökpınar Barajı

Gökpınar Barajı, 13 no'lu Büyük Menderes havzası içinde yer almakta olup, 2002 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 43 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 1.36hm^3 ve rezervuar hacmi 27.72hm^3 'dür. Sulama ve içme suyu amaçlı olarak inşa edilen baraj, Gökpınar çayı üzerinde olup, Denizli il sınırları içindedir.

Karacaören Barajı

Karacaören Barajı, 7 no'lu Büyük Menderes havzası içinde yer almakta olup, 2000 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 18 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 0.07hm^3 ve rezervuar hacmi 0.55hm^3 'dür. İçme suyu amaçlı olarak inşa edilen baraj, Kızılcılar çayı üzerinde olup, Aydın il sınırları içindedir.

Kılavuzlu Barajı

Kılavuzlu Barajı, 20 no'lu Ceyhan havzası içinde yer almakta olup, 2001 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 56 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 3.96hm^3 ve rezervuar hacmi 69hm^3 'dür. Enerji, sulama ve içme suyu amaçlı olarak inşa edilen baraj, Ceyhan çayı üzerinde olup, Kahramanmaraş il sınırları içindedir.

Kızıldamlar Barajı

Kızıldamlar Barajı, 12 no'lu Sakarya havzası içinde yer almakta olup, 2002 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 40 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 0.499hm^3 ve rezervuar hacmi 10.7hm^3 'dür. Sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Söğüt çayı üzerinde olup, Bilecik il sınırları içindedir.

Kirazlıköprü Barajı

Kirazlıköprü Barajı, 12 no'lu Batı Karadeniz havzası içinde yer almakta olup, 2009 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 53.25 m yükseklikte

tasarlanmıştır. Gövde hacmi 1.943 hm^3 ve rezervuar hacmi 66.1 hm^3 'dür. Sulama, enerji ve içme suyu amaçlı olarak inşa edilen baraj, Gökırmak çayı üzerinde olup, Bartın il sınırları içindedir.

Koçhisar Barajı

Koçhisar Barajı, 14 no'lu Yeşilırmak havzası içinde yer almakta olup, 2010 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 37.4m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 0.85 hm^3 ve rezervuar hacmi 161 hm^3 'dür. Sulama, amaçlı olarak inşa edilen baraj, Büyüköz çayı üzerinde olup, Çorum il sınırları içindedir.

Obruk Barajı

Obruk Barajı, 15 no'lu Kızılırmak havzası içinde yer almakta olup, 2009 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 37.4m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 12.83 hm^3 ve rezervuar hacmi 661.11 hm^3 'dür. Sulama ve enerji amaçlı olarak inşa edilen baraj, Kızılırmak çayı üzerinde olup, Çorum il sınırları içindedir.

Polat Barajı

Polat Barajı, 21 no'lu Fırat-Dicle havzası içinde yer almakta olup, 1991 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 51 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 2.135 hm^3 ve rezervuar hacmi 12.3 hm^3 'dür. Sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Fındık çayı üzerinde olup, Malatya il sınırları içindedir.

Tınaztepe Barajı

Tınaztepe Barajı, 11 no'lu Akarçay havzası içinde yer almakta olup, 1991 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 20.6m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 0.4 hm^3 ve rezervuar hacmi 1.6 hm^3 'dür. Sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Koru çayı üzerinde olup, Afyonkarahisar il sınırları içindedir.

Yenihayat Barajı

Yenihayat Barajı, 14 no'lu Yeşilırmak havzası içinde yer almakta olup, 1997 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 52.3m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 3.2 hm^3 ve rezervuar hacmi 26.7 hm^3 'dür. İçme suyu amaçlı olarak inşa edilen baraj, Ilgınözü çayı üzerinde olup, Çorum il sınırları içindedir.

Yenipazar Barajı

Yenipazar Barajı, 12 no'lu Sakarya havzası içinde yer almakta olup, 2009 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 24m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 0.6 hm^3 ve rezervuar hacmi 1.919 hm^3 'dür. Sulama suyu amaçlı olarak inşa edilen baraj, Yenipazar çayı üzerinde olup, Bilecik il sınırları içindedir.

5.2 Kaya Dolgu Barajlar

Çalışma kapsamında temel yüksekliği 70 m ile 169 m arasında değişen 15 adet kaya dolgu baraj incelenmiştir. Bu barajlarla ilgili kısa tanımla aşağıda verilmektedir. Barajlara ait yerleşim planı, kesitleri ve bazı teknik özellikleri Ek-1 'de sunulmaktadır.

Adıgüzel Barajı

Adıgüzel Barajı, 7 no'lu Büyük Menderes havzası içinde yer almakta olup, 1990 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 144m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 7.13 hm^3 ve rezervuar hacmi 1.076 hm^3 'dür. Sulama suyu, enerji ve taşkın kontrol amaçlı olarak inşa edilen baraj, Büyük Menderes çayı üzerinde olup, Denizli il sınırları içindedir.

Akyar Barajı

Akyar Barajı, 12 no'lu Sakarya havzası içinde yer almakta olup, 1999 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 144m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde

hacmi 2.93 hm^3 ve rezervuar hacmi 56 hm^3 'dür.İçme suyu amaçlı olarak inşa edilen baraj, Bulak çayı üzerinde olup, Ankara il sınırları içindedir.

Altınkaya Barajı

Altınkaya Barajı, 15 no'lu Kızılırmak havzası içinde yer almakta olup, 1988 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 137m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 16 hm^3 ve rezervuar hacmi 5763 hm^3 'dür.Enerji amaçlı olarak inşa edilen baraj, Kızılırmak çayı üzerinde olup, Kastamonu il sınırları içindedir.

Atatürk Barajı

Atatürk Barajı, 21 no'lu Fırat-Dicle havzası içinde yer almakta olup, 1992 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 169m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 84.5 hm^3 ve rezervuar hacmi 48700 hm^3 'dür.Enerji, içme suyu ve sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Fırat nehri üzerinde olup, Şanlıurfa il sınırları içindedir.

Batman Barajı

Batman Barajı, 21 no'lu Fırat-Dicle havzası içinde yer almakta olup, 2003 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 73m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 7.18 hm^3 ve rezervuar hacmi 1250 hm^3 'dür. Sulama suyu, enerji ve taşkın kontrol amaçlı olarak inşa edilen baraj, Batman nehri üzerinde olup, Batman il sınırları içindedir.

Derinöz Barajı

Derinöz Barajı, 14 no'lu Yeşilirmak havzası içinde yer almakta olup, 2003 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 74m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 3.25 hm^3 ve rezervuar hacmi 19 hm^3 'dür. Sulama suyu, amaçlı olarak inşa edilen baraj, Derinöz nehri üzerinde olup, Samsun il sınırları içindedir

Dicle Barajı

Dicle Barajı, 21 no'lu Fırat-Dicle havzası içinde yer almakta olup, 2001 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 75m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 3.1hm^3 ve rezervuar hacmi 595 hm^3 'dür. Enerji, içme suyu ve sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Maden nehri üzerinde olup, Diyarbakır il sınırları içindedir.

İkizdere Barajı

İkizdere Barajı, 7 no'lu Büyük Menderes havzası içinde yer almakta olup, 2010 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 101m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 7.1hm^3 ve rezervuar hacmi 196 hm^3 'dür. Sulama, içme suyu amaçlı olarak inşa edilen baraj, İkizdere çayı üzerinde olup, Aydın il sınırları içindedir.

Kavşakkaya Barajı

Kavşakkaya Barajı, 12 no'lu Sakarya havzası içinde yer almakta olup, 2007 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 71m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 4.7hm^3 ve rezervuar hacmi 90 hm^3 'dür. İçme suyu amaçlı olarak inşa edilen baraj, Ovaçayı çayı üzerinde olup, Ankara il sınırları içindedir.

Kığı Barajı

Kığı Barajı, 21 no'lu Fırat-Dicle havzası içinde yer almakta olup, 2017 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 146m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 23hm^3 ve rezervuar hacmi 1200 hm^3 'dür. Enerji amaçlı olarak inşa edilen baraj, Peri nehri üzerinde olup, Bingöl sınırları içindedir.

Köprübaşı Barajı

Köprübaşı Barajı, 13 no'lu Batı Karadeniz havzası içinde yer almakta olup, 2011 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, toprak dolgu tipinde ve talvegden 108 m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 9.01hm^3 ve rezervuar hacmi 199 hm^3 'dür. Enerji ve taşkın

kontrol amaçlı olarak inşa edilen baraj, Mengen çayı üzerinde olup, Bolu il sınırları içindedir.

Kığı Barajı

Kığı Barajı, 21 no'lu Fırat-Dicle havzası içinde yer almakta olup, 2017 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 146m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 23hm^3 ve rezervuar hacmi 1200 hm^3 'dür. Enerji amaçlı olarak inşa edilen baraj, Peri nehri üzerinde olup, Bingöl sınırları içindedir.

Kralkızı Barajı

Kralkızı Barajı, 21 no'lu Fırat-Dicle havzası içinde yer almakta olup, 1988 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 113m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 15.17 hm^3 ve rezervuar hacmi 1919 hm^3 'dür. Enerji ve sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Maden nehri üzerinde olup, Diyarbakır sınırları içindedir.

Özlüce Barajı

Özlüce Barajı, 21 no'lu Fırat-Dicle havzası içinde yer almakta olup, 2000 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 124m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 2.14hm^3 ve rezervuar hacmi 1120 hm^3 'dür. Enerji ve sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, Maden nehri üzerinde olup, Bingöl sınırları içindedir.

Vezirköprü Barajı

Vezirköprü Barajı, 15 no'lu Kızılırmak havzası içinde yer almakta olup, 2005 yılında hizmete alınmıştır. Baraj, kaya dolgu tipinde ve talvegden 74m yükseklikte tasarlanmıştır. Gövde hacmi 2.57 hm^3 ve rezervuar hacmi 52hm^3 'dür. Sulama amaçlı olarak inşa edilen baraj, İstavloz çayı üzerinde olup, Samsun il sınırları içindedir.

6.MUKAYESELİ ANALİZLER

Çalışma kapsamında yer alan barajlar için malzeme özellikleri, şev eğimleri, kret genişliliği ve analizler sonucunda oluşan güvenlik sayıları esasında değerlendirme yapılmıştır.

6.1 Malzeme Özellikleri

Malzeme cinsi, barajın tipine göre farklılık arz etmektedir. Dikkate alınan barajların tamamında merkezi kil çekirdek yer almaktadır. Kabuk dolgu olarak toprak dolgu barajlarda yarı geçirimli zon, kaya dolgu barajlarda ise kaya dolgu kullanılmaktadır. Kil çekirdek ile kabuk dolgu arasında kum ve/veya çakıl malzemeden oluşan geçiş zonu tanımlanmıştır. Toprak dolgu barajlarda mansap şevi koruyucu örtü ve memba şevi ise kaya (riprap) ile korunmuştur. Çalışmada dikkate alınan barajların malzeme özellikleri Çizelge 6.1. ve Çizelge 6.2.'de sunulmaktadır.

Çizelge 6.1. Barajlara ait malzeme özellikleri.

Sıra no	Baraj Adı	Çekirdek				Filtre											
		Kil				Kum				Çakıl				Tuvenan			
		γ (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	C (kN/m ²)	f (o)	γ (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	C (kN/m ²)	f (o)	γ (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	C (kN/m ²)	f (o)	γ (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	C (kN/m ²)	f (o)
1	A.Kuzfındık	15.1	17.0	75.0	10	18.7	19.5	0	38.0			0	40			0.0	39
2	Adigüzel	20.4	21.3	87.2	0	17.1	20.4	0	37.0	17.3	20.4	0	38	-	-	-	-
3	Akdeğirmen	16.2	19.4	78.5	7	18.0	19.0	0	37.0	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Akhasan	19.5	22.1	87.2	0	17.8	20.6	0	35.0	18.2	20.8	0	35	-	-		
5	Akyar	18.6	19.1	0.0	20	17.3	18.6	0	37.0	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Altinkaya	20.7	20.9	87.2	0	17.8	20.8	0	37.0	17.6	20.8	0	38	-	-	-	-
7	Atatürk	18.4	19.5	88.0	0			0						-	-	-	-
8	Bakraş	17.6	20.5	90.0	8	17.3	18.5	0	36.0	17.3	18.5	0	38	-	-	-	-
9	Batman	19.5	20.1	0.0	26	17.3	18.3	0	37.0	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Çat	20.8	20.9	87.2	0	17.5	18.0	0	37.0	18.5	19.0	0	38	-	-	-	-
11	Dağci	16.0	17.0	81.0	9	19.0	20.0	0	37.5	-	-	-	-	20.0	21.0	0.0	36
12	Demirtaş	16.0	16.5	75.0	0	17.0	18.0	0	38.0	17.5	18.5	0	40	-	-	-	-
13	Derinöz	16.0	17.0	85.0	0	17.0	18.0	0	37.0	17.5	18.5	0	38	-	-	-	-
14	Dicle	18.2	19.0	87.2	25	18.1	20.7	0	37.0	18.1	21.4	0	39	-	-	-	-
15	Eğrekaya	18.7	19.5	62.7	0	19.4	20.6	0	34.0	19.4	20.6	0	34	-	-	-	-
16	Gökpinar	*18.4	*18.8	*73	*0	16.7	18.6	0	32.0	17.1	20.4	0	33	16.7	18.6	0.0	32
17	İkizdere	18.2	20.7	80.9	0	19.4	20.6	0	34.0	19.4	20.6	0	34	19.4	20.6	0.0	35
18	Karacaören	18.6	18.9	94.9	25	17.3	18.3	0	38.0	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Kavşakkaya	18.8	19.4	0.0	24	18.2	18.4	0	36.0	16.9	19.6	0	38	-	-	-	-
20	Kayraktepe	20.4	21.0	87.2	0	19.4	20.6	0	34.0	18.2	19.1	0	34	-	-	-	-
21	Kilavuzlu	16.9	20.5	87.0	0	21.2	22.0	0	38.0	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Kizildamlar	17.3	20.2	87.0	11	17.7	17.8	0	31.0	16.9	17.0	0	38	-	-	-	-
23	Kiği	19.9	20.4	0.0	26	19.4	20.4	0	37.0	19.4	20.4	0	37	-	-	-	-
24	Kirazlıköprü	19.4	20.1	94.9	0	17.3	18.3	0	37.0	18.5	19.0	0	39	-	-	-	-
25	Koçhisar	18.5	19.5	85.0	0	21.1	22.2	0	38.0	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Köprübaşı	21.0	21.4	0.0	28	19.4	20.4	0	37.0	19.4	20.4	0	37	-	-	-	-
27	Kralkizi	16.7	18.2	95.0	0	18.8	19.6	0	38.0	17.3	18.6	0	38	-	-	-	-
28	Obruk	19.9	20.4	90.0	8	-	-	-	-	-	-	-	-	19.0	21.6	0.0	35
29	Özlüce	19.3	20.0	87.2	0	20.3	21.3	0	37.5	19.4	20.4	0	37	-	-	-	-
30	Polat	19.0	19.5	0.0	23	17.0	18.0	0	38.0	-	-	-	-	-	-	-	-
31	Tinaztepe	20.6	21.0	87.2	0	18.0	19.0	0	38.5	-	-	-	-	-	-	-	-
32	Vezirköprü	20.5	21.0	0.0	42	17.8	18.6	0	38.0	19.5	20.3	0	40	18.7	19.5	0.0	39
33	Yenihayat	17.0	17.5	85.0	0	17.0	17.5	0	37.0	-	-	-	-	-	-	-	-
34	Yenipazar	19.1	20.5	68.0	9	15.0	17.0	0	31.0	16.0	18.0	0	38	-	-	-	-

* SİLT

**ANROŞMAN

6.2 Şev Eğimleri

Çalışmada dikkate alınan toprak dolgu barajların şev eğimleri Çizelge 6.3. ve Çizelge 6.4'te sunulmaktadır. Çizelge 6.3'de memba şev eğimleri ve Çizelge 6.4.'de mansap şev eğimleri verilmektedir. Toprak dolgu barajların memba şev eğimleri,(yatay: düşey) 2:1 ile 4:1 arasında değişmektedir. Nispi olarak düşük yüksekliğe sahip barajların eğimleri daha yatıktır (Çizelge 6.3. Toprak dolgu barajların memba şevleri ise daha diktir ve şev eğimleri 2:1 ile 3.5:1 arasında yer almaktadır (Çizelge 6.4.) . Özel sismo-tektonik kuvvetlere maruz kalması muhtemel Polat barajında yüksek şev değerleri kullanılmıştır. Tosun(2017); bu konuyla ilgili detaylı çalışma yapmıştır.

Kaya dolgu barajlarda şev eğimleri, nispi olarak daha yüksektir. Memba ve mansap şev eğimleri; sırasıyla 2:1- 3.5:1 ve 1.7:1- 3:1 arasında kalmaktadır (Çizelge 6.5 ve Çizelge 6.6).

Toprak dolgu barajlarda kil çekirdek şev eğimleri çok geniş bir aralıkta değişmektedir. İlgili şev eğimleri 1:1.15 ile 1:3 arasında yer almaktadır. (Çizelge 6.7.) Kaya dolgu barajlarda kil çekirdek şev eğimleri 1:1.15 ile 1:4 arasında bulunmaktadır (Çizelge 6.8.).

Çizelge 6.3. Toprak dolgu barajlarda memba şev eğimleri

S.n.	Baraj Adı	Talveg Yük.	Şev Eğim		D/H
			D	H	
1	Akdeğirmen	34.5	3	1	3.00
2	A.Kuzfindik	30.76	3	1	3.00
3	Akhasan	35.8	3	1	3.00
4	Bakraş	37	2	1	2.00
5	Çat	64.5	3.25	1	3.25
6	Dağci	26	3.25	1	3.25
7	Demirtaş	45	3.25	1	3.25
8	Eğrekkaya	67	3	1	3.00
9	Gökpınar	43	3	1	3.00
10	Karacaören	18	3	1	3.00
11	Kilavuzlu	56	3	1	3.00
12	Kizildamlar	40	2.5	1	2.50
13	Kirazliköprü	53.25	2	1	2.00
14	Koçhisar	37.4	3.5	1	3.50
15	Obruk	67	3.5	1	3.50
16	Polat	51	4	1	4.00
17	Tinaztepe	20.6	3	1	3.00
18	Yenihayat	52.3	3	1	3.00
19	Yenipazar	24	2	1	2.00

Çizelge 6.4. Toprak dolgu barajlarda mansap şev eğimleri

S.n.	Baraj Adı	Talveg Yük.	Şev Eğim		D/H
			D	H	
1	Akdeğirmen	34.5	2.5	1	2.50
2	A.Kuzfindik	30.76	2.5	1	2.50
3	Akhasan	35.8	2.5	1	2.50
4	Bakraş	37	2	1	2.00
5	Çat	64.5	2	1	2.00
6	Dağci	26	3	1	3.00
7	Demirtaş	45	2	1	2.00
8	Eğrekkaya	67	2.5	1	2.50
9	Gökpınar	43	3	1	3.00
10	Karacaören	18	2.5	1	2.50
11	Kilavuzlu	56	2.75	1	2.75
12	Kizildamlar	40	2.5	1	2.50
13	Kirazliköprü	53.25	2.5	1	2.50
14	Koçhisar	37.4	3	1	3.00
15	Obruk	67	3	1	3.00
16	Polat	51	3.5	1	3.50
17	Tinaztepe	20.6	2.5	1	2.50
18	Yenihayat	52.3	2.5	1	2.50
19	Yenipazar	24	2	1	2.00

Çizelge 6.5 Kaya dolgu barajlarda memba şev eğimleri

S.n.	Baraj Adı	Talveg Yük.	Şev Eğim		D/H
			D	H	
1	Adigüzel	144	2.5	1	2.50
2	Akyar	71	3	1	3.00
3	Altinkaya	137	3	1	3.00
4	Atatürk	169	2.2	1	2.20
5	Batman	72.5	2.5	1	2.50
6	Derinöz	75	2.5	1	2.50
7	Dicle	75	2	1	2.00
8	İkizdere	101	3.5	1	3.50
9	Kavşakkaya	70.5	2.25	1	2.25
10	Kayraktepe	131	2	1	2.00
11	Kiği	146	2.75	1	2.75
12	Köprübaşı	108	3	1	3.00
13	Kralkizi	113	2.1	1	2.10
14	Özlüce	124	2.25	1	2.25
15	Vezirköprü	75	2.5	1	2.50

Çizelge 6.6 Kaya dolgu barajlarda mansap şev eğimleri

S.n.	Baraj Adı	Talveg Yük.	Şev Eğim		D/H
			D	H	
1	Adigüzel	144	2.5	1	2.50
2	Akyar	71	2.5	1	2.50
3	Altinkaya	137	2.5	1	2.50
4	Atatürk	169	2.2	1	2.20
5	Batman	72.5	3	1	3.00
6	Derinöz	75	3	1	3.00
7	Dicle	75	2	1	2.00
8	İkizdere	101	2	1	2.00
9	Kavşakkaya	70.5	2	1	2.00
10	Kayraktepe	131	1.7	1	1.70
11	Kiği	146	2.5	1	2.50
12	Köprübaşı	108	2.5	1	2.50
13	Kralkizi	113	2	1	2.00
14	Özlüce	124	2	1	2.00
15	Vezirköprü	75	2	1	2.00

Çizelge 6.7. Toprak dolgu barajlarda kil çekirdek şev eğimleri

S.N.	Baraj Adı	Talveg Yük.	Şev Eğim		D/H
1	Akdeğirmen	34.5	1	2.25	0.44
2	A.Kuzfindik	30.76	1	3	0.33
3	Akhasan	35.8	1	2.00	0.50
4	Bakraş	37	1	2	0.50
5	Çat	64.5	1	2	0.50
6	Dağci	26	1	2	0.50
7	Demirtaş	45	1	1.15	0.87
8	Eğrekkaya	67	1	2	0.50
9	Gökpınar	43	1	2	0.50
10	Karacaören	18	1	1.5	0.67
11	Kılavuzlu	56	1	2	0.50
12	Kizildamlar	40	1	2.25	0.44
13	Kirazlıköprü	53.25	1	3	0.33
14	Koçhisar	37.4	1	3	0.33
15	Obruk	67	1	2.26	0.44
16	Polat	51	1	1.15	0.87
17	Tinaztepe	20.6	1	1.25	0.80
18	Yenihayat	52.3	1	2	0.50
19	Yenipazar	24	1	2	0.50

Çizelge 6.8. Kaya dolgu barajlarda kil çekirdek şev eğimleri

S.N.	Baraj Adı	Talveg Yük.	Şev Eğim		D/H
1	Adigüzel	144	1	2.15	0.47
2	Akyar	71	1	2.00	0.50
3	Altinkaya	137	1	2.00	0.50
4	Atatürk	169	1	2.50	0.40
5	Batman	72.5	1	2	0.50
6	Derinöz	75	1	1.15	0.87
7	Dicle	75	1	2	0.50
8	İkizdere	101	1	2	0.50
9	Kavşakkaya	70.5	1	2	0.50
10	Kayraktepe	131	1	3	0.33
11	Kiği	146	1	3	0.33
12	Köprübaşı	108	1	2.5	0.40
13	Kralkizi	113	1	4	0.25
14	Özlüce	124	1	3	0.33
15	Vezirköprü	75	1	2	0.50

6.3 Kret Genişliği

Barajlarda kret genişliği; dolgunun kullanım amacına göre değişken olabilmektedir. Özellikle üzerinde servis yolu bulunan dolgularda kret nispi olarak geniştir. Bu  alışma kapsamında yer alan dolgular için kret genişlikleri 6m – ile 20m arasında yer almaktadır ( izelge 6.9). 34 barajın kret genişlikleri aşağıdaki formüllere göre, baraj yüksekliği $H=150$ m'ye kadar olan barajlar USBR ve $H=100$ m'ye kadar olan barajlar Japon standartlarına göre karşılaştırılmıştır. İlgili değerler Bölüm 7' de tasarım esasları ile birlikte detaylı değerlendirilmektedir.

$$W = 3,6. H^{\left(\frac{1}{3}\right)} \quad (\text{USBR}) \quad (6.1.)$$

$$W = 3,6. H^{\left(\frac{1}{3}\right)} - 3 \quad (\text{Japon}) \quad (6.2.)$$

W= Kret genişliği

H=Baraj yüksekliği

Çizelge 6.9.Çalışmada dikkate alınan barajların kret genişlikleri

Sıra No	Baraj Adi	İli	Yükseklik Talvegden (m)	Kret Genişliği (m)
1	Akdeğirmen	Afyon	34.5	10
2	A.Kuzfindik	Eskişehir	30.76	10
3	Adigüzel	Denizli	144	14
4	Akhasan	Çankiri	35.8	10
5	Akyar	Ankara	71	10
6	Altinkaya	Kastamonu	137	6
7	Atatürk	Şanlıurfa	169	15
8	Bakraş	Bilecik	37	10
9	Batman	Batman	72.5	12
10	Çat	Malatya	64.5	20
11	Dağci	Eskişehir	26	8
12	Demirtaş	Bursa	45	10
13	Derinöz	Samsun	75	10
14	Dicle	Diyarbakir	75	10
15	Eğrekkaya	Ankara	67	10
16	Gökpinar	Denizli	43	10
17	İkizdere	Aydin	101	10
18	Karacaören	Balıkesir	18	8
19	Kavşakkaya	Ankara	70.5	10
20	Kayraktepe	Mersin	131	15
21	Kilavuzlu	K.Maraş	56	10
22	Kizildamlar	Bilecik	40	10
23	Kiği	Bingöl	146	14
24	Kirazlıköprü	Bartın	53.25	10
25	Koçhisar	Çorum	37.4	10
26	Köprübaşı	Bolu	108	12
27	Kralkizi	Diyarbakir	113	12
28	Obruk	Çorum	67	12
29	Özlüce	Bingöl	124	12
30	Polat	Malatya	51	10
31	Tinaztepe	Afyon	20.6	10
32	Vezirköprü	Samsun	75	12
33	Yenihayat	Çorum	52.3	10
34	Yenipazar	Bilecik	24	10

6.4 Güvenlik Sayıları

Çalışmada dikkate alınan tüm barajlar için inşaat sonu(durum - 1), ani düşme hali(durum - 2 ve 3), işletme hali-memba şevi (durum 4ve işletme hali-mansap şevi (durum - 5) için şev stabilite analizleri yapılmıştır. Ayrıca deprem hali(durum - 7); inşaat sonu ve işletme aşamaları için memba ve mansap şevleri analiz edilmiştir. Güvenlik sayıları, toplu olarak Çizelge 6.10.'da sunulmaktadır.

Çizelge 6.10.Çalışmada dikkate alınan tüm barajlar için güvenlik sayıları

Sıra no	Baraj Adı	Durum-1		Durum-2 ve Durum-3	Durum-4	Durum-5	Durum-7			
							İnşaat Sonu		İşletme	
		Memba	Mansap	Memba	Memba	Mansap	Mansap	Memba	Mansap	Memba
1	Akdeğirmen	2.13	1.88	1.58	1.97	1.31	1.31	1.39	1.08	0.98
2	A.Kuzfindik	2.68	2.19	1.84	2.23	2.11	1.44	1.70	1.41	1.14
3	Adigüzel	2.50	2.29	2.00	2.05	2.14	1.54	1.70	1.41	1.16
4	Akhasan	2.49	1.81	1.46	1.74	1.67	1.11	1.38	0.99	1.12
5	Akyar	1.30	1.30	1.61	1.79	2.10	1.44	1.45	1.07	1.03
6	Altinkaya	1.71	1.62	1.52	1.52	1.55	1.47	1.55	1.40	1.31
7	Atatürk	1.94	2.01	1.77	1.88	2.00	1.66	1.61	1.65	1.39
8	Bakraş	2.17	2.17	1.81	1.86	1.96	1.52	1.52	1.35	1.06
9	Batman	2.83	1.66	2.25	2.32	1.69	1.59	2.13	1.57	2.65
10	Çat	2.71	1.41	2.35	2.40	1.41	0.95	1.58	0.95	1.27
11	Dağci	2.27	2.24	1.03	1.22	1.40	1.64	1.63	1.01	0.83
12	Demirtaş	2.59	1.92	2.17	2.26	1.78	1.21	1.50	1.21	1.19
13	Derinöz	2.40	2.82	2.22	2.82	2.38	1.71	1.47	1.42	1.31
14	Dicle	1.59	1.45	1.50	1.47	1.45	1.38	1.51	1.38	1.36
15	Eğrekaya	2.18	1.64	1.88	1.97	1.84	1.09	1.33	0.91-1.01	1.01
16	Gökpinar	2.80	2.18	2.34	2.43	2.18	1.36	1.71	1.00	1.30
17	İkizdere	2.60	1.51	2.37	2.38	1.53	1.05	1.47	1.02	1.26
18	Karacaören	2.43	2.07	1.78	2.09	1.88	1.86	1.72	1.91	2.21
19	Kavşakkaya	1.74	2.08	1.61	1.76	1.68	1.31	1.56	1.28	1.22
20	Kayraktepe	1.59	1.41	1.46	1.48	1.45	1.20	1.34	1.23	1.16
21	Kilavuzlu	1.92	1.49	1.17	1.76	1.50	0.98	1.18	0.99	1.15
22	Kizildamlar	2.30	2.47	1.68	2.03	2.39	1.70	1.59	1.29	1.17
23	Kiği	2.19	2.08	1.94	1.98	2.09	1.39	1.44	1.00	1.20
24	Kirazlıköprü	2.20	1.69	2.03	2.04	1.60	1.88	1.47	1.39	1.72
25	Koçhisar	2.10	1.38	1.14	1.76	1.71	0.99	1.37	1.18	1.13
26	Köprübaşı	2.90	2.64	2.57	2.64	2.74	1.97	1.84	1.88	1.65
27	Kralkızı	1.97	1.83	1.75	1.78	1.81	1.54	1.65	1.51	1.48
28	Obruk	2.51	3.34	3.34	3.34	2.23	1.40	1.66	1.33	1.51
29	Özlüce	1.77	1.71	1.65	1.70	1.69	1.27	1.24	1.22	1.04
30	Polat	2.42	2.46	2.12	2.12	2.09	1.77	1.66	1.17	1.35
31	Tinaztepe	2.10	2.41	1.76	2.12	1.70	1.79	1.63	1.53	1.30
32	Vezirköprü	2.09	2.00	1.76	1.86	1.86	1.56	1.65	1.20	1.43
33	Yenihayat	2.44	2.29	1.71	2.14	1.91	1.85	1.93	1.45	1.42
34	Yenipazar	2.69	2.30	2.05	2.26	1.92	1.48	1.71	1.22	1.21

7.BULGULAR VE TARTIŞMA

Dolgu barajların genel stabilitesi, statik stabilite ve statik deformasyonlar yönünden değerlendirilir. Bu araştırmada statik stabilite esas alınmıştır. Bu esasta dolgu şevleri, dolgu malzemesi ve temel zemini özellikleri ile yerel zemin koşulları dikkate alınarak analiz edilir. Farklı yükleme koşulları için memba ve mansap şevlerinin stabilitesi değerlendirilir ve güvenlik sayıları hesaplanır. Hesaplanan bu değerlerin, şartnamelerde ve standartlarda yer alan ilgili değerleri sağlaması yeterli görülür. Analizlerde deprem durumu, en büyük yer ivmesinin (PGA) fonksiyonu olarak tanımlanan bir sismik katsayı ile temsil edilir.

Dolgu barajların stabilite analizleri; bir potansiyel göçme düzlemi boyunca yer alan malzemelerin kayma dayanımlarının belirlenmesini gerekli kılar. Efektif gerilme esasında Mohr-Coulomb göçme kriterlerine ait klasik eşitlik kullanılarak kayma dayanımı hesaplanır. Drenajsız kayma dayanımlarına bağlı olarak oluşan kayma dayanımı, zeminin göçme öncesi sahip olduğu efektif konsolidasyon basıncının bir fonksiyonudur. Şev stabilite analizinde dikkate alınan efektif konsolidasyon basıncı, göçme öncesi potansiyel göçme yüzeyine etkiyen normal efektif gerilme olarak değerlendirilir.

Bu çalışma kapsamında toplam 34 baraj dikkate alınarak şev stabilitesi ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Her bir analiz sonucunda oluşan güvenlik sayıları hesaplanmış ve sınır değer dikkate alınarak aşılma yüzdeleri belirlenmiştir. Çizelge 7.1.'de inşaat sonu hali için memba ve mansap şevleri güvenlik sayıları sunulmaktadır. Bu çizelgeden de görülebileceği gibi sağlanması gereken değer (1.3), büyük oranlarla aşılmaktadır. Özellikle Batman, Çat, Gökpinar, İkizdere, Köprübaşı ve Yenipazar barajlarında çok yüksek aşılma değerleri elde edilmiştir.

Ani düşme hali için mansap şevleri güvenlik sayıları aşılma değerleri, Çizelge 7.2.'de verilmektedir. Bu durumda güvenlik sayıları nispi olarak düşüktür. Hatta bazı barajlarda sınır değer sağlanamamıştır (Dağcı, Klavuzlu ve Koçhisar barajları). Obruk barajında ise oldukça yüksek bir aşılma olasılığı belirlenmiştir (Aşılma oranı:% 156.9).

Çizelge 7.3.'de işletme hali kısmi depolama şartları için memba şevleri güvenlik sayısı aşılma değerleri sunulmaktadır. İşletme hali için sınır güvenlik sayısı değeri, 1.5 alınmıştır. Tüm barajlar için aşılma oranı değerleri düşüktür. Ancak Obruk barajı için ilgili değer, % 122.7 olarak belirlenmiştir. Dağcı, Dicle ve planlama aşamasındaki Kayraktepe barajlarında eksi değerler oluşmuş olup sınır güvenlik sayısı değeri sağlanamamıştır. Altinkaya barajında ise sınır değer çok küçük bir aşılma oranı ile sağlanmıştır.

İşletme hali en büyük depolama şartları için mansap şevi güvenlik sayısı aşılma değerleri, Çizelge 7.4.'de verilmektedir. İşletme aşamasında mansap şevleri için güvenlik sayıları, memba şevleri için gerçekleşen değerlerden oldukça düşüktür. Akdeğirmen, Çat, Dağcı ve Kayraktepe barajlarında gereken güvenlik sayısı değerleri sağlanamamıştır. Köprübaşı barajında da oldukça büyük bir aşılma oranı (% 82.7) gerçekleşmiştir. Kılavuzlu barajında ise güvenlik sayısı tam sınır değerinde oluşmuştur.

Çizelge 7.5.'de deprem hali için memba ve mansap şevleri güvenlik sayıları aşılma oranı değerleri verilmektedir. Deprem durumu için inşaat sonu ve işletme hali ayrı ayrı incelenmiştir. Her iki durum da memba ve mansap şevleri için analizler gerçekleştirilmiştir. İnşaat sonu durumunda, memba şevlerinin deprem halinde güvenlik sayıları yüksektir. Mansap şevinde ise sınır güvenlik sayısı çok değişken olup bazı barajlarda sınır değer sağlanamamıştır (Çat, Eğrekkaya, İkizdere, Kılavuzlu ve Koçhisar barajları).

İşletme halinde memba ve mansap şevlerinin güvenlik sayısı oldukça düşüktür. İlgili değerler sınır değere çok daha yakındır. Memba şevi için beş barajda (Akdeğirmen, Akyar, Bakraş, Eğrekkaya, Obruk ve Özlüce barajları) sınır güvenlik sayısı değerleri sağlanamamıştır. Mansap şevinde ise ilgili değerler çok daha düşüktür. Ancak Batman ve Köprübaşı barajları için çok yüksek değerler elde edilmiştir. Akdeğirmen, Akyar, Altinkaya, Çat, Dağcı, Eğrekkaya, Gökpınar, İkizdere, Kılavuzlu ve Kiğı barajlarında gereken güvenlik sayıları sağlanamamıştır.

Dolgu barajların kret genişliği, ülke pratiğine göre değişiklik arz etmektedir. Konuyla ilgili ADB Su İşleri Teşkilatının (USBR) ve Japonya Baraj Birliğinin (JCOLD)

konuyla ilgili ampirik yaklaşımları olmuştur. Çalışmada dikkate alınan 34 baraj için baraj kret genişlikleri, bu çalışmada incelenmiştir. İlgili çalışmanın özeti, Çizelge 7.6.'da sunulmaktadır. Yüksekliğe bağlı olarak önerilen bu ampirik ilişkilerden USBR yaklaşımı çok daha tutucudur. Çalışmada dikkate alınan ve nispi olarak düşük yüksekliğe sahip Karacaören ve Tınaztepe barajlarında, büyük aşılma oranları belirlenmiştir.



Çizelge 7.1.İnşaat sonu hali için memba ve mansap şevleri güvenlik sayıları aşılma değerleri

Sıra no	Baraj adı	Mansap şevi			Memba şevi		
		Hesaplanan Değer	Sınır Değer	Aşılma (%)	Hesaplanan Değer	Sınır Değer	Aşılma (%)
1	Akdeğirmen	1.88	1.3	44.6	2.13	1.3	63.8
2	A.Kuzfindik	2.19	1.3	68.5	2.68	1.3	106.2
3	Adigüzel	2.29	1.3	76.2	2.50	1.3	92.3
4	Akhasan	1.81	1.3	39.2	2.49	1.3	91.5
5	Akyar	1.30	1.3	0.0	1.30	1.3	0.0
6	Altinkaya	1.62	1.3	24.6	1.71	1.3	31.5
7	Atatürk	2.01	1.3	54.6	1.94	1.3	49.2
8	Bakraş	2.17	1.3	66.9	2.17	1.3	66.9
9	Batman	1.66	1.3	27.7	2.83	1.3	117.7
10	Çat	1.41	1.3	8.5	2.71	1.3	108.5
11	Dağci	2.24	1.3	72.3	2.27	1.3	74.6
12	Demirtaş	1.92	1.3	47.7	2.59	1.3	99.2
13	Derinöz	2.82	1.3	116.9	2.40	1.3	84.6
14	Dicle	1.45	1.3	11.5	1.59	1.3	22.3
15	Eğrekkaya	1.64	1.3	26.2	2.18	1.3	67.7
16	Gökpinar	2.18	1.3	67.7	2.80	1.3	115.4
17	İkizdere	1.51	1.3	16.2	2.60	1.3	100.0
18	Karacaören	2.07	1.3	59.2	2.43	1.3	86.9
19	Kavşakkaya	2.08	1.3	60.0	1.74	1.3	33.8
20	Kayraktepe	1.41	1.3	8.5	1.59	1.3	22.3
21	Kilavuzlu	1.49	1.3	14.6	1.92	1.3	47.7
22	Kizildamlar	2.47	1.3	90.0	2.30	1.3	76.9
23	Kiği	2.08	1.3	60.0	2.19	1.3	68.5
24	Kirazlıköprü	1.69	1.3	30.0	2.20	1.3	69.2
25	Koçhisar	1.38	1.3	6.2	2.10	1.3	61.5
26	Köprübaşı	2.64	1.3	103.1	2.90	1.3	123.1
27	Kralkizi	1.83	1.3	40.8	1.97	1.3	51.5
28	Obruk	3.34	1.3	156.9	2.51	1.3	93.1
29	Özlüce	1.71	1.3	31.5	1.77	1.3	36.2
30	Polat	2.46	1.3	89.2	2.42	1.3	86.2
31	Tinaztepe	2.41	1.3	85.4	2.10	1.3	61.5
32	Vezirköprü	2.00	1.3	53.8	2.09	1.3	60.8
33	Yenihayat	2.29	1.3	76.2	2.44	1.3	87.7
34	Yenipazar	2.30	1.3	76.9	2.69	1.3	106.9

Çizelge 7.2. Ani düşme hali için mansap şevleri güvenlik sayıları aşılma değerleri

Sıra no	Baraj adı	Maksimum su seviyesinden düşme			Kapak seviyesinden düşme		
		Hesaplanan Değer	Sınır Değer	Aşılma (%)	Hesaplanan Değer	Sınır Değer	Aşılma (%)
1	Akdeğirmen	1.58	1.3	21.5	1.58	1.3	21.5
2	A.Kuzfindik	1.84	1.3	41.5	1.88	1.3	44.6
3	Adigüzel	2.01	1.3	54.6	2.00	1.3	53.8
4	Akhasan	1.46	1.3	12.3	1.46	1.3	12.3
5	Akyar	1.61	1.3	23.8	1.61	1.3	23.8
6	Altinkaya	1.52	1.3	16.9	1.52	1.3	16.9
7	Atatürk	1.78	1.3	37.2	1.77	1.3	36.2
8	Bakraş	1.81	1.3	39.2	1.82	1.3	40.0
9	Batman	2.25	1.3	73.1	2.26	1.3	73.8
10	Çat	2.35	1.3	80.8	2.35	1.3	80.8
11	Dağci	1.03	1.3	-20.8	1.03	1.3	-20.8
12	Demirtaş	2.17	1.3	66.9	2.17	1.3	66.9
13	Derinöz	2.22	1.3	70.8	2.25	1.3	73.1
14	Dicle	1.50	1.3	15.4	1.50	1.3	15.4
15	Eğrekkaya	1.88	1.3	44.6	1.88	1.3	44.6
16	Gökpinar	2.34	1.3	80.0	2.35	1.3	80.8
17	İkizdere	2.37	1.3	82.3	2.37	1.3	82.3
18	Karacaören	1.78	1.3	36.9	1.78	1.3	36.9
19	Kavşakkaya	1.61	1.3	23.8	1.61	1.3	23.8
20	Kayraktepe	1.48	1.3	13.8	1.46	1.3	12.3
21	Kilavuzlu	1.20	1.3	-7.7	1.17	1.3	-10.0
22	Kizildamlar	1.72	1.3	32.3	1.68	1.3	29.2
23	Kiği	2.01	1.3	54.6	1.94	1.3	49.2
24	Kirazlıköprü	2.04	1.3	56.9	2.03	1.3	56.2
25	Koçhisar	1.14	1.3	-12.3	1.14	1.3	-12.3
26	Köprübaşı	2.58	1.3	98.5	2.57	1.3	97.7
27	Kralkizi	1.76	1.3	35.4	1.75	1.3	34.6
28	Obruk	3.34	1.3	156.9	3.34	1.3	156.9
29	Özlüce	1.65	1.3	26.9	1.66	1.3	27.7
30	Polat	2.12	1.3	63.1	2.12	1.3	63.1
31	Tinaztepe	1.85	1.3	42.3	1.76	1.3	35.4
32	Vezirköprü	1.76	1.3	35.4	1.76	1.3	35.4
33	Yenihayat	1.72	1.3	32.3	1.71	1.3	31.5
34	Yenipazar	2.05	1.3	57.7	2.05	1.3	57.7

Çizelge 7.3. İşletme hali kısmı depolama için memba şevleri güvenlik sayıları aşılma değerleri

Sıra no	Baraj adı	Mansap şevi			Memba şevi		
		Hesaplanan Değer	Sınır Değer	Aşılma (%)	Hesaplanan Değer	Sınır Değer	Aşılma (%)
1	Akdeğirmen	-	-	-	1.97	1.5	31.3
2	A.Kuzfindik	-	-	-	2.23	1.5	48.7
3	Adigüzel	-	-	-	2.05	1.5	36.7
4	Akhasan	-	-	-	1.74	1.5	16.0
5	Akyar	-	-	-	1.79	1.5	19.3
6	Altinkaya	-	-	-	1.52	1.5	1.3
7	Atatürk	-	-	-	1.88	1.5	25.3
8	Bakraş	-	-	-	1.86	1.5	24.0
9	Batman	-	-	-	2.32	1.5	54.7
10	Çat	-	-	-	2.40	1.5	60.0
11	Dağci	-	-	-	1.22	1.5	-18.7
12	Demirtaş	-	-	-	2.26	1.5	50.7
13	Derinöz	-	-	-	2.82	1.5	88.0
14	Dicle	-	-	-	1.47	1.5	-2.0
15	Eğrekkaya	-	-	-	1.97	1.5	31.3
16	Gökpınar	-	-	-	2.43	1.5	62.0
17	İkizdere	-	-	-	2.38	1.5	58.7
18	Karacaören	-	-	-	2.09	1.5	39.3
19	Kavşakkaya	-	-	-	1.76	1.5	17.3
20	Kayraktepe	-	-	-	1.48	1.5	-1.3
21	Kilavuzlu	-	-	-	1.76	1.5	17.3
22	Kizildamlar	-	-	-	2.03	1.5	35.3
23	Kiği	-	-	-	1.98	1.5	32.0
24	Kirazlıköprü	-	-	-	2.04	1.5	36.0
25	Koçhisar	-	-	-	1.76	1.5	17.3
26	Köprübaşı	-	-	-	2.64	1.5	76.0
27	Kralkizi	-	-	-	1.78	1.5	18.7
28	Obruk	-	-	-	3.34	1.5	122.7
29	Özlüce	-	-	-	1.70	1.5	13.3
30	Polat	-	-	-	2.12	1.5	41.3
31	Tinaztepe	-	-	-	2.12	1.5	41.3
32	Vezirköprü	-	-	-	1.86	1.5	24.0
33	Yenihayat	-	-	-	2.14	1.5	42.7
34	Yenipazar	-	-	-	2.26	1.5	50.7

Çizelge 7.4. İşletme hali en büyük depolama için mansap şevleri güvenlik sayıları aşılma değerleri

Sıra no	Baraj adı	Mansap şevi		
		Hesaplanan Değer	Sınır Değer	Aşılma (%)
1	Akdeğirmen	1.31	1.5	-12.7
2	A.Kuzfindik	2.11	1.5	40.7
3	Adigüzel	2.14	1.5	42.7
4	Akhasan	1.67	1.5	11.3
5	Akyar	2.10	1.5	40.0
6	Altinkaya	1.55	1.5	3.3
7	Atatürk	2.00	1.5	33.3
8	Bakraş	1.96	1.5	30.7
9	Batman	1.69	1.5	12.7
10	Çat	1.41	1.5	-6.0
11	Dağci	1.40	1.5	-6.7
12	Demirtaş	1.78	1.5	18.7
13	Derinöz	2.38	1.5	58.7
14	Dicle	1.45	1.5	-3.3
15	Eğrekkaya	1.84	1.5	22.7
16	Gökpınar	2.18	1.5	45.3
17	İkizdere	1.53	1.5	2.0
18	Karacaören	1.88	1.5	25.3
19	Kavşakkaya	1.68	1.5	12.0
20	Kayraktepe	1.45	1.5	-3.3
21	Kılavuzlu	1.50	1.5	0.0
22	Kizildamlar	2.39	1.5	59.3
23	Kiği	2.09	1.5	39.3
24	Kirazlıköprü	1.60	1.5	6.7
25	Koçhisar	1.71	1.5	14.0
26	Köprübaşı	2.74	1.5	82.7
27	Kralkizi	1.81	1.5	20.7
28	Obruk	2.23	1.5	48.7
29	Özlüce	1.69	1.5	12.7
30	Polat	2.09	1.5	39.3
31	Tinaztepe	1.70	1.5	13.3
32	Vezirköprü	1.86	1.5	24.0
33	Yenihayat	1.91	1.5	27.3
34	Yenipazar	1.92	1.5	28.0

Çizelge 7.5. Depremlı hali için memba ve mansap şevleri güvenlik sayıları aşılmı değerleri

Sıra no	Baraj adı	Sismik Katsayı	İnşaat sonu hali						İşletme hali					
			MEMBA			MANSAP			MEMBA			MANSAP		
			Hesaplanan Değer	Sınır Değer	Aşılma (%)	Hesaplanan Değer	Sınır Değer	Aşılma (%)	Hesaplanan Değer	Sınır Değer	Aşılma (%)	Hesaplanan Değer	Sınır Değer	Aşılma (%)
1	Akdeğirmen	0.15	1.39	1.1	26.4	1.31	1.1	19.1	0.98	1.1	-10.9	1.08	1.1	-1.8
2	A.Kuzfin dik	0.15	1.70	1.1	54.5	1.44	1.1	30.9	1.14	1.1	3.6	1.41	1.1	28.2
3	Adigüzel	0.16	1.70	1.1	54.5	1.54	1.1	40.0	1.16	1.1	5.5	1.41	1.1	28.2
4	Akhasan	0.23	1.38	1.1	25.5	1.11	1.1	0.9	1.12	1.1	1.8	0.99	1.1	-10.0
5	Akyar	0.15	1.45	1.1	31.8	1.44	1.1	30.9	1.03	1.1	-6.4	1.07	1.1	-2.7
6	Altinkaya	0.04	1.55	1.1	40.9	1.47	1.1	33.6	1.31	1.1	19.1	1.40	1.1	27.3
7	Atatürk	0.07	1.61	1.1	46.4	1.66	1.1	50.9	1.39	1.1	26.4	1.65	1.1	50.0
8	Bakraş	0.15	1.52	1.1	38.2	1.52	1.1	38.2	1.06	1.1	-3.6	1.35	1.1	22.7
9	Batman	0.02	2.13	1.1	93.6	1.59	1.1	44.5	2.65	1.1	140.9	1.57	1.1	42.7
10	Çat	0.18	1.58	1.1	43.6	0.95	1.1	-13.6	1.27	1.1	15.5	0.95	1.1	-13.6
11	Dağci	0.1	1.63	1.1	48.2	1.64	1.1	49.1	0.83	1.1	-24.5	1.01	1.1	-8.2
12	Demirtaş	0.33	1.50	1.1	36.4	1.21	1.1	10.0	1.19	1.1	8.2	1.21	1.1	10.0
13	Derinöz	0.17	1.47	1.1	33.6	1.71	1.1	55.5	1.31	1.1	19.1	1.42	1.1	29.1
14	Dicle	0.02	1.51	1.1	37.3	1.38	1.1	25.5	1.36	1.1	23.6	1.38	1.1	25.5
15	Eğrekaya	0.18	1.33	1.1	20.9	1.09	1.1	-0.9	1.01	1.1	-8.2	0.91	1.1	-17.3
16	Gökpinar	0.18	1.71	1.1	55.5	1.36	1.1	23.6	1.30	1.1	18.2	1.00	1.1	-9.1
17	İkizdere	0.2	1.47	1.1	33.6	1.05	1.1	-4.5	1.26	1.1	14.5	1.02	1.1	-7.3
18	Karacaören	0.03	1.72	1.1	56.4	1.86	1.1	69.1	2.21	1.1	100.9	1.91	1.1	73.6
19	Kavşakkeya	0.12	1.56	1.1	41.8	1.31	1.1	19.1	1.22	1.1	10.9	1.28	1.1	16.4
20	Kayraktepe	0.07	1.34	1.1	21.8	1.20	1.1	9.1	1.16	1.1	5.5	1.23	1.1	11.8
21	Kilavuzlu	0.15	1.18	1.1	7.3	0.98	1.1	-10.9	1.15	1.1	4.5	0.99	1.1	-10.0
22	Kızıldamlar	0.15	1.59	1.1	44.5	1.70	1.1	54.5	1.17	1.1	6.4	1.29	1.1	17.3
23	Kiği	0.15	1.44	1.1	30.9	1.39	1.1	26.4	1.20	1.1	9.1	1.00	1.1	-9.1
24	Kirazlıköprü	0.06	1.47	1.1	33.6	1.88	1.1	70.9	1.72	1.1	56.4	1.39	1.1	26.4
25	Koçhisar	0.12	1.37	1.1	24.5	0.99	1.1	-10.0	1.13	1.1	2.7	1.18	1.1	7.3
26	Köprübaşı	0.13	1.84	1.1	67.3	1.97	1.1	79.1	1.65	1.1	50.0	1.88	1.1	70.9
27	Kralkızı	0.07	1.65	1.1	50.0	1.54	1.1	40.0	1.48	1.1	34.5	1.51	1.1	37.3
28	Obruk	0.15	1.66	1.1	50.9	1.40	1.1	27.3	1.51	1.1	37.3	1.33	1.1	20.9
29	Özlüce	0.14	1.24	1.1	12.7	1.27	1.1	15.5	1.04	1.1	-5.5	1.22	1.1	10.9
30	Polat	0.1	1.66	1.1	50.9	1.77	1.1	60.9	1.35	1.1	22.7	1.17	1.1	6.4
31	Tinaztepe	0.1	1.63	1.1	48.2	1.79	1.1	62.7	1.30	1.1	18.2	1.53	1.1	39.1
32	Vezirköprü	0.15	1.65	1.1	50.0	1.56	1.1	41.8	1.43	1.1	30.0	1.20	1.1	9.1
33	Yenihayat	0.12	1.93	1.1	75.5	1.85	1.1	68.2	1.42	1.1	29.1	1.45	1.1	31.8
34	Yenipazar	0.15	1.71	1.1	55.5	1.48	1.1	34.5	1.21	1.1	10.0	1.22	1.1	10.9

Çizelge 7.6.Çalışmada dikkate alınan barajların USBR ve Japon standartına göre aşılma oranları

Sıra No	Baraj Adı	$W=3.6 \cdot H^{(1/3)}$ (USBR)	Aşılma (%)	$W=3.6 \cdot H^{(1/3)}-3$ (Japon)	Aşılma (%)
1	Akdeğirmen	11.72	-14.67	8.72	14.69
2	A.Kuzfindik	11.28	-11.35	8.28	20.78
3	Adigüzel	18.87	-25.81	-	-
4	Akhasan	11.86	-15.72	8.86	12.80
5	Akyar	14.91	-32.92	11.91	-16.02
6	Altinkaya	18.56	-67.67	-	-
7	Atatürk	19.90	-24.64	-	-
8	Bakraş	12.00	-16.64	9.00	11.16
9	Batman	15.01	-20.06	12.01	-0.09
10	Çat	14.44	38.53	11.44	74.86
11	Dağci	10.66	-24.99	7.66	4.37
12	Demirtaş	12.80	-21.90	9.80	1.99
13	Derinöz	15.18	-34.13	12.18	-17.91
14	Dicle	15.18	-34.13	12.18	-17.91
15	Eğrekkaya	14.62	-31.61	11.62	-13.95
16	Gökpinar	12.61	-20.71	9.61	4.03
17	İkizdere	16.77	-40.35	-	-
18	Karacaören	9.43	-15.21	6.43	24.33
19	Kavşakkaya	14.87	-32.76	11.87	-15.77
20	Kayraktepe	18.28	-17.96	-	-
21	Kilavuzlu	13.77	-27.39	10.77	-7.18
22	Kizildamlar	12.31	-18.78	9.31	7.39
23	Kiği	18.96	-26.15	-	-
24	Kirazlıköprü	13.54	-26.17	10.54	-5.16
25	Koçhisar	12.04	-16.94	9.04	10.63
26	Köprübaşı	17.14	-30.00	-	-
27	Kralkizi	17.40	-31.05	-	-
28	Obruk	14.62	-17.93	11.62	3.26
29	Özlüce	17.95	-33.15	-	-
30	Polat	13.35	-25.10	10.35	-3.38
31	Tinaztepe	9.87	1.33	6.87	45.59
32	Vezirköprü	15.18	-20.96	12.18	-1.49
33	Yenihayat	13.46	-25.72	10.46	-4.42
34	Yenipazar	10.38	-3.70	7.38	35.42

8.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ülkemizde işletme aşamasında bulunan 34 baraj (1 adedi planlama aşamasında) için şev stabiliteleri incelenmiş ve buna bağlı olarak ülke pratiği değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları aşağıda özetlenmektedir.

- i. Çalışma kapsamında yer alan 15 adet merkezi kil çekirdekli kaya dolgu baraj tipi için memba şevi 2.0/1 ile 3.5/1 (yatay/düşey) arasında değişmektedir. İlgili değerler ortalama olarak 2.53/1 olarak gerçekleşmektedir. Merkezi kil çekirdekli kaya dolgu baraj tipi için mansap şev eğimleri daha dar bir aralık içinde yer almaktadır (1.7/1 -3/1). Mansap şevi ilgili değer, ortalama olarak 2.29/1 (yatay/düşey)'dir.
- ii. Çalışma kapsamında 19 adet yer alan merkezi kil çekirdekli toprak dolgu baraj tipi için memba şevi, kaya dolgu tipinde olduğu gibi 2.0/1 - 3.5/1 (yatay/düşey) aralığında yer almaktadır. İlgili değerler ortalama olarak 2.96/1 olarak gerçekleşmektedir. Merkezi kil çekirdekli kaya dolgu baraj tipi için mansap şev eğimleri aynı aralık söz konusudur (2.0/1 - 3.5/1). Merkezi kil çekirdekli toprak dolgu baraj mansap şevi ilgili değer, ortalama olarak 2.29/1 (yatay/düşey)'dir.
- iii. Kaya birim üzerinde yer alan toprak ve kaya dolgu barajların şev eğimleri ile ilgili temel bazı belirsizlikler söz konusudur. Bu nedenle ilgili şev eğimlerinin belli bir aralık için kullanılması ve bu aralıkta yer alan farklı şev eğimleri için analizler yapılarak mühendislik optimizasyonunun sağlanması uygun olur.
- iv. Yukarıda belirtilen şartlara haiz kaya dolgu barajlarda başlangıç çalışması için memba şev eğimin 2.5/1 -3.0/1(Yatay/Düşey) ve mansap şev eğiminin de 2.25/1 -2.75/1(Yatay/Düşey) aralığında seçilmesi uygun olur.

- v. Yukarıda belirtilen şartlara haiz toprak dolgu barajlarda başlangıç çalışması için memba şev eğimin 3.0/1 -3.5/1(Yatay/Düşey) ve mansap şev eğiminin de 2.25/1 - 3.0/1(Yatay/Düşey) aralığında seçilmesi uygun olur.
- vi. Deprem şartlarının şev eğimi üzerinde etkili olduğu belirtilmelidir. İlgili barajların deprem bölgelerine göre tasniflerinin yapılarak yeni bir çalışmanın yapılması çok daha etkili sonuçların ortaya çıkmasına neden olacaktır.
- vii. Kret genişliklerinin tasarımında yükseklik ve kretin hangi amaca bağlı olarak kullanılacağı anlam ifade etmektedir. Küçük barajlar için büyük kret genişliğinin kullanılması, maliyeti yüksek projelerin oluşmasına neden olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Anderson,M.G. ve Richards,K.S.,(1992)”Slope Stability” John wiley and Sons, 48p.

Atkinson J.,(1993)”Intruduction to the mechanics of soils and foundations”,England,328p

Bishop, A.W. (1955) “The use of the slip circle in the stability analysis of slopes”Geotechnique, V.5,no.1, 7-17

Budhu,M.,(2000) “ Soil mechanics and foundations” John Wiley and Sons, New York, 585p

Craig,R.F., (1989) “Soil mechanics” Van Norstrand reinhold, Fourth Edition, London,350p.

Duncan, J.M. and Wright, S.G.(1980) “The accurancy of equilibrium methods of analysis” Can . Geotech.. J. 14,429-439

Janbu, N., Bjerman, L. and Kjaernali, B (1956) “Veiledning ved losning av fundamenterings oopgaver” Norwegian Geotechnical Institute Publ.No.16

Janbu, N.,(1973) “Slope stability computation” Embankment Dam Engineering, Casagrande Memorial Volume, Wiley, New York, 47-86

Morgenstern.N.R. and Price, V.E. (1965) “ The analysis of stability of general slipsurfaces” Gcotechnique, Vol.15.No.1

Tosun, H., (1989) "Dolgularda stabilite analizi" Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Dergisi, sayı: 11, s:35-38.

Tosun, H. ve Batmaz, S., (2007) “Slope Stability Analysis for Embankment Dams and Critical Issues” I. National Dam Safety with International Participation and Exposition, May 28-30, 191-202, Ankara,

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Tosun, H., (2008) "Baraj Mühendisliğinde Geoteknik Ders Notları"ESOGÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü,Eskişehir

TS 8853, (1991) "Yamaç ve Şevlerin Dengesi ve Hesap Metodları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara



Ek Açıklama-A:Baraj Özellikleri

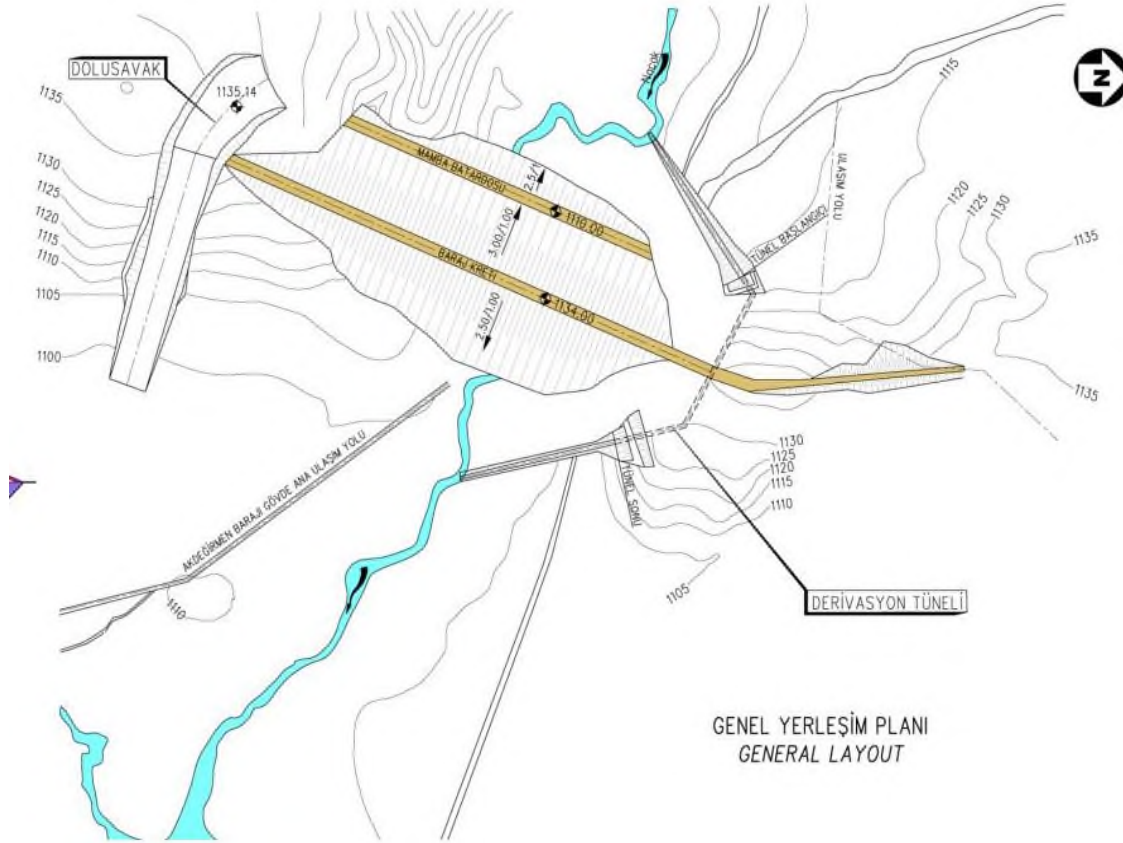
#	Baraj adı	Nehir	Nehir yatağından yükseklik (m)	Amaç (*)	Tamamlanma yılı	Dolgu hacmi (hm ³)	En büyük rezervuar hacmi (hm ³)
1	A.Kuzfındık	Kocadere	30.76	S	2006	1.45	21.1
2	Akdeğirmen	Nacak	34.5	S+İ	2008	1.2	50.097
3	Akhasan	Elma	35.8	S	2009	1.056	16.49
4	Bakraş	Günyurdu	37	S	2005	0.681	7.4
5	Çat	Abdulharap	64.5	S	1996	2.5	240
6	Dağci	Pazarçayı	26	S	2004	0.2	0.509
7	Demirtaş	Ballıkaya	45	S	1983	1.78	14.48
8	Eğrekkaya	Sey	67	İ	1992	3.9	113
9	Gökpınar	Gökpınar	43	S+İ	2002	1.36	27.72
10	Karacaören	Kizilcalar	18	İ	2000	0.07	0.55
11	Kılavuzlu	Ceyhan	56	E+S+İ	2001	3.96	69
12	Kizildamlar	Söğüt	40	S	2002	0.499	10.7
13	Kirazlıköprü	Gökirmak	53.25	S+E+T	2009	1.943	66.1
14	Koçhisar	Büyüköz	37.4	S	2010	0.85	161
15	Obruk	Kizilirmak	67	E+S	2009	12.83	661.11
16	Polat	Findik	51	S	1991	2.135	12.3
17	Tinaztepe	Koru	20.6	S	1991	0.4	1.6
18	Yenihayat	İlginözü	52.3	İ	1997	3.2	26.7
19	Yenipazar	Yenipazar	24	S	2009	0.6	1.919

AKDEĞİRMEN BARAJI

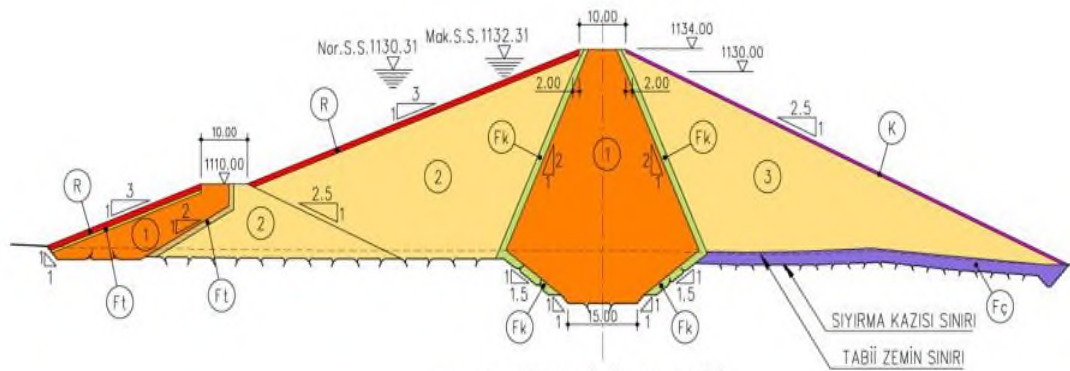


Genel General	İnşaatın Bitiş Yılı Year of Completion	2009
	Nehir River	Nacak
	Yeri Location	Afyonkarahisar
	Maksadı Purpose	İçmesuyu Drinking Water Supply
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	203,3
Baraj Gölü Reservoir	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	5,49
	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	50,097
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	47,46
Baraj Dam	Baraj Tipi Dam Type	Zonlu Toprak Dolgu Zoned Earthfill
	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	1464
	Kret Kotu Crest Level (m)	1134
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	804
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	41,50
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	34,50

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİTİ



GÖSTERİM/LEGEND

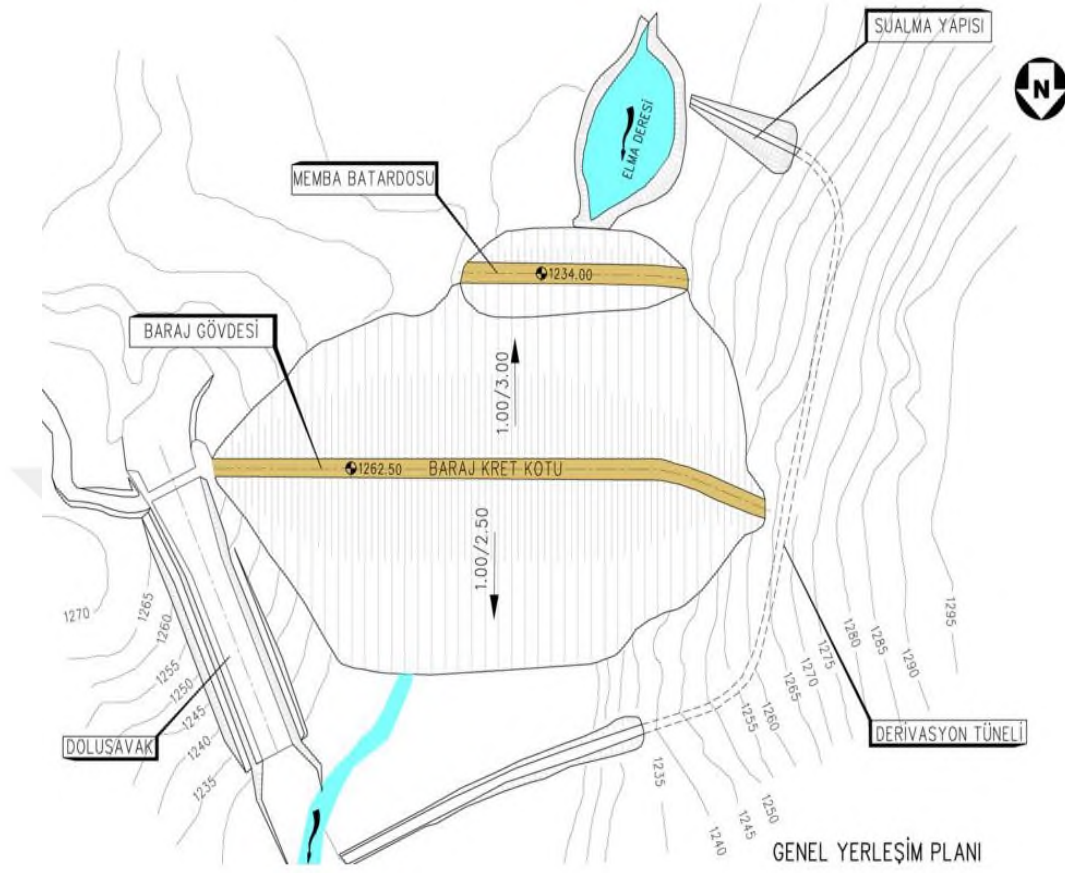
- | | | |
|---------------------------------|-------------------|-----------------|
| 1 GEÇİRİMSİZ ÇEKİRDEK MALZEMESİ | Fk FİLTRE KUM | R RİPRAP |
| 2 YARI-GEÇİRİMLİ DOLGU | Fç FİLTRE ÇAKIL | X KORUYUCU ÖRTÜ |
| 3 KUM, ÇAKIL | Ft FİLTRE TUVENAN | |

AKHASAN BARAJI

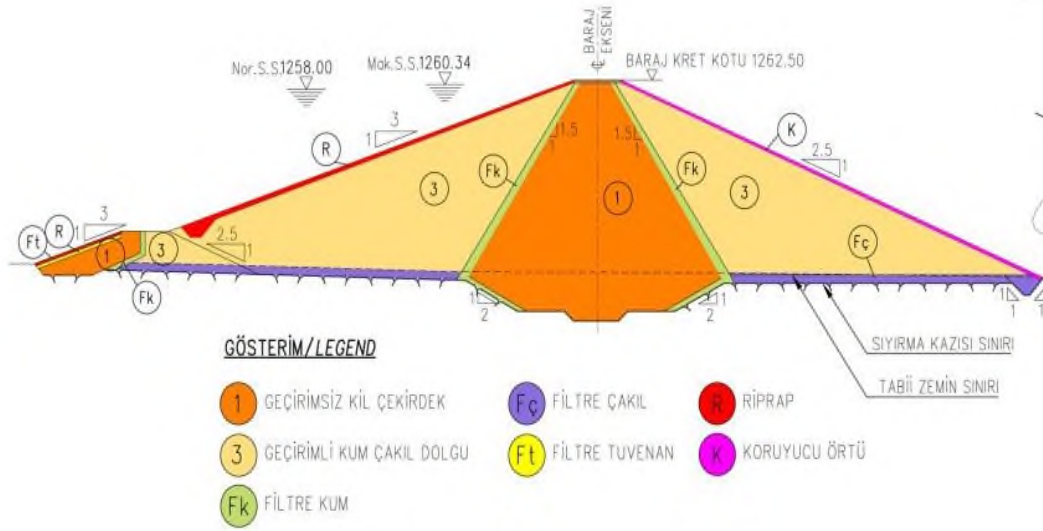


Genel General	İnşaatın Bitiş Yılı Year of Completion	2010
	Nehir River	Elma
	Yeri Location	
	Maksadı Purpose	Çankırı Sulama Irrigation
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	59
Baraj Gölü Reservoir	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	1,9
	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	16,490
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	15,29
Baraj Dam	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kum-Çakıl Dolgu Clay Core Sand Gravel Fill
	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	931
	Kret Kotu Crest Level (m)	1262,50
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	315,30
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	48,00
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	35,80

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİTİ



BARAJ GÖVDESİ TİP EN KESİTİ

KILAVUZLU BARAJI



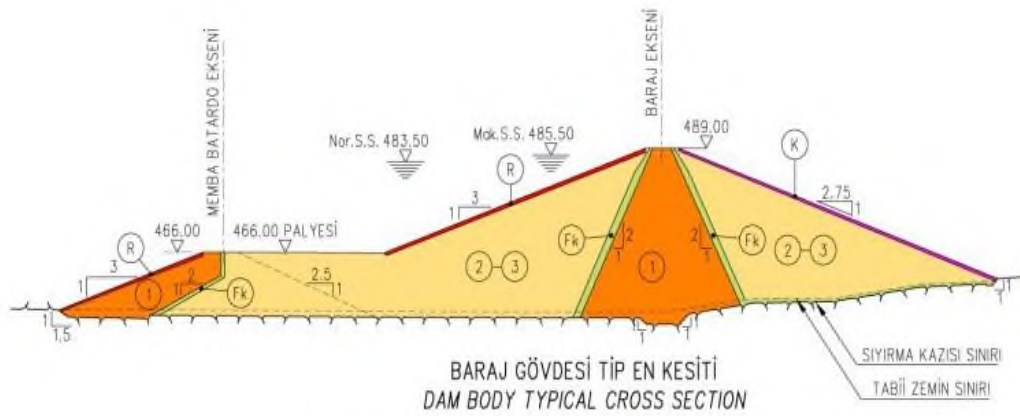
Genel General	İnşaatın Bitiş Yılı Year of Completion	2012
	Nehir River	Ceyhan
	Yeri Location	Kahramanmaraş
	Maksadı Purpose	Sulama, Enerji Irrigation, Energy
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	8486
Baraj Gölü Reservoir	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	3,16
	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	78,653
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	69,00
	Baraj Tipi Dam Type	Zonlu Toprak Dolgu Zoned Earthfill
Baraj Dam	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	3,400
	Kret Kotu Crest Level (m)	489
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	556,29
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	59
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	56

GENEL YERLEŞİM PLANI



GENEL YERLEŞİM PLANI
GENERAL LAYOUT

BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİTİ



GÖSTERİM/LEGEND

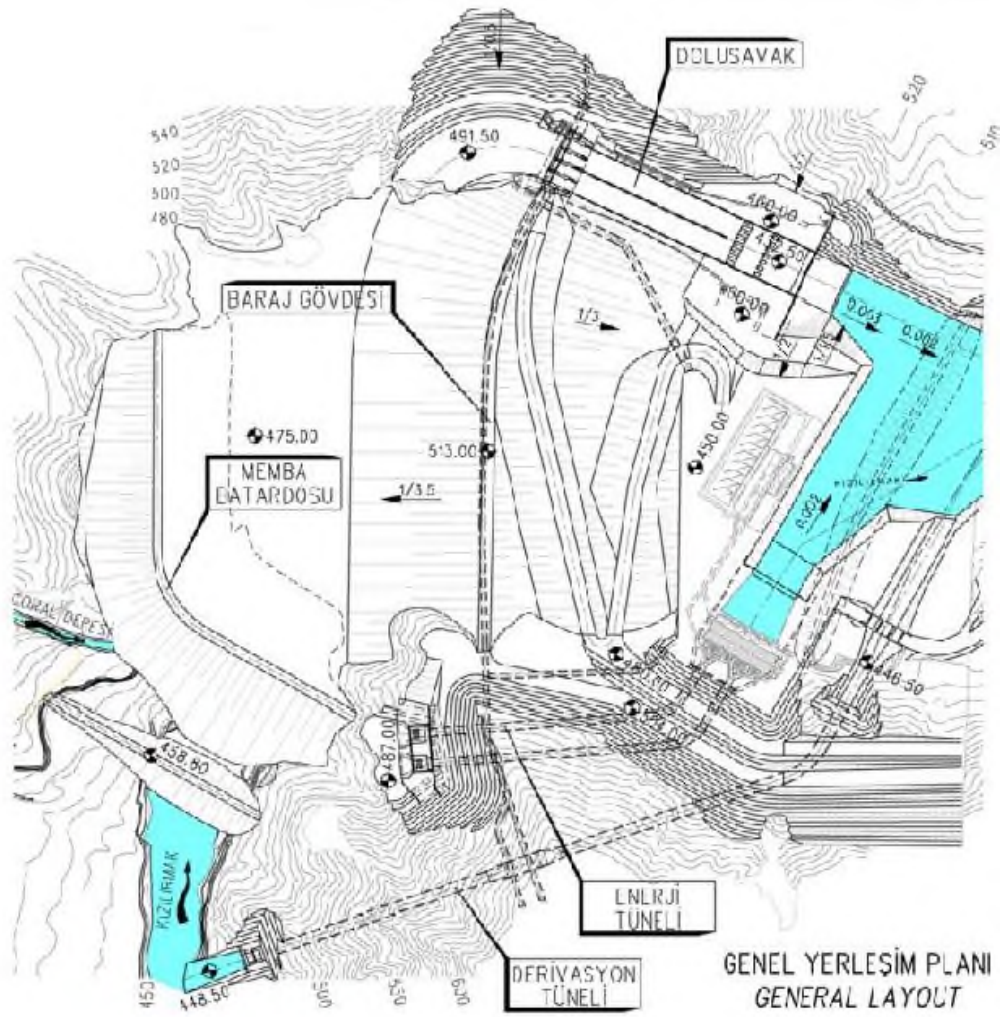
- | | | | |
|---|----------------------|--------|---------------|
| 1 | GEÇİRİMSİZ KİL DOLGU | Fk | KUM FİLTRE |
| 2 | YARI GEÇİRİMLİ DOLGU | K | KORUYUCU ÖRTÜ |
| 3 | | RİPRAP | |

OBRUK BARAJI

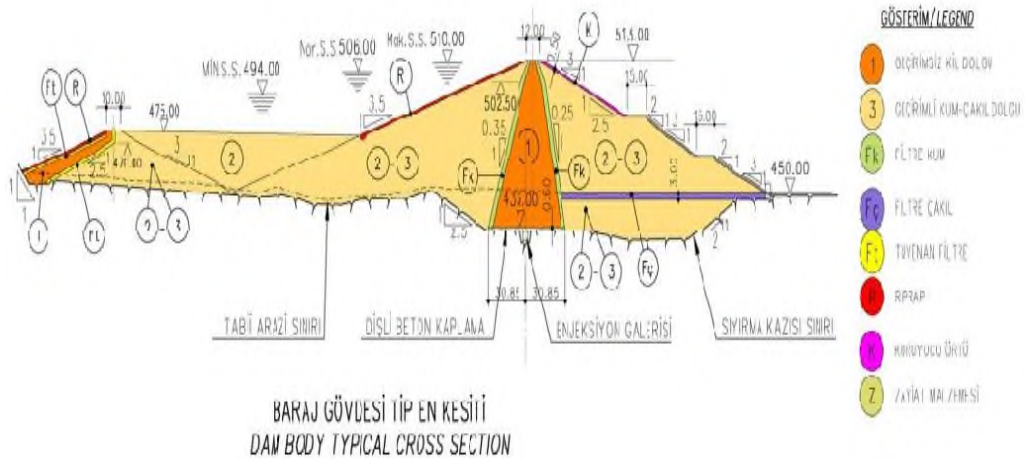


Genel General	İnşaatin Bitiş Yılı Year of Completion	2009
	Nehir River	Kızılırmak
	Yeri Location	Çorum
	Maksadı Purpose	Enerji, Sulama Energy, Irrigation
	Drenaj Alanı Catchment Area (Km ²)	58077
	Rezervuar Alanı Reservoir Area (Km ²)	50,21
Baraj Gölü Reservoir	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	661,11
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	425,11
	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Zonlu Toprak Dolgu Clay Core Zoned Earthfill
Baraj Dam	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	12000
	Kret Kotu Crest Level (m)	513
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	504,35
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	125
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	67

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİT



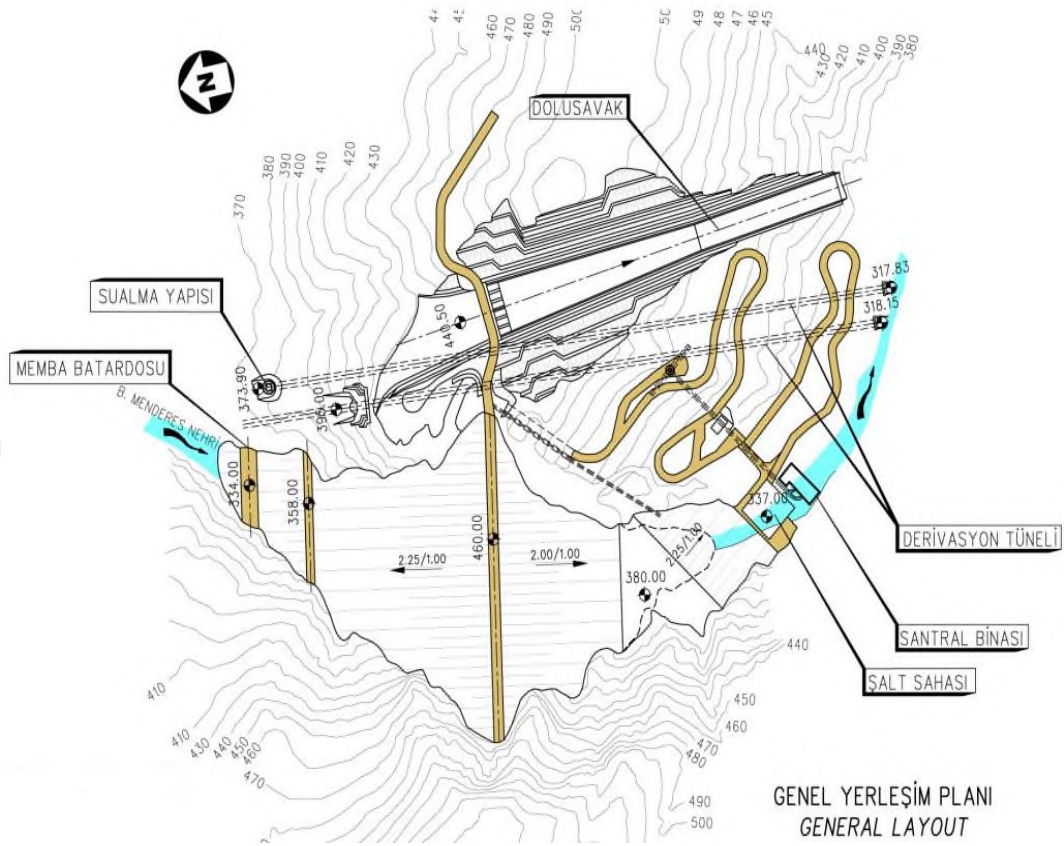
		Nehir	Nehir yatağından yükseklik (m)	Amaç (*)	Tamamlanma yılı	Dolgu hacmi (hm ³)	En büyük En rezervuar hacmi (hm ³)
#	Baraj adı						
1	Adıguzel	B.Menderes	144	I+E+F	1990	7.13	1 076
2	Akkopru	Dalaman	113	I+E+F	2011	12.99	385
3	Akyar	Bulak	71	D	1999	2.93	56
4	Altinkaya	Kızıllırmak	137	E	1988	16.00	5 763
5	Ataturk	Fırat	169	I+E+D	1992	84.50	48 700
6	Batman	Batman	73	I+E+F	2003	7.18	1 250
7	Derinoz	Derinoz	74	I	2003	3.25	19
8	Dicle	Maden	75	I+E+D	2001	3.10	595
9	Ikizdere	Ikizdere	101	I+D	2010	7.10	196
10	Kavsakkaya	Ovacayı	71	D	2007	4.70	90
11	Kığı	Peri	146	E	2017	23.00	1 200
12	Koprubasi	Mengen	108	E+F	2011	9.01	199
13	Kralkızı	Maden	113	I+E	1988	15.17	1 919
14	Ozluce	Peri	124	E	2000	2.14	1120
15	Nilufer	Nilufer	74	D	2007	3.70	31
16	Uzunçayır	Munzur	70	E	2010	2.25	308
17	Vezirkopru	İstavloz	74	I	2005	2.57	52

ADIGÜZEL BARAJI

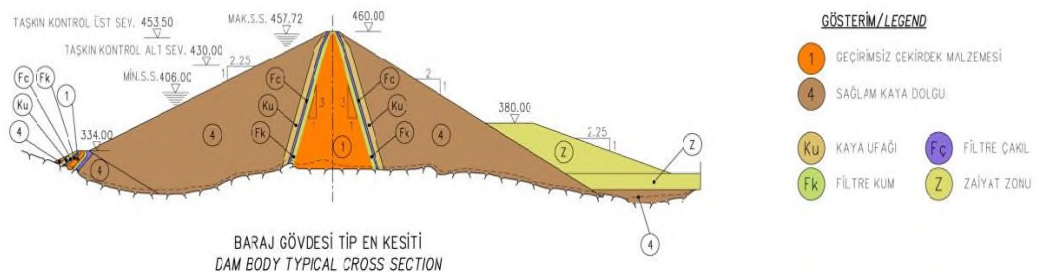


Genel General	İnşaatın Bitiş Yılı Year of Completion	1990
	Nehir River	Büyük Menderes
	Yeri Location	Denizli
	Maksadı Purpose	Sulama, Enerji, Taşkın Kontrol Irrigation, Energy, Flood Control
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	9 006
Baraj Gölü Reservoir	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	25,97
	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	1076
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	821,6
	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Clay Core Rockfill
Baraj Dam	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	7125
	Kret Kotu Crest Level (m)	460
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	377
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	145
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	144

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİT

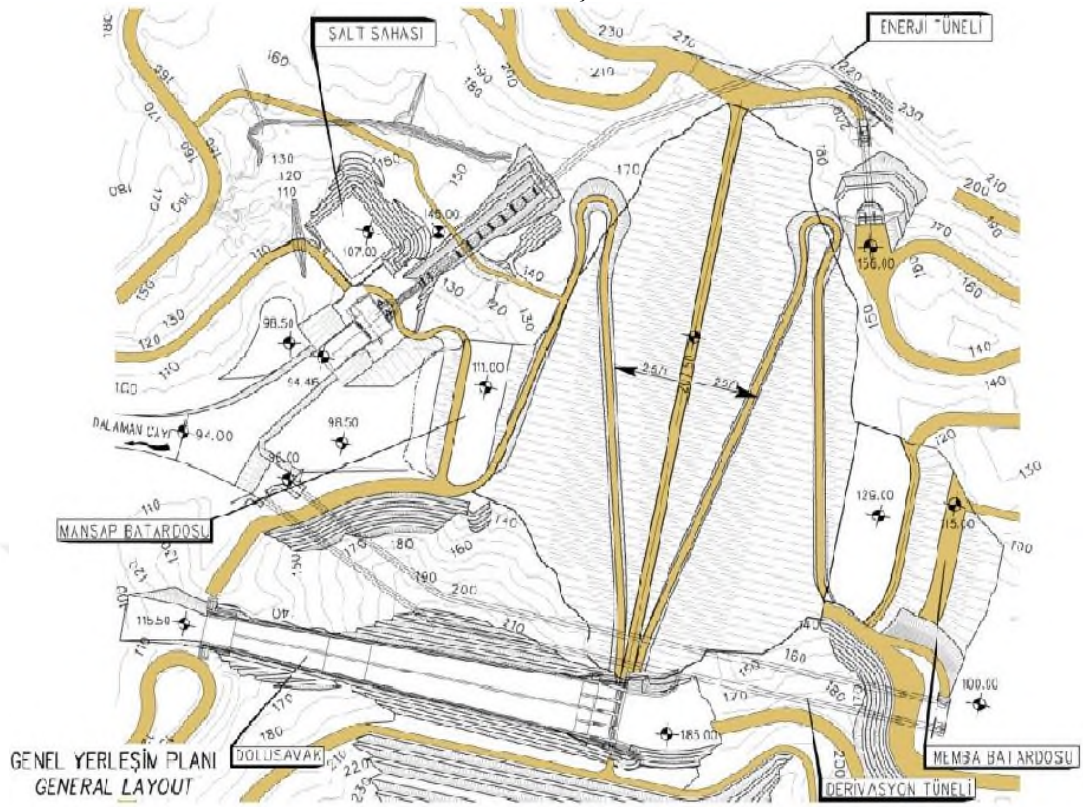


AKKÖPRÜ BARAJI

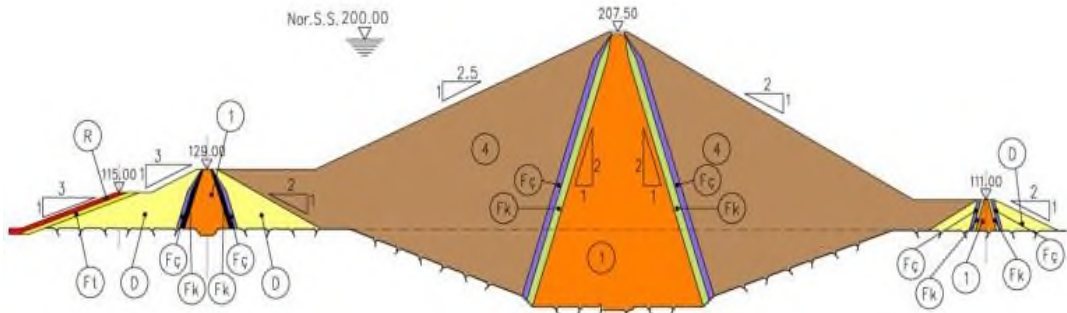


Genel General	İnşaatin Bitiş Yılı Year of Completion	2011
	Nehir River	Dalaman
	Yeri Location	Muğla
	Maksadı Purpose	Sulama, Taşkın Koruma, Enerji Irrigation, Flood Control, Energy
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	5132
Baraj Gölü Reservoir	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	9,63
	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	384,5
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	188,7
Baraj Dam	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Clay Core Rockfill
	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	12994
	Kret Kotu Crest Level (m)	207,50
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	688,27
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	162,50
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	112,50

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİT



BARAJ GÖVDESİ TİP EN KESİTİ
DAM BODY TYPICAL CROSS SECTION

GÖSTERİM/LEGEND

- | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 GEÇİRİMSİZ ÇEKİRDEK MALZEMESİ | F _k FİLTRE KUM | D DOLUSAVAK MALZEMESİ |
| 4 SAĞLAM KAYA DOLGU | F _ç FİLTRE ÇAKIL | R RİPRAP |
| F _t FİLTRE TUVENAN | | |

AKYAR BARAJI



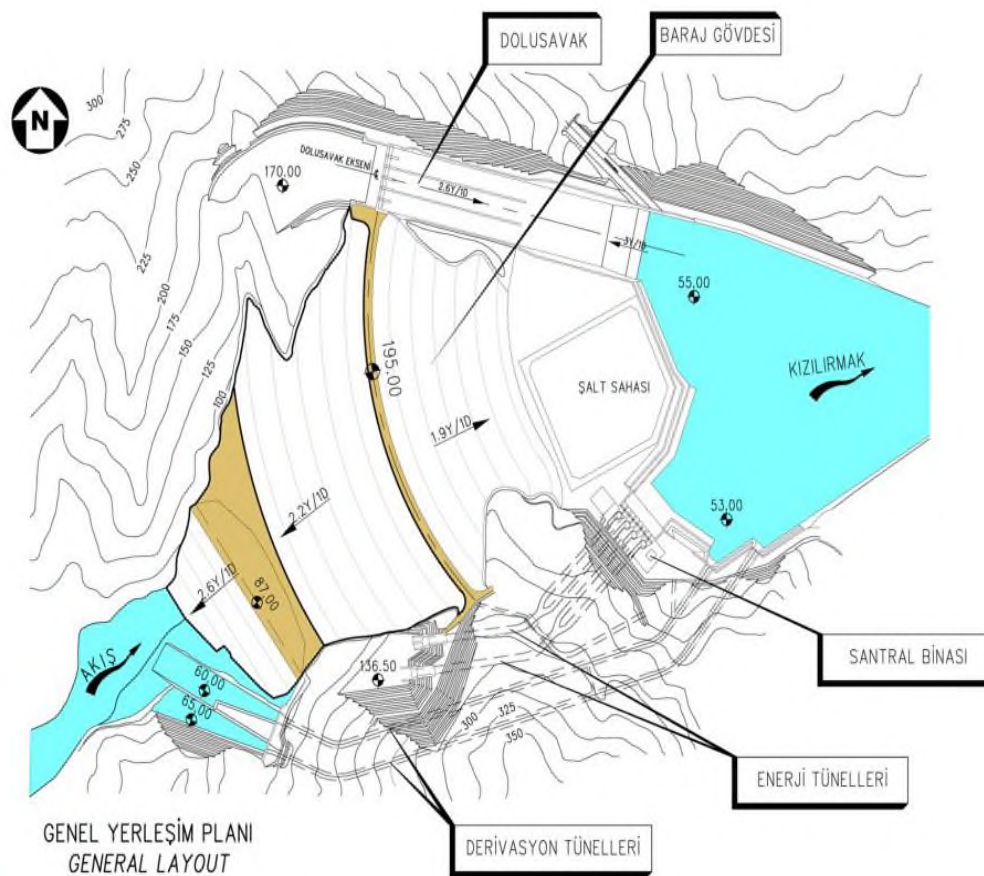
Genel General	İnşaatin Bitiş Yılı Year of Completion	1999
	Nehir River	Bulak
	Yeri Location	Ankara
	Maksadı Purpose	İçmesuyu Drinking Water Supply
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	253
	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	1,914
	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	56
Baraj Gölü Reservoir	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	47
	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kum Çakıl Dolgu Clay Core Sand-Gravel Fill
Baraj Dam	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	2925
	Kret Kotu Crest Level (m)	1136
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	330
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	86
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	71

ALTINKAYA BARAJI

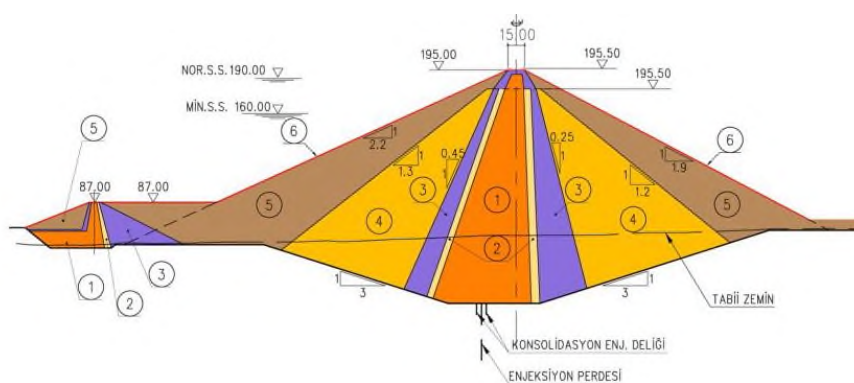


Genel General	İnşaatın Bitiş Yılı Year of Completion	1988
	Nehir River	Kızılırmak
	Yeri Location	Samsun
	Maksadı Purpose	Enerji Energy
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	74 515
Baraj Gölü Reservoir	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	118,31
	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	5763
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	2892
	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Clay Core Rockfill
Baraj Dam	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	15920
	Kret Kotu Crest Level (m)	195,5
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	634
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	195
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	137

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİT



GÖSTERİM/LEGEND

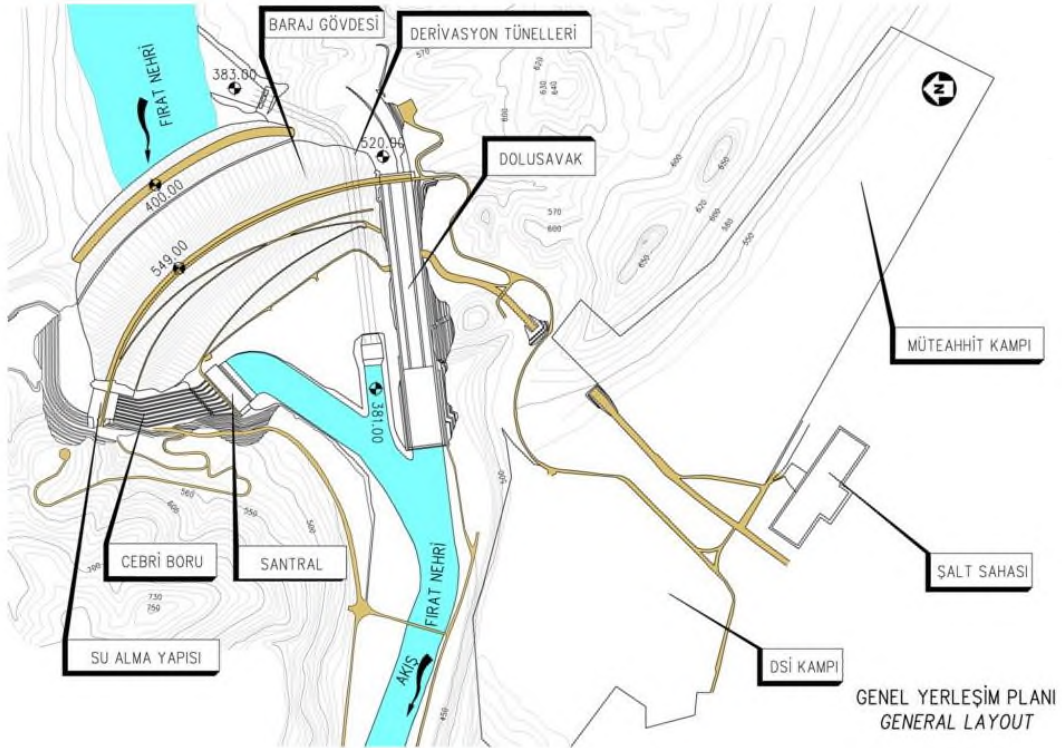
- 1 GEÇİRİMSİZ 3 KALIN FİLTRE 5 DIŞ KAYA DOLGU
2 İNCE FİLTRE 4 İÇ KAYA DOLGU 6 ANROŞMAN

ATATÜRK BARAJI

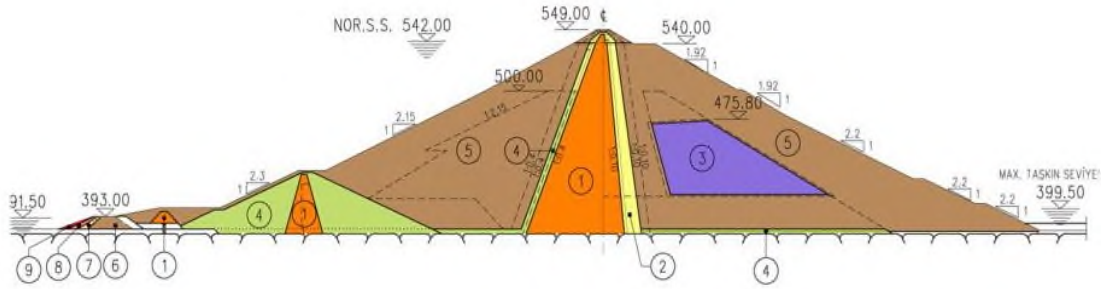


Genel General	İnşaatin Bitiş Yılı Year of Completion	1992
	Nehir River	Fırat
	Yeri Location	Şanlıurfa
	Maksadı Purpose	Enerji, Sulama, İçmesuyu Energy, Irrigation, Drinking Water
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	92338
	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	817
Baraj Gölü Reservoir	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	48 700
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	11000
	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Clay Core Rockfill
	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	84 500
Baraj Dam	Kret Kotu Crest Level (m)	549
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	1 664
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	169
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	166
	Normal Su Seviyesi Normal Water Level (m)	542

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİT



BARAJ GÖVDESİ TİP EN KESİTİ
DAM BODY TYPICAL CROSS SECTION

GÖSTERİM/LEGEND

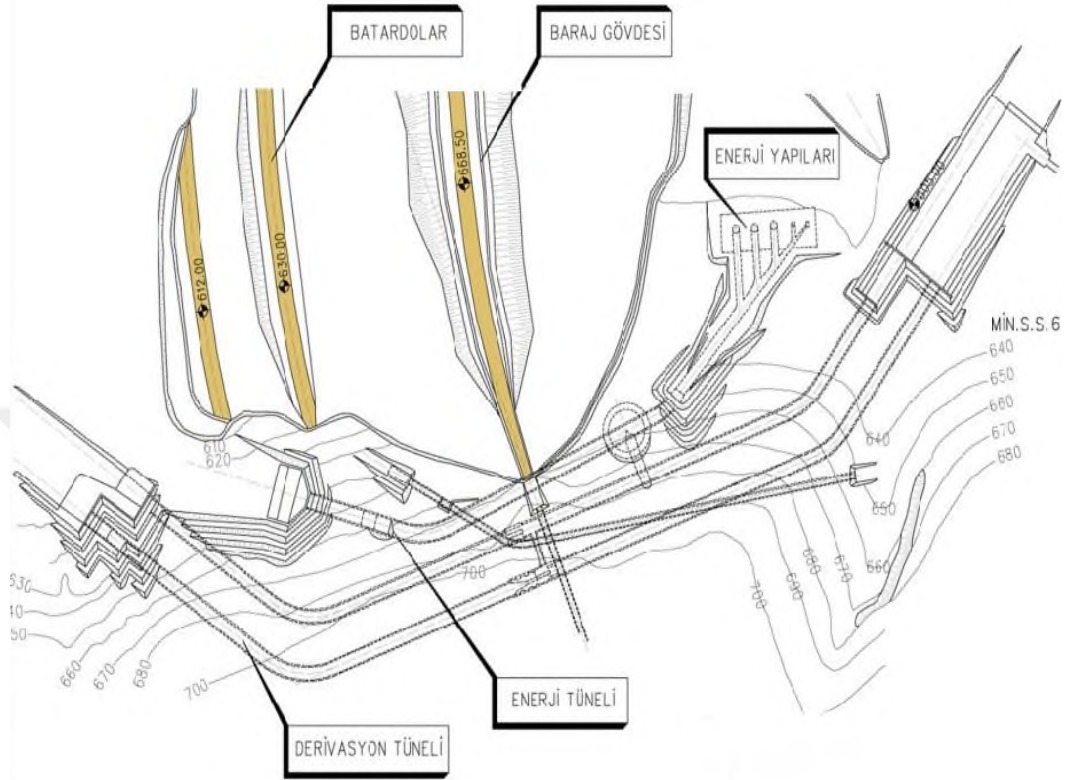
- 1 KİL ÇEKİRDEK
- 2 GEÇİŞ ZONU
- 3 KARIŞIK (KİREÇ TAŞI)
- 4 ALÜVYON
- 5 KAYA DOLGU
- 6 İRİ KAYA
- 7 KUM VE ÇAKIL
- 8 GEÇİRİMSİZ
- 9 RİPRAP

BATMAN BARAJI

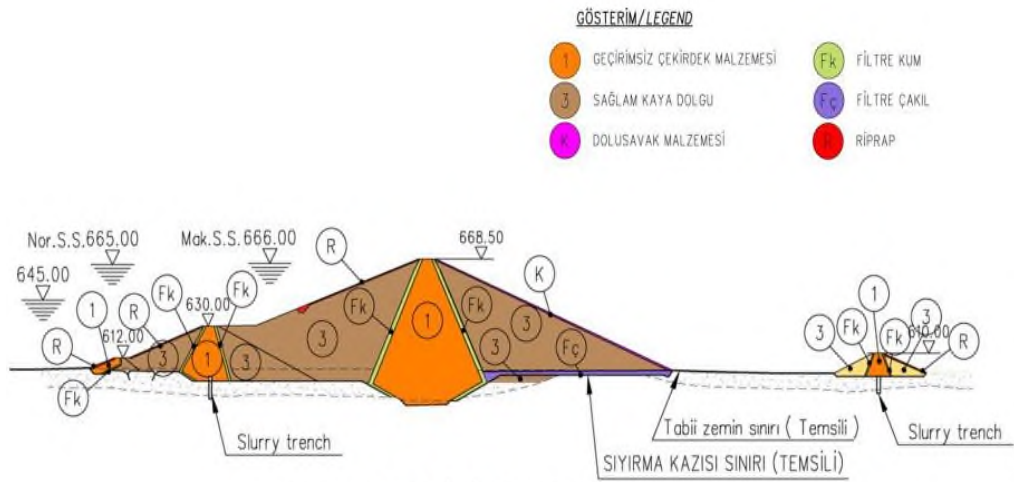


Genel General	İnşaatın Bitiş Yılı Year of Completion	2003
	Nehir River	Batman
	Yeri Location	Diyarbakır-Batman
	Maksadı Purpose	Sulama, Enerji, Taşkın Kontrol Irrigation, Energy, Flood Control
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	4015
	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	52
	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	1250
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	762
Baraj Gölü Reservoir	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Clay Core Rockfill
	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	7181
Baraj Dam	Kret Kotu Crest Level (m)	668,5
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	530
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	85
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	72,5
	Normal Su Seviyesi Normal Water Level (m)	665

GENEL YERLEŞİM PLANI



GENEL YERLEŞİM PLANI
GENERAL LAYOUT
BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİT



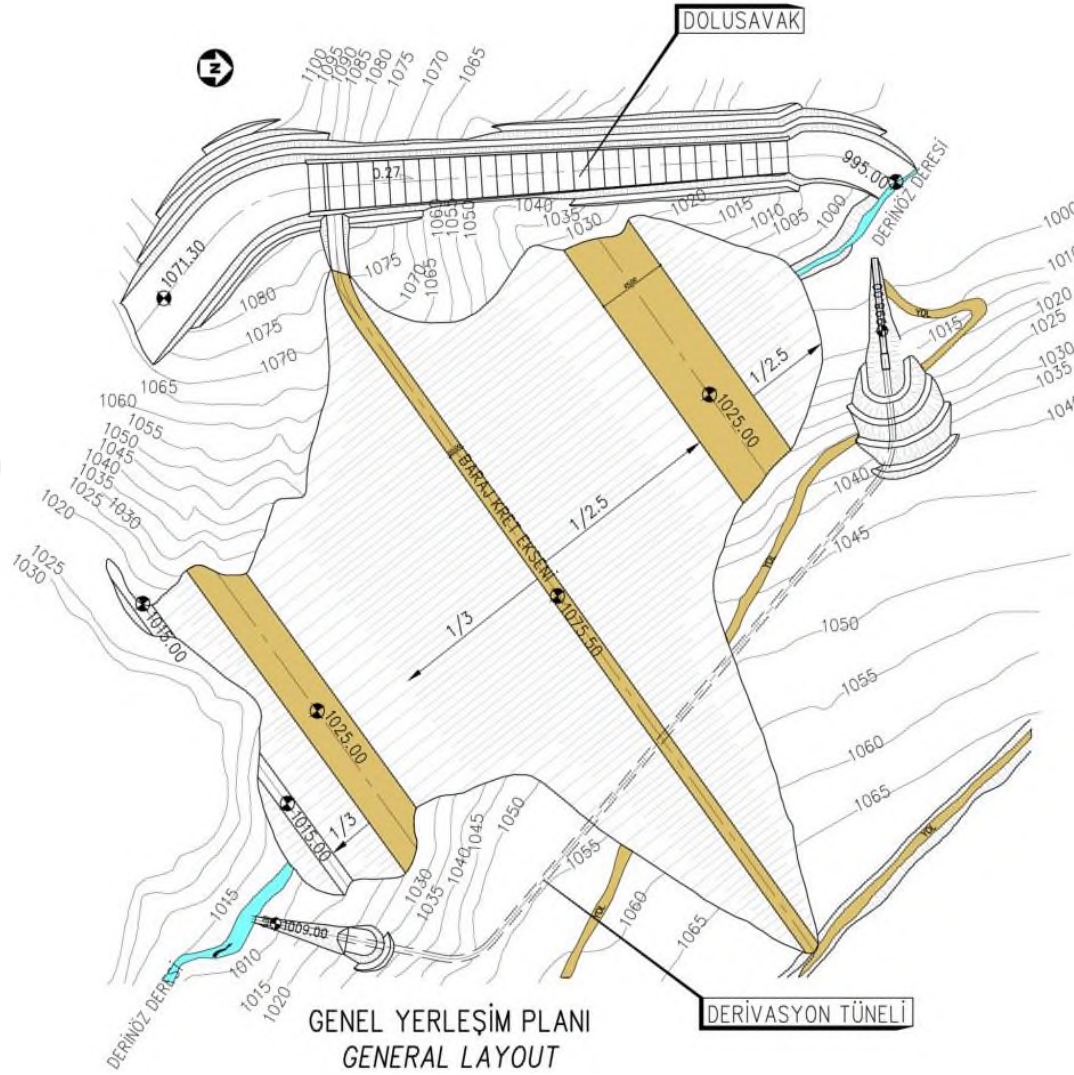
BARAJ GÖVDESİ TİP EN KESİTİ
DAM BODY TYPICAL CROSS SECTION

DERİNÖZ BARAJI

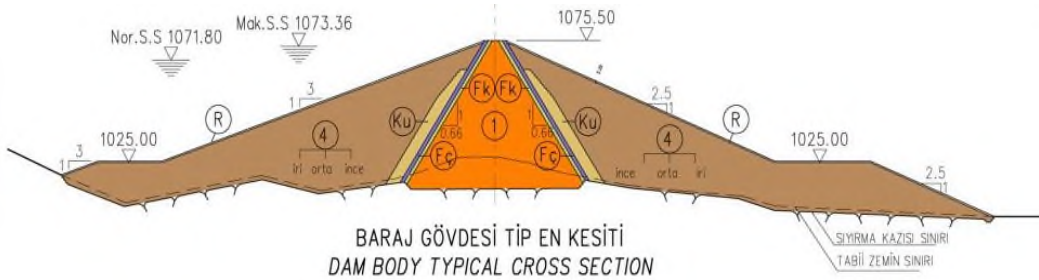


Genel General	İnşaatın Bitiş Yılı Year of Completion	2003
	Nehir River	Derinöz
	Yeri Location	Amasya
	Maksadı Purpose	Sulama Irrigation
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	45
	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	0,80
Baraj Gölü Reservoir	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	18,900
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	18,40
	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Clay Core Rockfill
	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	3250
Baraj Dam	Kret Kotu Crest Level (m)	1075,50
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	524,21
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	77
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	74

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİTİ



LEJANT

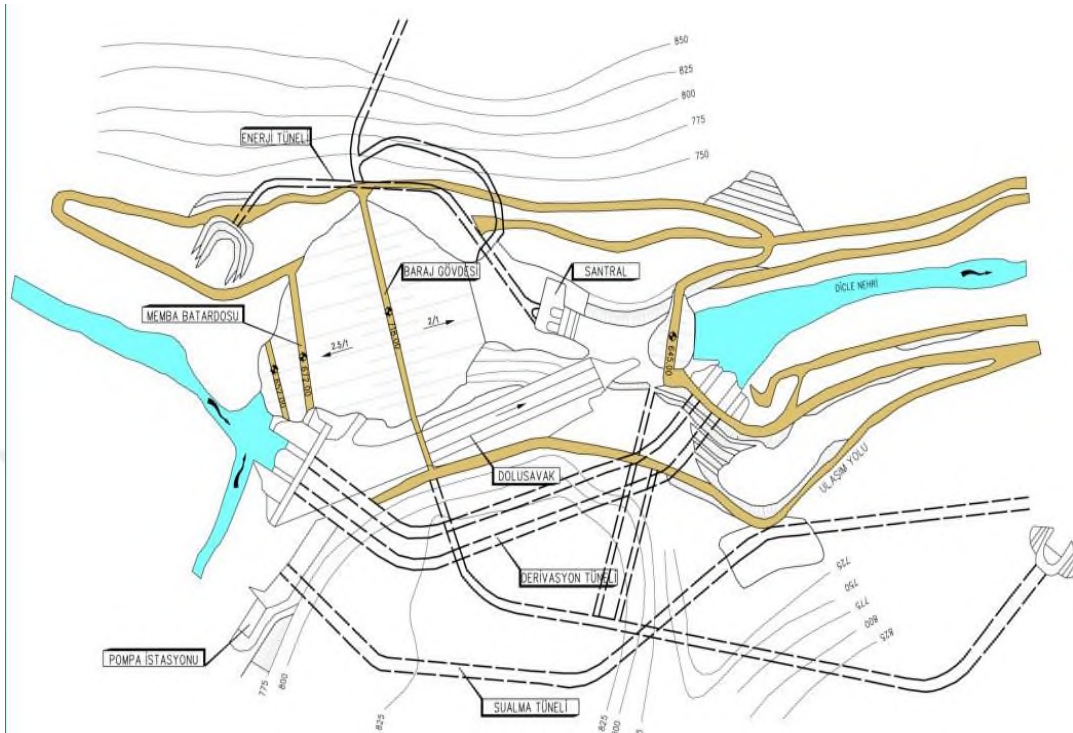
- ① GEÇİRİMSİZ KİL ÇEKİRDEK DOLGU ZONU
- ④ SAĞLAM KAYA
- (Ku) KAYA UFAĞI
- (Fc) ÇAKIL FİLTRE
- (Fk) KUM FİLTRE

DİCLE BARAJI

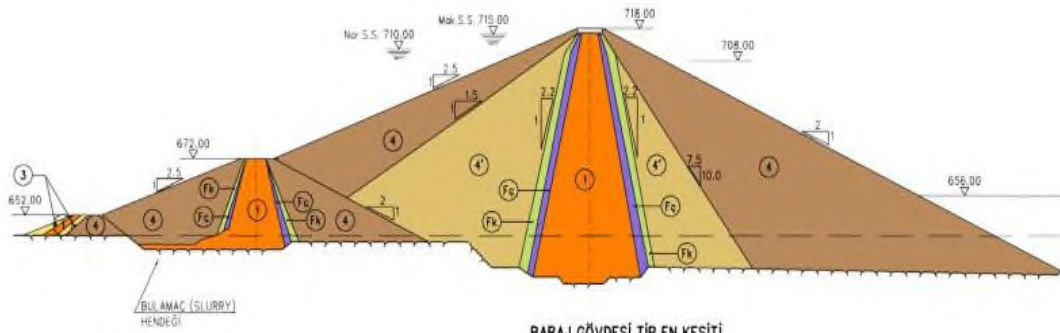


Genel General	İnşaatin Bitiş Yılı Year of Completion	2001
	Nehir River	Maden, Dibni
	Yeri Location	Diyarbakır
	Maksadı Purpose	Sulama, Enerji, İçmesuyu Irrigation, Energy, Drinking Water Supply
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	3216
	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	24
Baraj Gölü Reservoir	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	595
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	255
	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Clay Core Rockfill
Baraj Dam	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	3100
	Kret Kotu Crest Level (m)	718
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	307
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	87
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	75
	Normal Su Seviyesi Normal Water Level (m)	710

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİT



GÖSTERİM/LEGEND

- | | | | |
|---|-------------------------------|----|--------------|
| 1 | GEÇİRİMSİZ ÇEKİRDEK MALZEMESİ | 4' | KAYA UFAĞI |
| 3 | YARI GEÇİRLİLİ | Fk | FİLTRE KUM |
| 4 | KAYA DOLGU | Fç | FİLTRE ÇAKIL |

İKİZDERE BARAJI



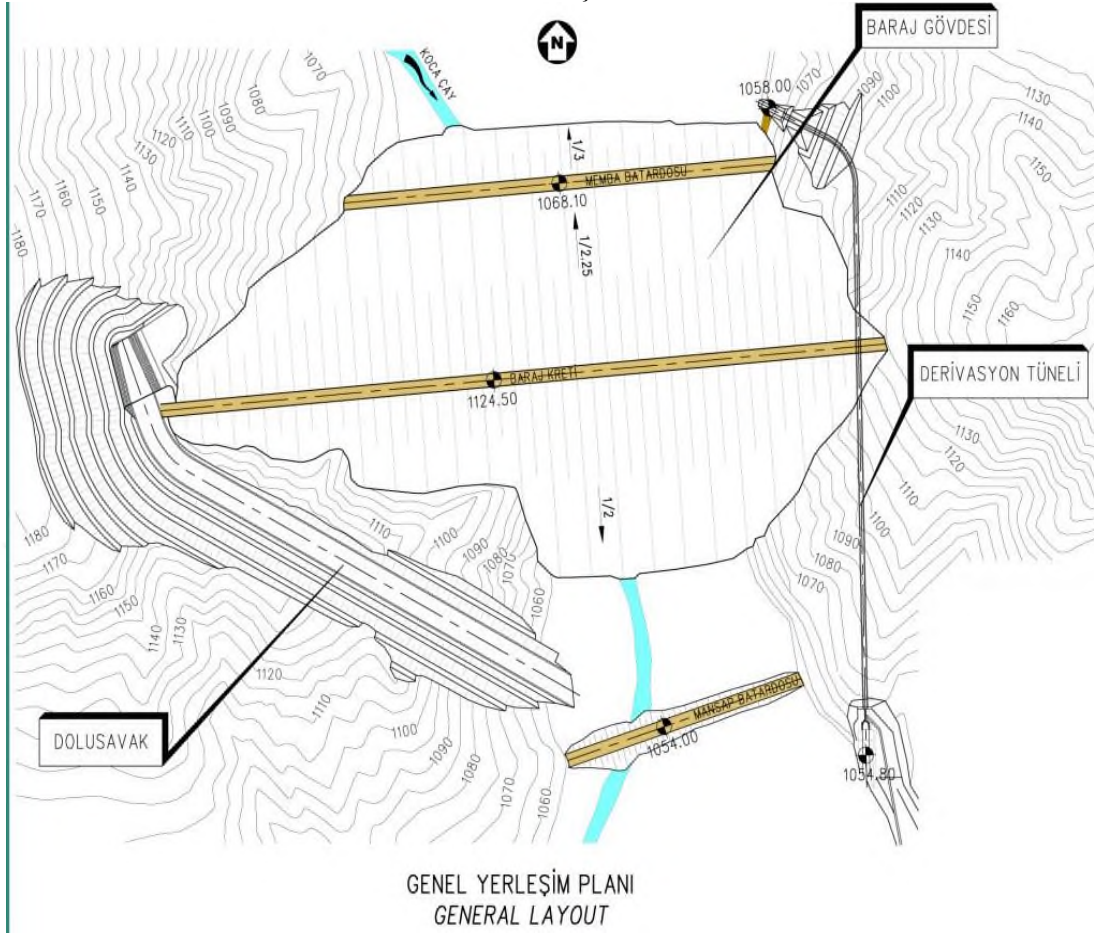
Genel General	İnşaatin Bitiş Yılı Year of Completion	2010
	Nehir River	İkizdere
	Yeri Location	Aydın
	Maksadı Purpose	İçmesuyu Drinking Water Supply
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	279,55
	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	5,645
Baraj Gölü Reservoir	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	194,93
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	192,50
	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Toprak - Kaya Dolgu
Baraj Dam	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	7100
	Kret Kotu Crest Level (m)	182
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	399,27
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	113
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	106

KAVŞAKKAYA BARAJI

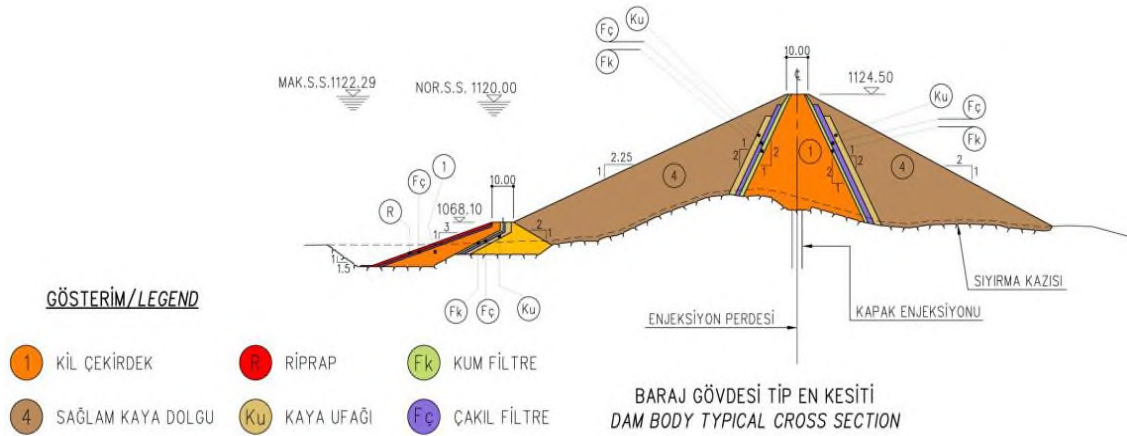


Genel General	İnşaatın Bitiş Yılı Year of Completion	2007
	Nehir River	Ovaçayı
	Yeri Location	Ankara
	Maksadı Purpose	İçmesuyu Drinking Water Supply
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	308,34
	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	3,24
Baraj Gölü Reservoir	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	89,800
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	76,14
	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Clay Core Rockfill
Baraj Dam	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	4700
	Kret Kotu Crest Level (m)	1124,50
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	578
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	95,5
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	70,50

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİT

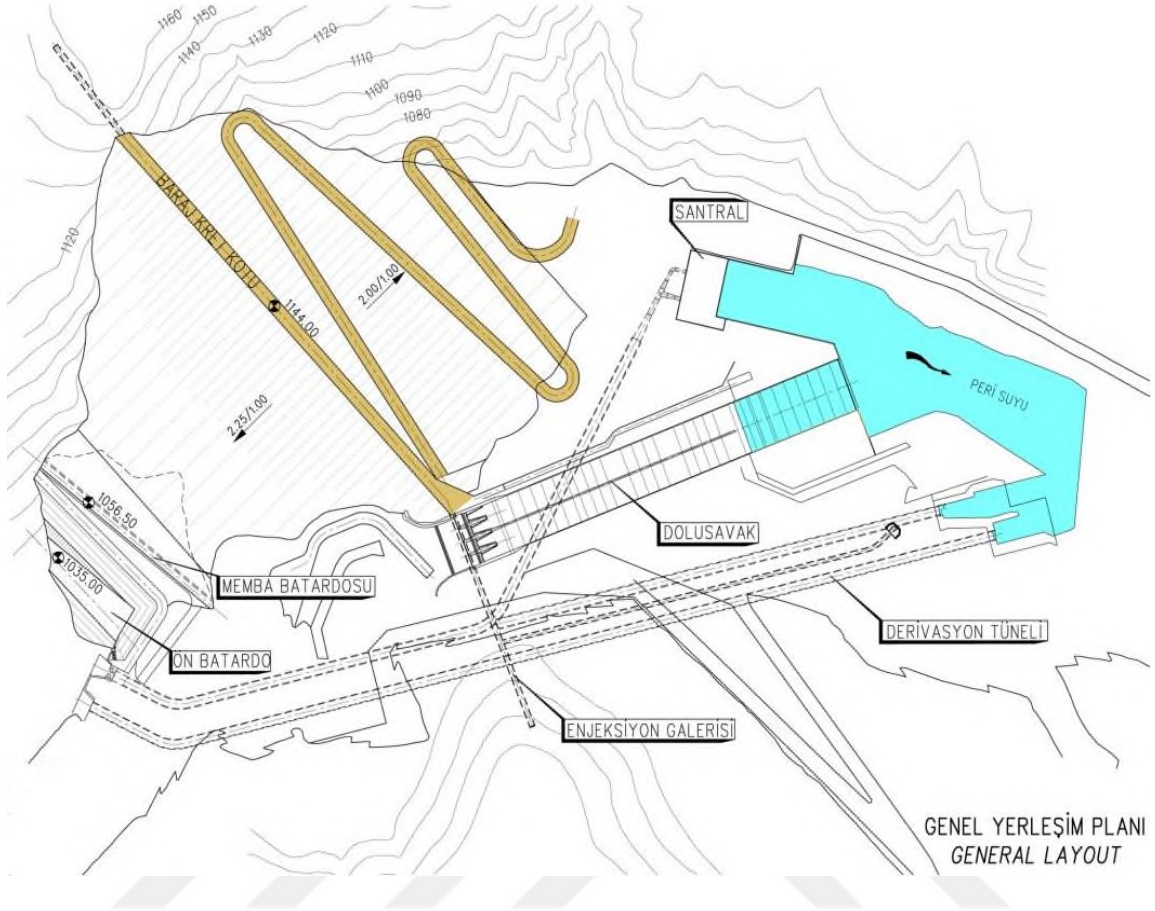


ÖZLÜCE BARAJI

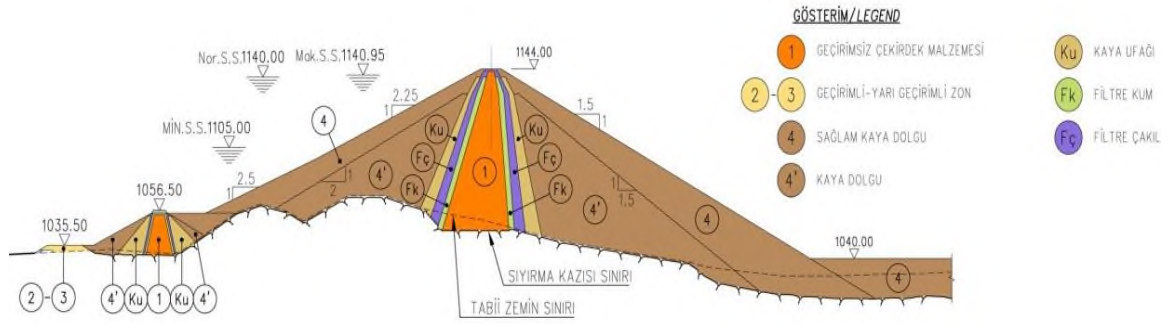


Genel General	İnşaatin Bitiş Yılı Year of Completion	2000
	Nehir River	Peri Suyu
	Yeri Location	Bingöl
	Maksadı Purpose	Enerji Energy
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	3674
	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	26,5
Baraj Gölü Reservoir	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	1120
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	726
	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Clay Core Rockfill
	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	14600
Baraj Dam	Kret Kotu Crest Level (m)	1144
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	476
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	144
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	124
	Normal Su Seviyesi Normal Water Level (m)	1140

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİT



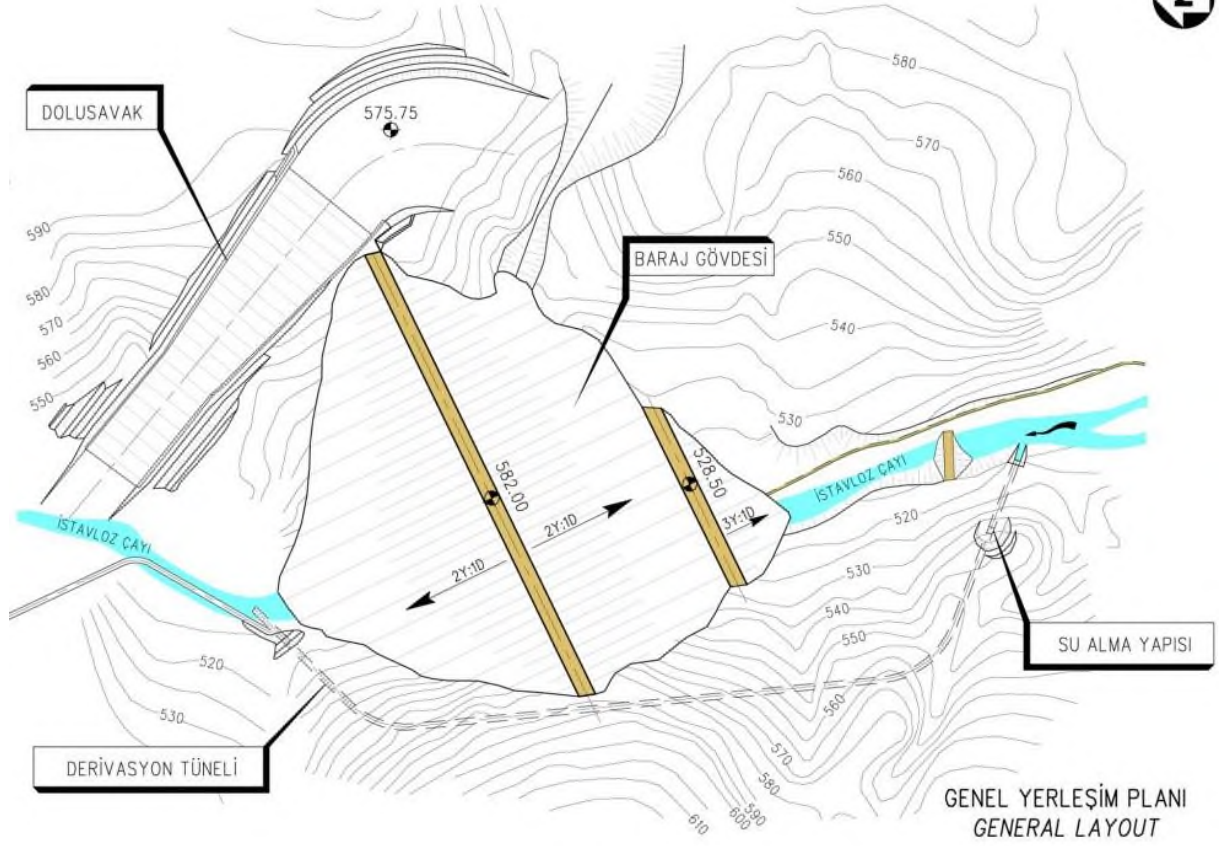
BARAJ GÖVDESİ TİP EN KESİTİ
DAM BODY TYPICAL CROSS SECTION

VEZİRKÖPRÜ BARAJI

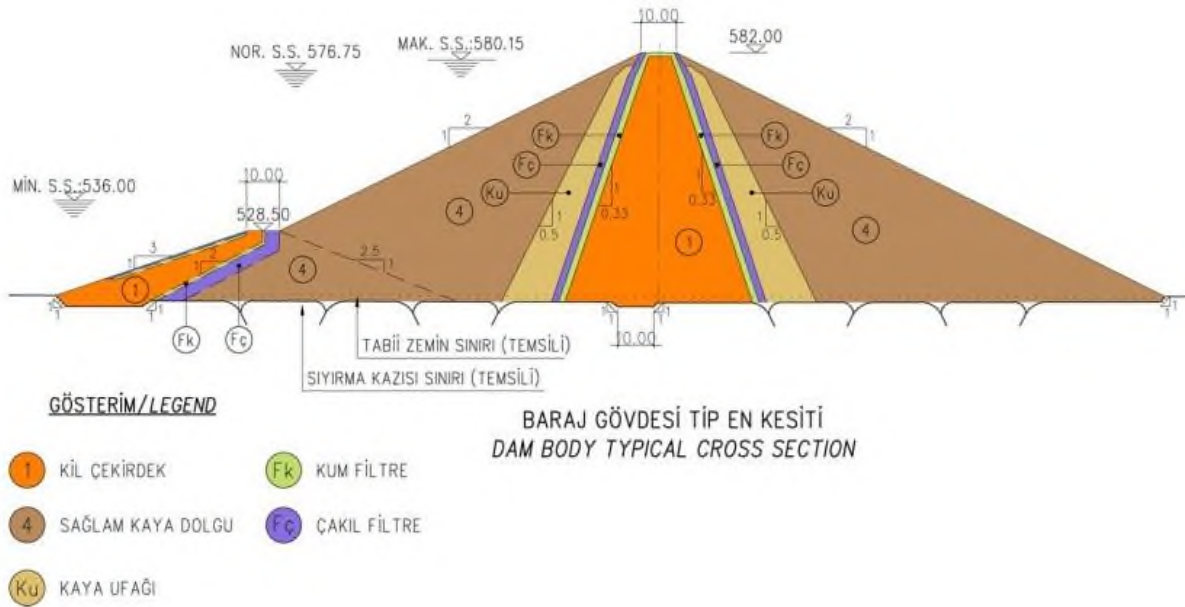


Genel General	İnşaatin Bitiş Yılı Year of Completion	2005
	Nehir River	istavloz
	Yeri Location	Samsun
	Maksadı Purpose	Sulama Irrigation
	Drenaj Alanı Catchment Area (km ²)	317,70
Baraj Gölü Reservoir	Rezervuar Alanı Reservoir Area (km ²)	2,30
	Toplam Rezervuar Hacmi Total Reservoir Capacity (hm ³)	51,470
	Aktif Hacim Active Storage Volume (hm ³)	47,80
Baraj Dam	Baraj Tipi Dam Type	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Clay Core Rockfill
	Baraj Gövde Hacmi Dam Volume (10 ³ m ³)	2570
	Kret Kotu Crest Level (m)	582
	Kret Uzunluğu Crest Length (m)	320,67
	Temelden Yükseklik Height from Foundation (m)	75
	Talvegden Yükseklik Height from River Bed (m)	73,50

GENEL YERLEŞİM PLANI



BARAJ GÖVDESİ TİP ENKESİT



EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklama-A: Baraj Özellikleri

Ek Açıklama-B: Atatürk Barajı Analiz Sonuçları

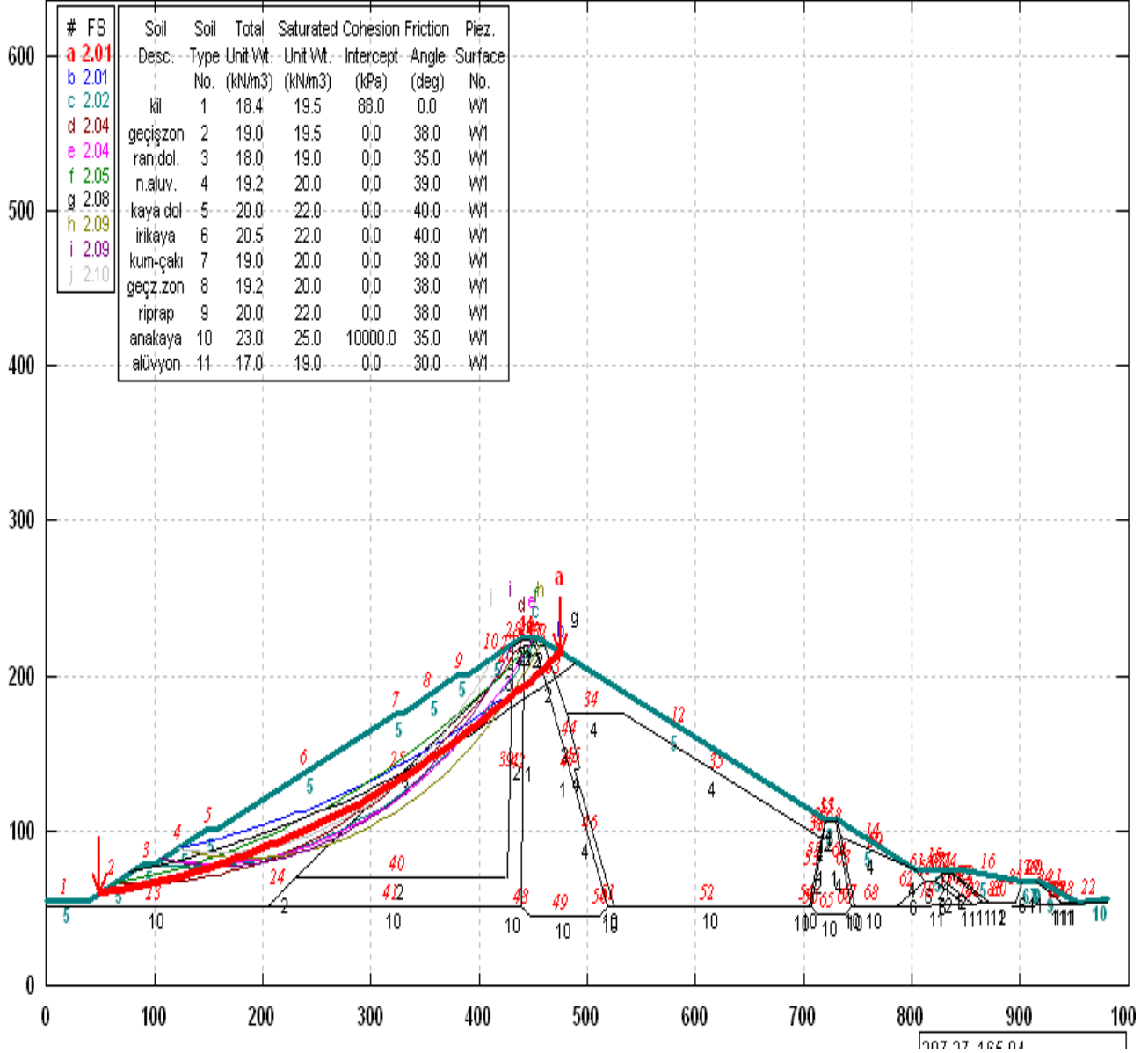


EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklama-B:Atatürk Barajı Analiz Sonuçları

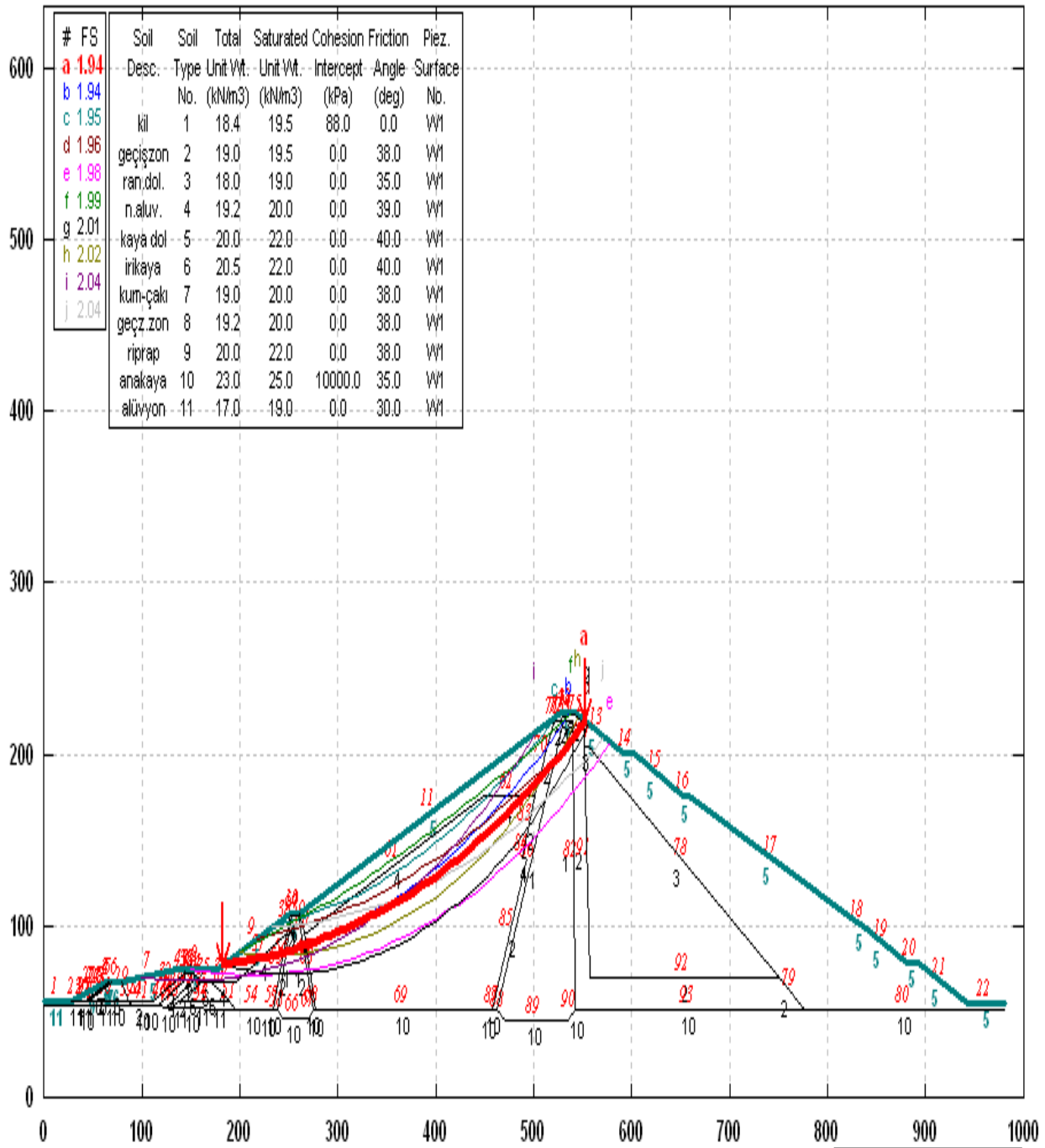
ATATÜRK BARAJI DOLGUSU Mansap Şev Analizi İnşaat Sonu Durum:İ

D:\STABİL-1\ATATÜRK\ATAMA\PL2 Run By: Username 22.05.2018 8:37



ATATÜRK BARAJI DOLGUSU Memba Şev Analizi İnşaat Sonu Durum:İ

D:\STABIL~1\ATATURK\ATAMEI\PL2 Run By: Username 22.05.2018 12:57



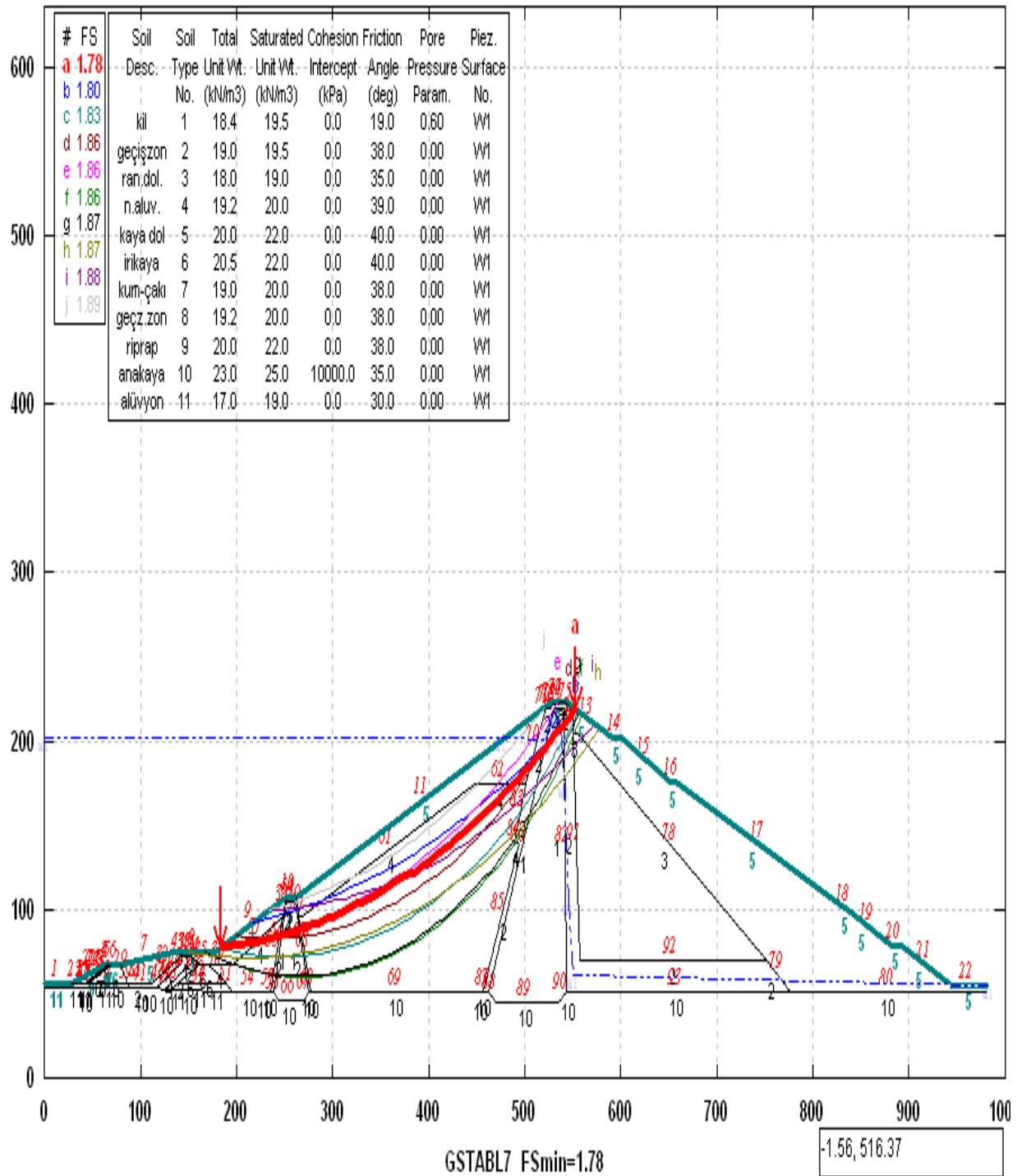
GSTABL7 FSmin=1.94

Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

326.56, 399.14

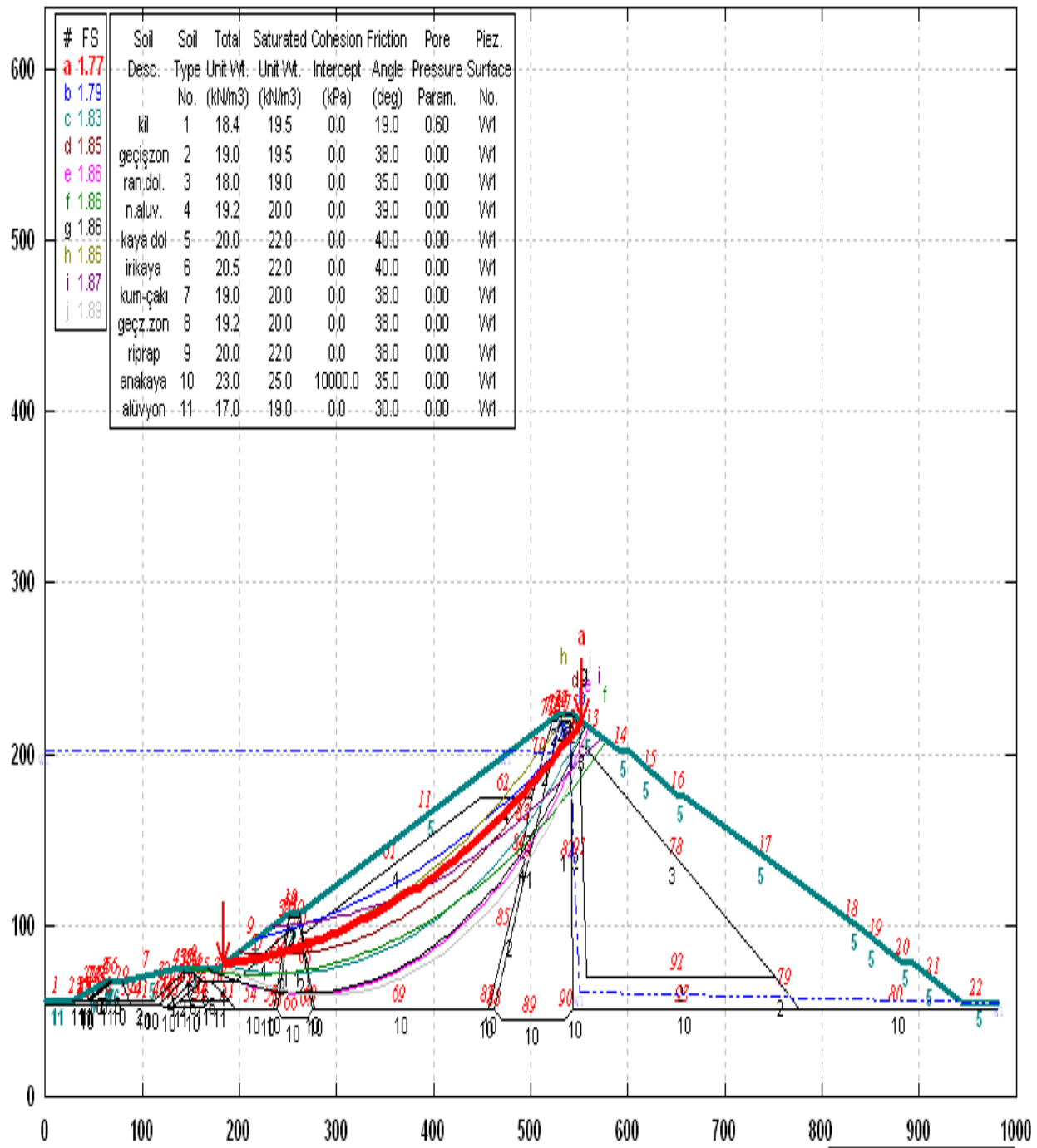
ATATÜRK BARAJI DOLGUSU Memba Şev Analizi Ani düşme hali Durum:II

D:\STABIL~1\ATATURK\ATAMEII.PL2 Run By: Username 22.05.2018 12:59



ATATÜRK BARAJI DOLGUSU Memba Şev Analizi Ani düşme hali Durum:III

D:\STABIL~1\ATATURK\ATAMEIII.PL2 Run By: Username 22.05.2018 1:01



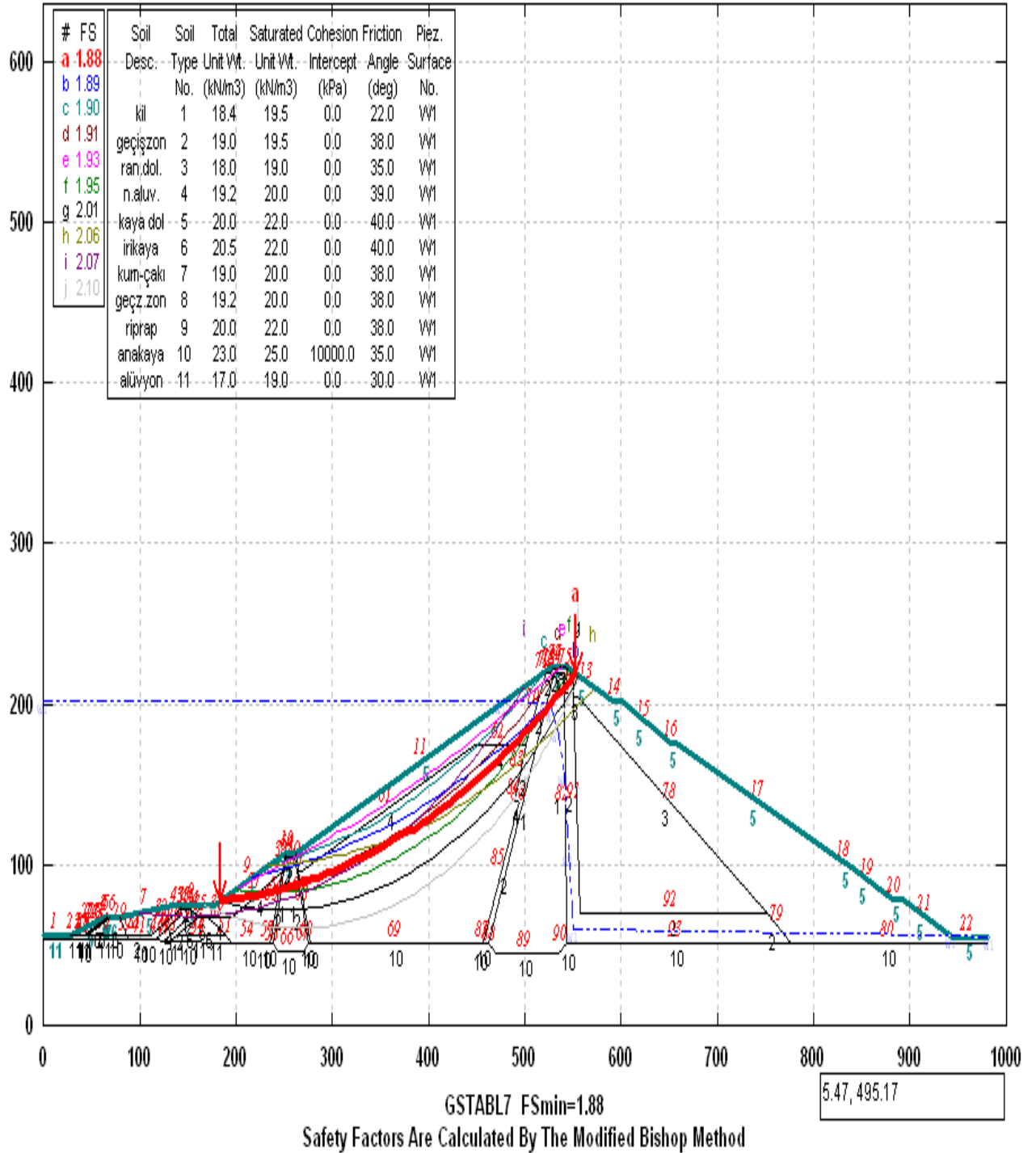
GSTABL7 FSmin=1.77

Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method

434.38, 485.19

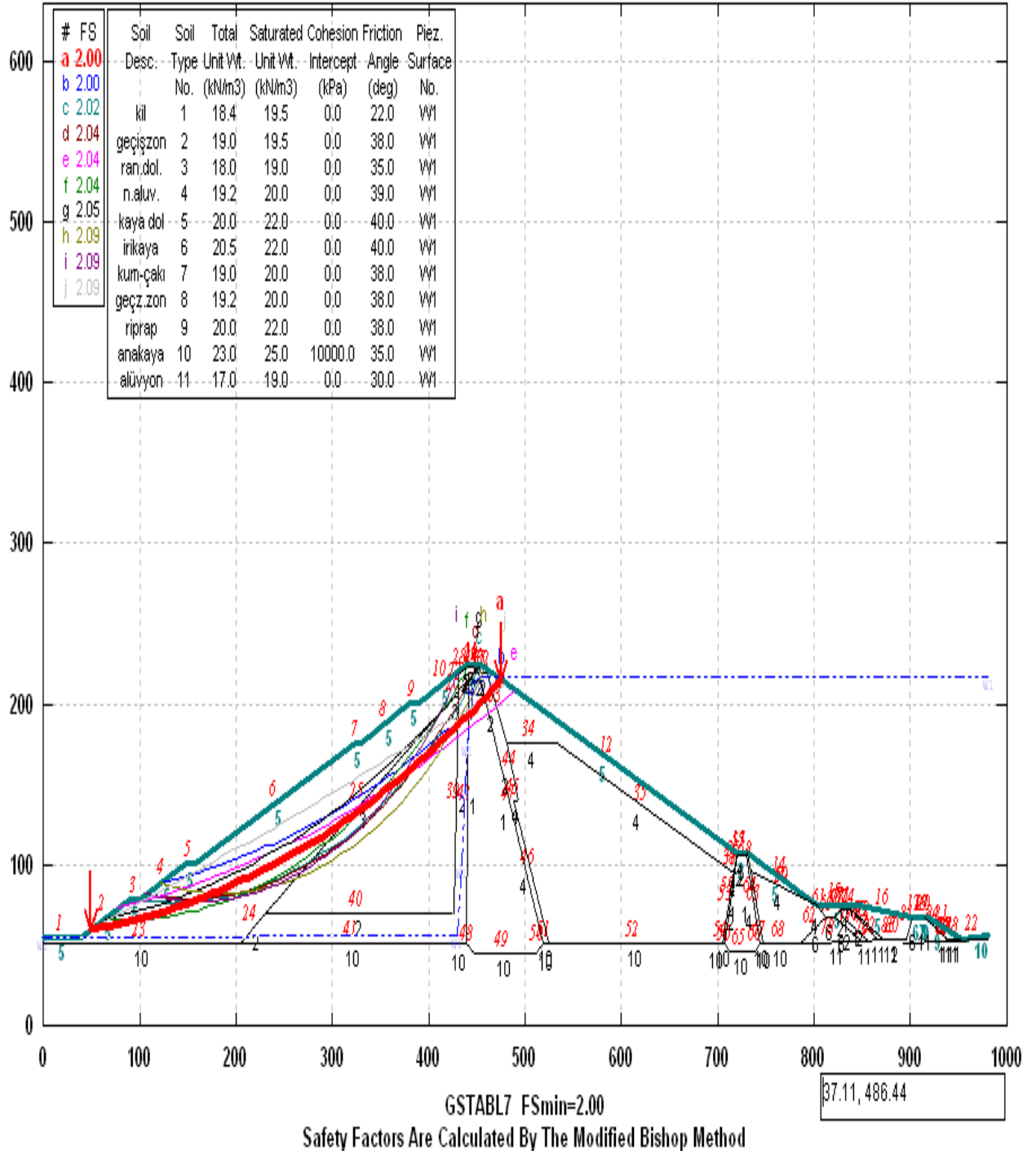
ATATÜRK BARAJI DOLGUSU Memba Şev Analizi İşletme hali Durum:IV

D:\STABIL~1\ATATURK\ATAMEIV.PL2 Run By: Username 22.05.2018 1:03



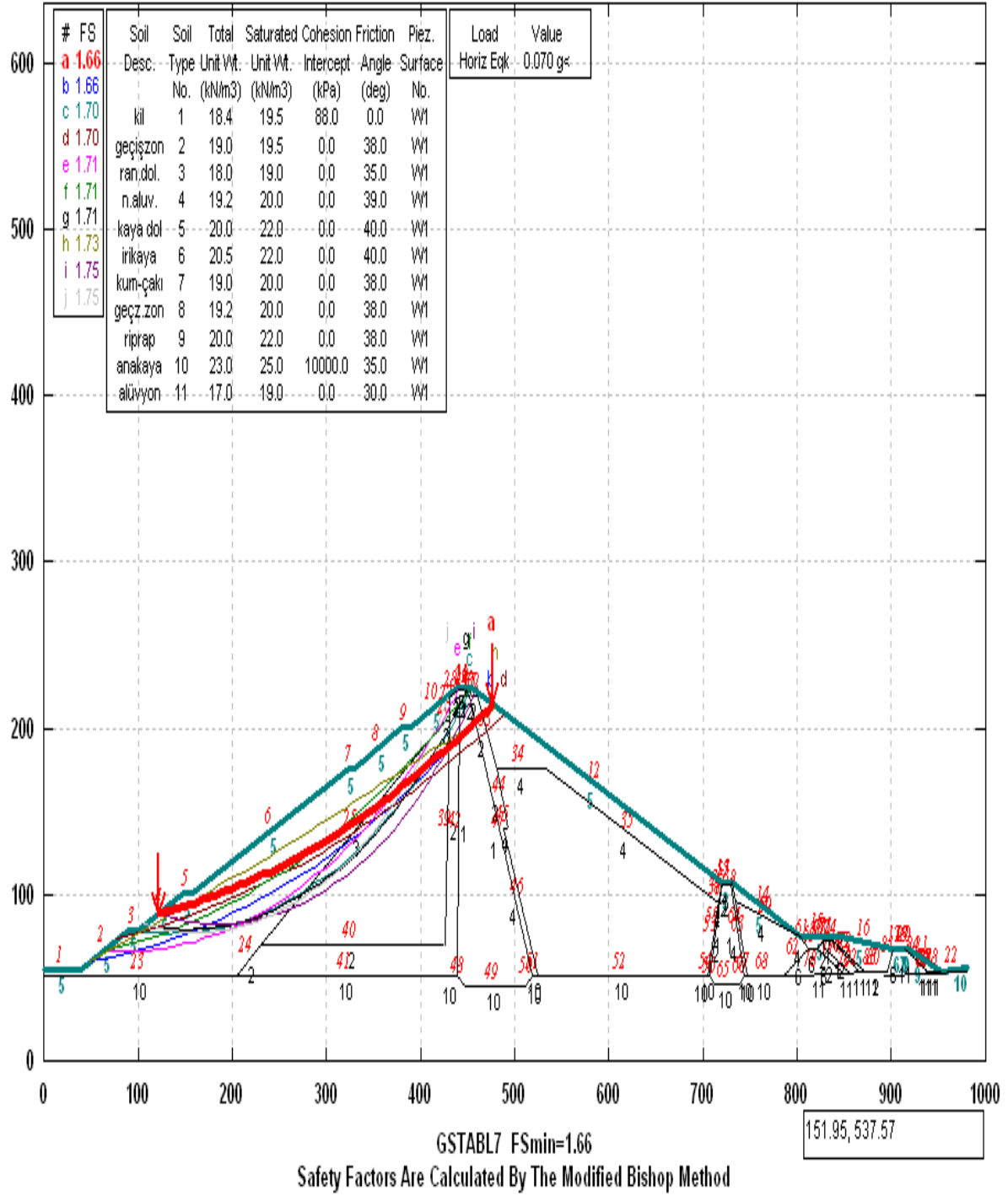
ATATÜRK BARAJI DOLGUSU Mansap Şev Analizi İşletme hali Durum:V

D:\STABIL\1\ATATURK\ATAMAY.PL2 Run By: Username 22.05.2018 1:07



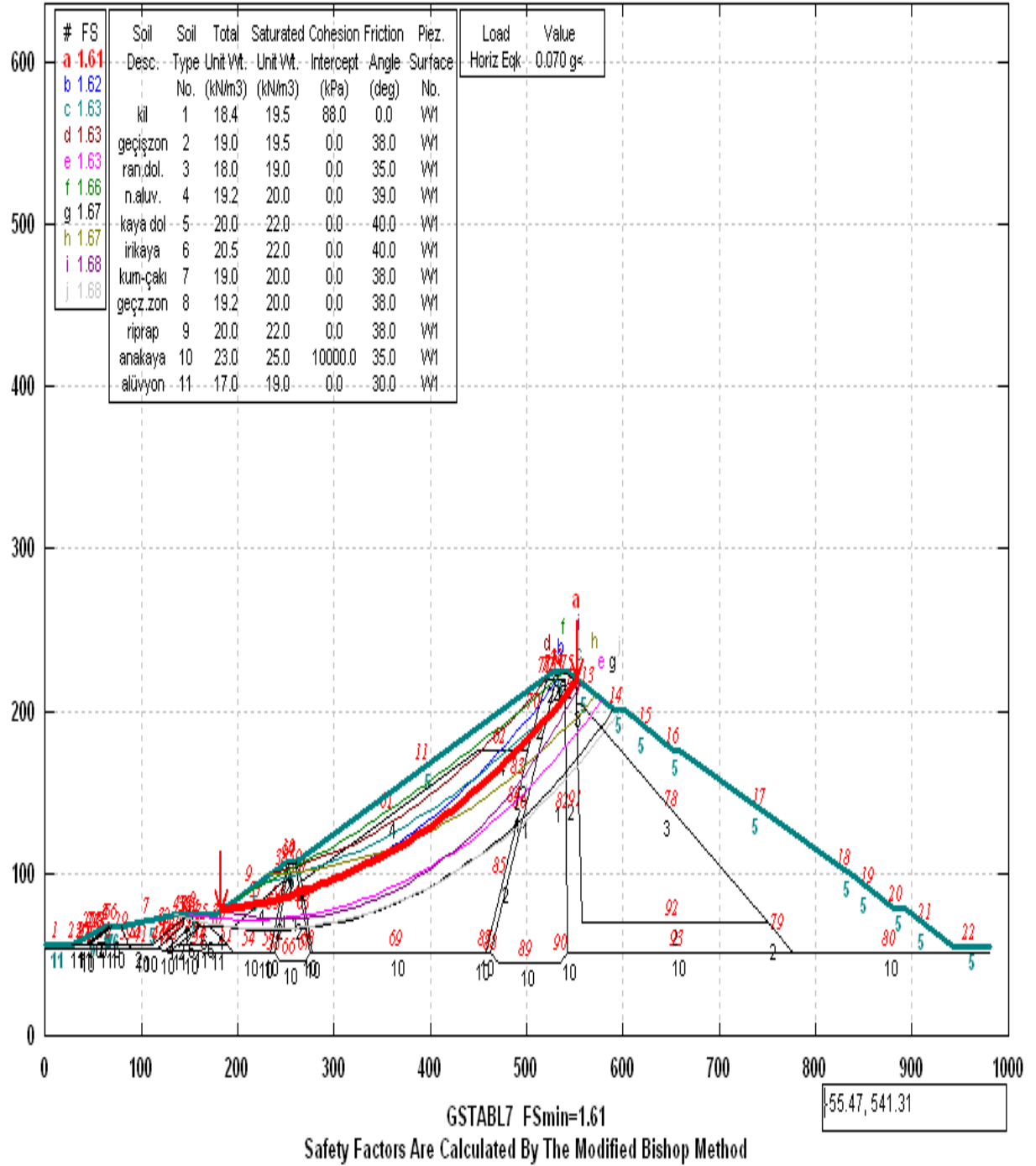
ATATÜRK BARAJI DOLGUSU MANSAP ŞEV A NALİZİ İnşaat Sonu Durum:VII (DEPREMLİ)

D:\STABIL~1\ATATURK\ATAMAID.PL2 Run By: Username 22.05.2018 1:09



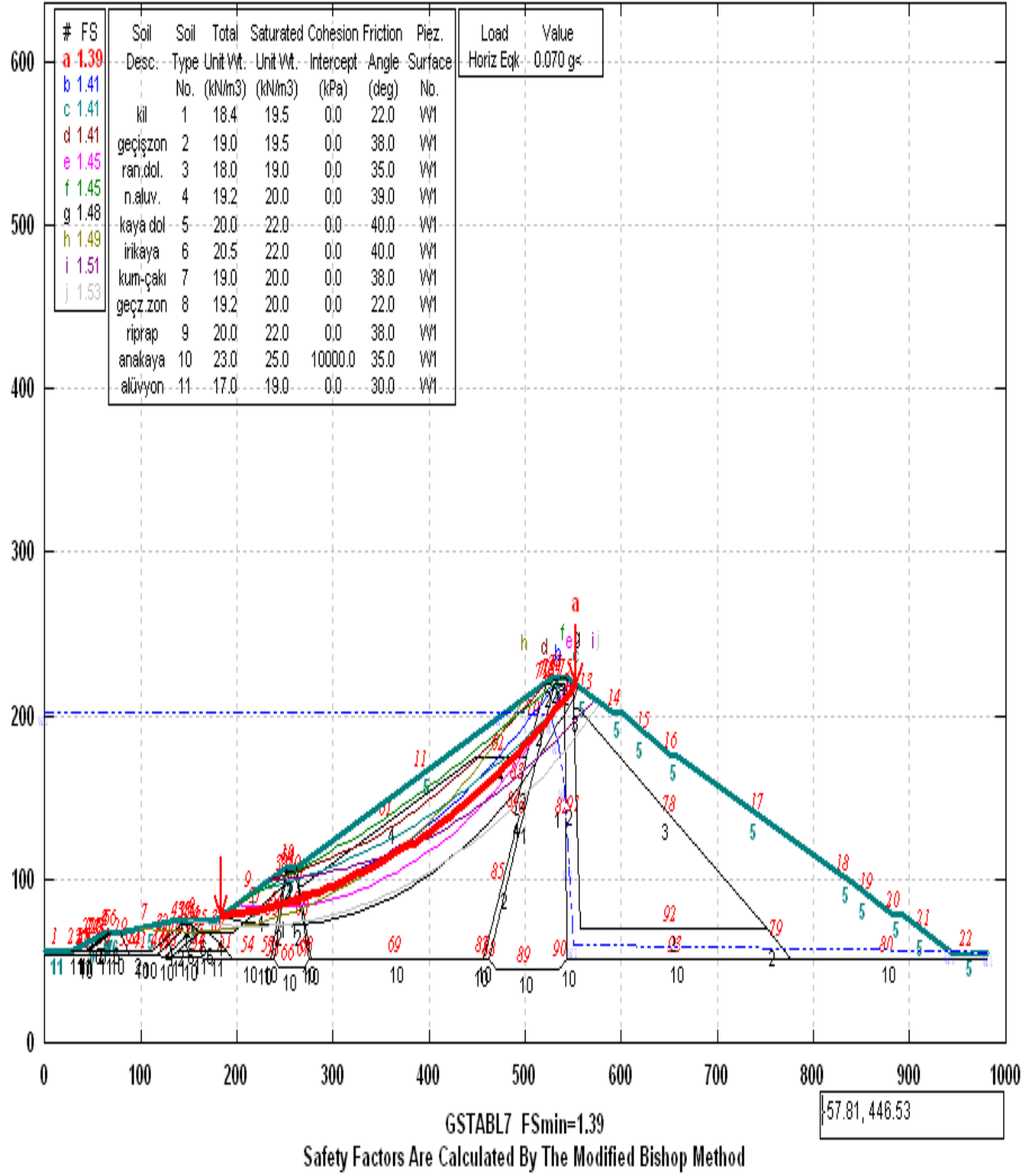
ATATÜRK BARAJI DOLGUSU Memba Şev Analizi İnşaat Sonu Durum: VII(depremli)

D:\STABIL~1\ATATURK\ATAMEID.PL2 Run By: Username 22.05.2018 1:11



ATATÜRK DAM Memba Şevi Analizi İşletme aşaması Durum:IV (depremli)

D:\STABIL~1\ATATURKI\ATAMEIVD.PL2 Run By: Username 22.05.2018 1:13



Slope Stability Analysis
Simplified Janbu, Modified Bishop
or Spencer`s Method of Slices
(Based on STABL6-1986, by Purdue University)

Run Date: 22.05.2018
Time of Run: 1:16
Run By: Username
Input Data Filename: D:atamavd.si
Output Filename: D:atamavd.OUT
Unit System: SI

Plotted Output Filename: D:atamavd.PLT

PROBLEM DESCRIPTION ATATÜRK BARAJI DOLGUSU Mansap Şev Analizi
İşletme hali Durum:VII (depremlı)

BOUNDARY COORDINATES

22 Top Boundaries
89 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below Bnd
1	0.00	55.38	38.84	55.38	5
2	38.84	55.38	90.21	78.73	5
3	90.21	78.73	100.21	78.78	5
4	100.21	78.78	148.21	100.55	5
5	148.21	100.55	158.21	100.55	5
6	158.21	100.55	324.27	176.02	5
7	324.27	176.02	330.27	176.02	5
8	330.27	176.02	380.67	201.03	5
9	380.67	201.03	390.67	201.03	5
10	390.67	201.03	438.97	224.03	5
11	438.97	224.03	453.97	224.03	5
12	453.97	224.03	720.67	107.03	5
13	720.67	107.03	730.67	107.03	2
14	730.67	107.03	804.27	75.03	5
15	804.27	75.03	846.27	75.03	5
16	846.27	75.03	902.27	68.03	5
17	902.27	68.03	912.27	68.03	6
18	912.27	68.03	914.27	68.03	7
19	914.27	68.03	916.27	68.03	8
20	916.27	68.03	918.23	68.03	9
21	918.23	68.03	954.27	54.48	9
22	954.27	54.48	982.03	56.03	10
23	0.00	52.03	205.27	52.03	10
24	205.27	52.03	230.47	70.03	2
25	230.47	70.03	426.47	205.03	3

26	426.47	205.03	431.47	205.03	3
27	431.47	205.00	431.47	218.03	2
28	431.47	218.03	440.47	223.03	2
29	440.47	223.03	452.47	222.03	2
30	452.47	222.03	454.47	220.03	2
31	454.47	220.03	459.47	220.03	2
32	459.47	220.03	461.47	218.03	2
33	461.47	218.03	481.07	175.03	2
34	481.07	175.03	533.07	175.03	4
35	533.07	175.03	714.77	96.03	4
36	717.40	96.03	720.67	107.03	2
37	714.77	96.03	717.40	96.03	2
38	714.77	96.03	717.40	96.03	4
39	426.47	70.03	431.47	205.03	2
40	230.47	70.03	424.47	70.03	2
41	205.27	52.03	439.47	52.03	10
42	439.47	52.03	441.47	220.03	1
43	441.47	220.03	451.47	220.03	1
44	481.07	175.03	493.47	140.03	2
45	488.47	140.03	493.47	140.03	4
46	488.47	140.03	524.47	52.03	4
47	451.47	220.03	519.47	52.03	1
48	439.47	52.03	446.47	45.03	10
49	446.47	45.03	512.47	45.03	10
50	512.47	45.03	519.47	52.03	10
51	519.47	52.03	524.47	52.03	10
52	524.47	52.03	704.17	52.03	10
53	704.17	52.03	717.40	96.03	2
54	704.17	52.03	707.17	52.03	10
55	707.17	52.03	721.00	105.03	1
56	707.17	52.03	712.17	47.03	10
57	721.00	105.03	729.67	105.03	1
58	730.67	107.03	733.94	96.03	2
59	733.94	96.03	804.27	75.03	4
60	733.94	96.03	804.27	75.03	4
61	804.27	75.03	810.94	68.03	4
62	786.09	52.08	810.94	68.03	6
63	733.94	96.03	747.17	52.03	4
64	729.67	105.03	744.17	52.03	1
65	712.17	47.03	739.17	47.03	10
66	739.17	47.03	744.17	52.03	10
67	744.17	52.03	747.17	52.03	10
68	747.17	52.03	786.09	52.05	10
69	810.94	68.03	820.94	68.03	6
70	820.94	68.03	828.94	72.09	2
71	828.94	72.09	838.94	72.03	1
72	838.94	72.03	870.94	54.48	2
73	828.94	69.09	828.94	72.03	1
74	838.94	69.09	838.94	72.03	2
75	838.94	72.03	864.94	54.03	1
76	828.94	69.09	856.94	53.03	2
77	820.94	68.03	850.94	53.03	6
78	786.09	52.08	850.94	53.03	11
79	850.94	53.03	856.94	53.03	11
80	870.94	54.48	895.95	54.48	2
81	895.95	54.48	902.27	68.03	6
82	856.94	53.03	864.94	54.03	11
83	864.94	54.03	895.95	54.48	11
84	914.27	68.03	938.00	54.48	11
85	936.27	54.48	936.27	54.48	11
86	936.27	54.48	938.00	54.48	11

87	938.00	54.48	940.27	54.48	11
88	940.27	54.48	954.27	54.48	11
89	892.94	52.08	982.03	54.48	11

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

11 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (kN/m3)	Saturated Unit Wt. (kN/m3)	Cohesion Intercept (kPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param.	Pressure Constant (kPa)	Piez. Surface No.
1	18.4	19.5	0.0	22.0	0.00	0.0	1
2	19.0	19.5	0.0	38.0	0.00	0.0	1
3	18.0	19.0	0.0	35.0	0.00	0.0	1
4	19.2	20.0	0.0	39.0	0.00	0.0	1
5	20.0	22.0	0.0	40.0	0.00	0.0	1
6	20.5	22.0	0.0	40.0	0.00	0.0	1
7	19.0	20.0	0.0	38.0	0.00	0.0	1
8	19.2	20.0	0.0	38.0	0.00	0.0	1
9	20.0	22.0	0.0	38.0	0.00	0.0	1
10	23.0	25.0	10000.0	35.0	0.00	0.0	1
11	17.0	19.0	0.0	30.0	0.00	0.0	1

1

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.81

Piezometric Surface No. 1 Specified by 10 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	0.00	55.00
2	430.00	57.00
3	434.00	100.00
4	438.00	148.00
5	441.00	175.00
6	444.00	200.00
7	446.00	213.00
8	454.00	217.00
9	469.00	217.00
10	982.00	217.00

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient
Of 0.070 Has Been AssignedA Vertical Earthquake Loading Coefficient
Of 0.000 Has Been Assigned

Cavitation Pressure = 0.0 (kPa)

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random
Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced
Along The Ground Surface Between X = 20.00 (m)
and X = 150.00 (m)

Each Surface Terminates Between X = 400.00 (m)
and X = 550.00 (m)

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation
At Which A Surface Extends Is Y = 0.00 (m)

8.00 (m) Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial
Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical
First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method * *

Failure Surface Specified By 49 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	121.11	88.26
2	129.01	89.50
3	136.91	90.81
4	144.79	92.18
5	152.66	93.61
6	160.52	95.11
7	168.37	96.66
8	176.20	98.28
9	184.02	99.97
10	191.83	101.71
11	199.62	103.52
12	207.40	105.39
13	215.16	107.32
14	222.91	109.31
15	230.64	111.36
16	238.36	113.48
17	246.06	115.66
18	253.74	117.90
19	261.40	120.20
20	269.04	122.56
21	276.67	124.98
22	284.27	127.47
23	291.86	130.01
24	299.42	132.61
25	306.96	135.28
26	314.49	138.00
27	321.99	140.79
28	329.46	143.63
29	336.92	146.54
30	344.35	149.50

31	351.76	152.52
32	359.14	155.60
33	366.50	158.74
34	373.83	161.94
35	381.14	165.20
36	388.42	168.51
37	395.67	171.89
38	402.90	175.32
39	410.10	178.81
40	417.27	182.35
41	424.41	185.96
42	431.52	189.61
43	438.61	193.33
44	445.66	197.10
45	452.69	200.93
46	459.68	204.82
47	466.64	208.76
48	473.57	212.76
49	476.18	214.29

Circle Center At X = -30.8 ; Y = 1079.4 and Radius, 1002.7

*** 1.652 ***

Individual data on the 77 slices

Slice No.	Width (m)	Weight (kN)	Water Force Top (kN)	Water Force Bot (kN)	Tie Force Norm (kN)	Tie Force Tan (kN)	Earthquake Force Hor (kN)	Surcharge Ver (kN)	Load (kN)
1	7.9	185.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	0.0
2	7.9	549.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.4	0.0	0.0
3	7.9	901.3	0.0	0.0	0.0	0.0	63.1	0.0	0.0
4	3.4	498.4	0.0	0.0	0.0	0.0	34.9	0.0	0.0
5	4.4	653.6	0.0	0.0	0.0	0.0	45.8	0.0	0.0
6	5.6	711.7	0.0	0.0	0.0	0.0	49.8	0.0	0.0
7	2.3	285.8	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0
8	7.8	1176.8	0.0	0.0	0.0	0.0	82.4	0.0	0.0
9	7.8	1484.3	0.0	0.0	0.0	0.0	103.9	0.0	0.0
10	7.8	1780.0	0.0	0.0	0.0	0.0	124.6	0.0	0.0
11	7.8	2063.8	0.0	0.0	0.0	0.0	144.5	0.0	0.0
12	7.8	2335.8	0.0	0.0	0.0	0.0	163.5	0.0	0.0
13	7.8	2596.0	0.0	0.0	0.0	0.0	181.7	0.0	0.0
14	7.8	2844.3	0.0	0.0	0.0	0.0	199.1	0.0	0.0
15	7.7	3080.7	0.0	0.0	0.0	0.0	215.6	0.0	0.0
16	7.7	3305.2	0.0	0.0	0.0	0.0	231.4	0.0	0.0
17	7.7	3517.9	0.0	0.0	0.0	0.0	246.3	0.0	0.0
18	7.7	3718.7	0.0	0.0	0.0	0.0	260.3	0.0	0.0
19	7.7	3907.7	0.0	0.0	0.0	0.0	273.5	0.0	0.0
20	7.7	4084.9	0.0	0.0	0.0	0.0	285.9	0.0	0.0
21	7.6	4250.4	0.0	0.0	0.0	0.0	297.5	0.0	0.0
22	7.6	4404.1	0.0	0.0	0.0	0.0	308.3	0.0	0.0
23	7.6	4546.1	0.0	0.0	0.0	0.0	318.2	0.0	0.0
24	7.6	4676.4	0.0	0.0	0.0	0.0	327.3	0.0	0.0
25	7.6	4795.1	0.0	0.0	0.0	0.0	335.7	0.0	0.0
26	7.5	4902.3	0.0	0.0	0.0	0.0	343.2	0.0	0.0
27	7.5	4998.0	0.0	0.0	0.0	0.0	349.9	0.0	0.0
28	7.5	5082.2	0.0	0.0	0.0	0.0	355.8	0.0	0.0
29	2.3	1566.5	0.0	0.0	0.0	0.0	109.7	0.0	0.0
30	5.2	3466.1	0.0	0.0	0.0	0.0	242.6	0.0	0.0
31	0.8	520.6	0.0	0.0	0.0	0.0	36.4	0.0	0.0
32	6.6	4311.0	0.0	0.0	0.0	0.0	301.8	0.0	0.0

33	7.4	4926.1	0.0	0.0	0.0	0.0	344.8	0.0	0.0
34	3.7	2474.9	0.0	0.0	0.0	0.0	173.2	0.0	0.0
35	3.7	2533.5	0.0	0.0	0.0	0.0	177.3	0.0	0.0
36	7.4	5056.8	0.0	0.0	0.0	0.0	354.0	0.0	0.0
37	7.4	5091.3	0.0	0.0	0.0	0.0	356.4	0.0	0.0
38	7.3	5115.8	0.0	0.0	0.0	0.0	358.1	0.0	0.0
39	6.8	4802.9	0.0	0.0	0.0	0.0	336.2	0.0	0.0
40	0.5	326.5	0.0	0.0	0.0	0.0	22.9	0.0	0.0
41	7.3	4838.6	0.0	0.0	0.0	0.0	338.7	0.0	0.0
42	2.3	1394.6	0.0	0.0	0.0	0.0	97.6	0.0	0.0
43	5.0	3036.0	0.0	0.0	0.0	0.0	212.5	0.0	0.0
44	7.2	4373.6	0.0	0.0	0.0	0.0	306.2	0.0	0.0
45	7.2	4331.6	0.0	0.0	0.0	0.0	303.2	0.0	0.0
46	7.2	4280.4	0.0	0.0	0.0	0.0	299.6	0.0	0.0
47	7.1	4220.3	0.0	0.0	0.0	0.0	295.4	0.0	0.0
48	2.1	1207.8	0.0	0.0	0.0	0.0	84.5	0.0	0.0
49	4.4	2587.5	0.0	0.0	0.0	0.0	181.1	0.0	0.0
50	0.6	346.5	0.0	0.0	0.0	0.0	24.3	0.0	0.0
51	0.1	31.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0
52	7.1	4147.1	0.0	0.0	0.0	0.0	290.3	0.0	0.0
53	0.4	210.5	0.0	0.0	0.0	0.0	14.7	0.0	0.0
54	1.5	860.1	0.0	0.0	0.0	0.0	60.2	0.0	0.0
55	0.7	392.4	0.0	0.0	0.0	0.0	27.5	0.0	0.0
56	0.3	165.6	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6	0.0	0.0
57	2.0	1084.1	0.0	0.0	0.0	0.0	75.9	0.0	0.0
58	0.5	251.8	0.0	5.2	0.0	0.0	17.6	0.0	0.0
59	1.7	851.7	0.0	82.7	0.0	0.0	59.6	0.0	0.0
60	0.3	170.7	0.0	28.4	0.0	0.0	11.9	0.0	0.0
61	5.5	2648.2	0.0	857.4	0.0	0.0	185.4	0.0	0.0
62	1.0	452.5	0.0	155.3	0.0	0.0	31.7	0.0	0.0
63	0.2	96.9	0.0	33.6	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0
64	0.2	102.2	0.0	35.7	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0
65	1.1	464.6	0.0	163.6	0.0	0.0	32.5	0.0	0.0
66	0.0	13.1	0.0	4.6	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0
67	0.5	202.8	0.0	80.2	0.0	0.0	14.2	0.0	0.0
68	3.5	1387.1	0.0	558.9	0.0	0.0	97.1	0.0	0.0
69	1.5	503.6	0.0	209.0	0.0	0.0	35.3	0.0	0.0
70	0.2	68.7	0.0	28.8	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0
71	1.8	552.0	0.0	235.6	0.0	0.0	38.6	0.0	0.0
72	0.5	134.9	0.0	58.4	0.0	0.0	9.4	0.0	0.0
73	4.0	1007.2	0.0	435.7	0.0	0.0	70.5	0.0	0.0
74	0.8	164.5	0.0	71.7	0.0	0.0	11.5	0.0	0.0
75	2.4	437.2	0.0	201.9	0.0	0.0	30.6	0.0	0.0
76	4.6	502.6	27.8	288.0	0.0	0.0	35.2	0.0	0.0
77	2.6	76.7	59.8	103.2	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0

Failure Surface Specified By 59 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	48.89	59.95
2	56.84	60.82
3	64.79	61.77
4	72.72	62.78
5	80.65	63.85
6	88.57	65.00
7	96.47	66.21
8	104.37	67.50
9	112.26	68.84
10	120.13	70.26
11	127.99	71.74
12	135.84	73.29
13	143.67	74.91
14	151.49	76.59

15	159.30	78.34
16	167.09	80.16
17	174.87	82.04
18	182.63	83.99
19	190.37	86.01
20	198.09	88.09
21	205.80	90.24
22	213.49	92.45
23	221.15	94.73
24	228.80	97.08
25	236.43	99.49
26	244.04	101.96
27	251.62	104.50
28	259.19	107.11
29	266.73	109.78
30	274.25	112.51
31	281.74	115.31
32	289.21	118.17
33	296.66	121.09
34	304.08	124.08
35	311.48	127.13
36	318.85	130.25
37	326.19	133.43
38	333.50	136.67
39	340.79	139.97
40	348.05	143.33
41	355.28	146.76
42	362.47	150.25
43	369.64	153.80
44	376.78	157.41
45	383.89	161.08
46	390.97	164.81
47	398.01	168.60
48	405.02	172.46
49	412.00	176.37
50	418.95	180.34
51	425.86	184.37
52	432.73	188.46
53	439.57	192.61
54	446.38	196.81
55	453.15	201.08
56	459.88	205.40
57	466.57	209.78
58	473.23	214.22
59	474.45	215.04

Circle Center At X = -49.6 ; Y = 991.6 and Radius, 936.8

*** 1.658 ***

1

Failure Surface Specified By 56 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	77.78	73.08
2	85.68	74.32
3	93.58	75.62
4	101.46	76.96
5	109.34	78.34
6	117.21	79.78
7	125.07	81.26
8	132.92	82.79
9	140.77	84.37
10	148.60	86.00
11	156.42	87.67
12	164.24	89.39
13	172.04	91.16
14	179.83	92.97
15	187.61	94.84
16	195.38	96.74
17	203.14	98.70
18	210.88	100.70
19	218.62	102.75
20	226.34	104.85
21	234.04	106.99
22	241.74	109.18
23	249.42	111.42
24	257.09	113.70
25	264.74	116.03
26	272.38	118.40
27	280.00	120.82
28	287.61	123.29
29	295.21	125.80
30	302.79	128.36
31	310.35	130.97
32	317.90	133.62
33	325.43	136.32
34	332.95	139.06
35	340.45	141.84
36	347.93	144.68
37	355.39	147.55
38	362.84	150.48
39	370.27	153.44
40	377.68	156.46
41	385.07	159.52
42	392.45	162.62
43	399.80	165.76
44	407.14	168.95
45	414.46	172.19
46	421.75	175.47
47	429.03	178.79
48	436.29	182.16

49	443.52	185.57
50	450.74	189.03
51	457.93	192.53
52	465.10	196.07
53	472.26	199.65
54	479.39	203.28
55	486.49	206.96
56	489.41	208.48

Circle Center At X = -124.0 ; Y = 1379.8 and Radius, 1322.3

*** 1.670 ***

Failure Surface Specified By 52 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	92.22	78.74
2	100.19	78.03
3	108.17	77.47
4	116.16	77.07
5	124.16	76.81
6	132.16	76.71
7	140.16	76.76
8	148.15	76.96
9	156.15	77.31
10	164.13	77.82
11	172.10	78.48
12	180.06	79.28
13	188.00	80.24
14	195.93	81.35
15	203.83	82.62
16	211.70	84.03
17	219.55	85.59
18	227.36	87.30
19	235.14	89.15
20	242.89	91.16
21	250.59	93.31
22	258.26	95.61
23	265.87	98.05
24	273.44	100.64
25	280.96	103.37
26	288.43	106.25
27	295.84	109.26
28	303.19	112.42
29	310.48	115.71
30	317.71	119.14
31	324.87	122.71
32	331.96	126.42
33	338.98	130.26
34	345.92	134.23
35	352.79	138.33
36	359.58	142.56
37	366.28	146.92
38	372.91	151.41

39	379.44	156.02
40	385.89	160.76
41	392.25	165.62
42	398.51	170.60
43	404.68	175.69
44	410.75	180.90
45	416.71	186.23
46	422.58	191.67
47	428.34	197.22
48	434.00	202.88
49	439.54	208.64
50	444.98	214.51
51	450.30	220.48
52	453.35	224.03

Circle Center At X = 133.6 ; Y = 497.4 and Radius, 420.7

*** 1.691 ***

1

Failure Surface Specified By 59 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	48.89	59.95
2	56.51	62.38
3	64.13	64.83
4	71.74	67.28
5	79.36	69.74
6	86.97	72.20
7	94.57	74.68
8	102.18	77.16
9	109.78	79.66
10	117.38	82.16
11	124.97	84.67
12	132.57	87.19
13	140.16	89.71
14	147.75	92.25
15	155.33	94.79
16	162.91	97.34
17	170.49	99.90
18	178.07	102.47
19	185.64	105.04
20	193.22	107.63
21	200.78	110.22
22	208.35	112.82
23	215.91	115.43
24	223.47	118.05
25	231.03	120.67
26	238.58	123.30
27	246.13	125.95
28	253.68	128.60
29	261.23	131.25
30	268.77	133.92
31	276.31	136.60

32	283.85	139.28
33	291.38	141.97
34	298.91	144.67
35	306.44	147.38
36	313.96	150.09
37	321.48	152.82
38	329.00	155.55
39	336.52	158.29
40	344.03	161.04
41	351.54	163.80
42	359.05	166.56
43	366.55	169.34
44	374.05	172.12
45	381.55	174.91
46	389.05	177.71
47	396.54	180.51
48	404.03	183.33
49	411.51	186.15
50	418.99	188.98
51	426.47	191.82
52	433.95	194.67
53	441.42	197.53
54	448.89	200.39
55	456.36	203.26
56	463.82	206.14
57	471.28	209.03
58	478.74	211.93
59	480.23	212.51

Circle Center At X = ***** ; Y = 7029.9 and Radius, 7315.7

*** 1.708 ***

Failure Surface Specified By 55 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	63.33	66.51
2	71.27	67.50
3	79.20	68.57
4	87.12	69.72
5	95.02	70.94
6	102.92	72.25
7	110.80	73.63
8	118.66	75.10
9	126.51	76.64
10	134.35	78.26
11	142.16	79.96
12	149.96	81.73
13	157.74	83.59
14	165.51	85.52
15	173.25	87.53
16	180.97	89.62
17	188.68	91.78
18	196.35	94.03

19	204.01	96.35
20	211.64	98.74
21	219.25	101.21
22	226.84	103.76
23	234.39	106.38
24	241.92	109.08
25	249.43	111.86
26	256.90	114.71
27	264.35	117.63
28	271.77	120.63
29	279.15	123.70
30	286.51	126.85
31	293.83	130.07
32	301.12	133.36
33	308.38	136.73
34	315.60	140.17
35	322.79	143.68
36	329.95	147.26
37	337.06	150.91
38	344.14	154.64
39	351.18	158.43
40	358.19	162.30
41	365.15	166.24
42	372.08	170.24
43	378.96	174.32
44	385.81	178.46
45	392.61	182.67
46	399.37	186.95
47	406.08	191.30
48	412.75	195.71
49	419.38	200.19
50	425.96	204.74
51	432.50	209.35
52	438.99	214.03
53	445.43	218.77
54	451.83	223.58
55	452.42	224.03

Circle Center At X = -31.4 ; Y = 859.8 and Radius, 798.9

*** 1.708 ***

1

Failure Surface Specified By 54 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	63.33	66.51
2	71.33	66.22
3	79.33	66.07
4	87.33	66.04
5	95.33	66.15
6	103.32	66.39
7	111.31	66.77
8	119.30	67.28

9	127.27	67.92
10	135.23	68.69
11	143.18	69.60
12	151.12	70.63
13	159.03	71.80
14	166.92	73.10
15	174.79	74.54
16	182.64	76.10
17	190.46	77.79
18	198.25	79.62
19	206.01	81.57
20	213.73	83.65
21	221.42	85.86
22	229.07	88.20
23	236.68	90.66
24	244.25	93.25
25	251.77	95.97
26	259.25	98.81
27	266.68	101.77
28	274.06	104.86
29	281.39	108.07
30	288.66	111.40
31	295.88	114.86
32	303.04	118.43
33	310.14	122.12
34	317.17	125.93
35	324.14	129.85
36	331.05	133.89
37	337.89	138.05
38	344.65	142.32
39	351.35	146.69
40	357.97	151.19
41	364.51	155.79
42	370.98	160.49
43	377.37	165.31
44	383.68	170.23
45	389.90	175.25
46	396.04	180.38
47	402.10	185.61
48	408.06	190.94
49	413.94	196.37
50	419.73	201.89
51	425.42	207.51
52	431.02	213.23
53	436.52	219.04
54	441.10	224.03

Circle Center At X = 84.8 ; Y = 546.8 and Radius, 480.8

*** 1.708 ***

Failure Surface Specified By 50 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	106.67	81.71
2	114.62	80.84
3	122.59	80.14
4	130.57	79.62
5	138.56	79.26
6	146.56	79.06
7	154.56	79.04
8	162.56	79.19
9	170.55	79.51
10	178.54	79.99
11	186.51	80.65
12	194.47	81.47
13	202.41	82.46
14	210.32	83.62
15	218.21	84.95
16	226.07	86.44
17	233.90	88.10
18	241.69	89.92
19	249.44	91.91
20	257.14	94.06
21	264.80	96.38
22	272.41	98.85
23	279.96	101.49
24	287.46	104.28
25	294.89	107.23
26	302.26	110.34
27	309.57	113.61
28	316.80	117.03
29	323.96	120.60
30	331.04	124.32
31	338.04	128.19
32	344.96	132.21
33	351.79	136.37
34	358.53	140.68
35	365.18	145.13
36	371.74	149.72
37	378.19	154.44
38	384.54	159.30
39	390.79	164.30
40	396.94	169.42
41	402.97	174.68
42	408.89	180.06
43	414.69	185.56
44	420.38	191.19
45	425.95	196.93
46	431.39	202.80
47	436.71	208.77
48	441.90	214.86
49	446.96	221.05
50	449.29	224.03

Circle Center At X = 151.6 ; Y = 457.1 and Radius, 378.1

*** 1.711 ***

Failure Surface Specified By 49 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	121.11	88.26
2	128.99	86.85
3	136.89	85.64
4	144.83	84.61
5	152.78	83.77
6	160.76	83.11
7	168.74	82.65
8	176.74	82.38
9	184.74	82.29
10	192.74	82.40
11	200.73	82.70
12	208.72	83.18
13	216.69	83.86
14	224.64	84.72
15	232.57	85.77
16	240.48	87.01
17	248.35	88.44
18	256.18	90.05
19	263.98	91.85
20	271.73	93.84
21	279.43	96.00
22	287.08	98.35
23	294.67	100.88
24	302.19	103.59
25	309.65	106.48
26	317.04	109.54
27	324.36	112.78
28	331.60	116.19
29	338.75	119.77
30	345.82	123.52
31	352.79	127.44
32	359.67	131.52
33	366.46	135.76
34	373.14	140.16
35	379.71	144.72
36	386.17	149.44
37	392.52	154.31
38	398.75	159.32
39	404.87	164.48
40	410.85	169.79
41	416.71	175.24
42	422.44	180.82
43	428.04	186.54
44	433.49	192.39
45	438.81	198.36
46	443.98	204.47
47	449.01	210.69
48	453.89	217.03
49	457.79	222.35

Circle Center At X = 184.3 ; Y = 419.5 and Radius, 337.2

*** 1.752 ***

Failure Surface Specified By 48 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	106.67	81.71
2	114.57	80.48
3	122.51	79.45
4	130.46	78.62
5	138.44	77.98
6	146.42	77.53
7	154.42	77.29
8	162.42	77.24
9	170.42	77.38
10	178.41	77.72
11	186.39	78.26
12	194.36	78.99
13	202.31	79.92
14	210.23	81.04
15	218.12	82.36
16	225.97	83.87
17	233.79	85.57
18	241.56	87.47
19	249.29	89.55
20	256.96	91.82
21	264.57	94.29
22	272.12	96.93
23	279.60	99.76
24	287.01	102.78
25	294.35	105.97
26	301.60	109.35
27	308.77	112.90
28	315.85	116.62
29	322.83	120.52
30	329.72	124.59
31	336.51	128.83
32	343.19	133.23
33	349.76	137.80
34	356.21	142.52
35	362.55	147.40
36	368.77	152.44
37	374.86	157.62
38	380.82	162.96
39	386.65	168.44
40	392.34	174.06
41	397.89	179.82
42	403.30	185.71
43	408.57	191.74
44	413.68	197.89
45	418.64	204.16
46	423.45	210.56
47	428.10	217.07
48	429.88	219.70

Circle Center At X = 160.5 ; Y = 403.1 and Radius, 325.9
 *** 1.755 ***

	Y	A	X	I	S	M
	0.00	122.75	245.51	368.26	491.02	613.77
X	0.00	+---**-----+-----+-----+-----+				
	-	.:				
	-	.:*				
	-	...2				
	-	2*				
	-	2*8				
122.75	721					
	21*					
	22*					
	4215					
	*.7211					
	*4215					
A	245.51	4211				
	94215					
	42115					
	-.....94215					
	-.....94115*					
	-.....8215					
X	368.26	+.....8215				
	-	9115*				
	-	91160				
	-	*W*.W...W.311**				
	-	*.....W3WW*				
	-	31*				
I	491.02	+.....*				
	-	*				
	-	*				
	-	.				
	-	.				
S	613.77	+				
	-					
	-					
	-	*				
	-	*	**			
736.52	+	*	**			
	-	*				
	-	*				
	-	*				
	-	*				
	-	*				
M	859.28	+	*			
	-	*				
	-	*	*			
	-	*				
	-	*				
	-	*				
982.03	+	**				