

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BARAJLARIN DEPREM DAVRANIŞININ
DEĞERLENDİRİLMESİ VE KAHRAMANMARAŞ
DEPREMLERİ SONRASI MEVCUT BARAJLARIN
PERFORMANSI**

MUSTAFA NACİ YÜKSEK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMANI:
DOÇ. DR. ABDULLAH CAN ZÜLFİKAR**

KASIM 2023

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BARAJLARIN DEPREM DAVRANIŞININ
DEĞERLENDİRİLMESİ VE KAHRAMANMARAŞ
DEPREMLERİ SONRASI MEVCUT BARAJLARIN
PERFORMANSI**

MUSTAFA NACİ YÜKSEK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMANI:
DOÇ. DR. ABDULLAH CAN ZÜLFİKAR**

KASIM 2023

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

ASSESSMENT OF DAMS' EARTHQUAKE BEHAVIOR
AND THE PERFORMANCE OF EXISTING DAMS
AFTER THE KAHRAMANMARAŞ EARTHQUAKES

MUSTAFA NACİ YÜKSEK

A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
EARTHQUAKE AND STRUCTURAL ENGINEERING
PROGRAM

THESIS SUPERVISOR
DOÇ. DR. ABDULLAH CAN ZÜLFİKAR

NOVEMBER 2023



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 19/07/2023 tarih ve 2023/40 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 15/11/2023 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Mustafa Naci YÜKSEK'in tez çalışması İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Deprem ve Yapı Mühendisliği Programında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. A. Can ZÜLFİKAR

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Ülgen MERT TUĞSAL

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Ebru HARMANDAR

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

Kahramanmaraş Depremlerinde vefaat eden

50.000'i aşkın insanımıza ve

arama kurtarma gönüllüsü

Dr. Miyazaki Atsushi'ye

ithaf olunmuştur.

ÖZET

Türkiye'nin tektonik yapısı, Avrasya Levhası ile Afrika ve Arap Levhalarının çarpışma bölgesinde bulunmasıyla oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Ülkenin büyük bir kısmı, Anadolu Levhası adı verilen küçük bir plaka üzerinde yer almaktadır. Bu levha, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı (DAF) gibi iki büyük doğrultu atımlı fay zonu tarafından sınırlanmıştır. Fay bölgelerindeki hareketler sonucunda birçok zemin hareketi ve doğal olay meydana gelmektedir.

Ülkemizin yüzde 92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusumuzun yüzde 95'inin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve büyük sanayi kentlerinin yüzde 98'i ve barajlarımızın yüzde 93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir. Bu dinamik jeolojik yapının etkisiyle, Türkiye'de sıkça depremler gözlemlenirken, son 100 yıl içinde büyüklüğü Mw 7.5 ve üzeri olan 4 büyük deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden son ikisi Kahramanmaraş'ta 6 Şubat 2023 tarihinde aynı gün olmuş ve çok büyük can ve mal kayıplarına sebebiyet vermiştir. İşletmede ve inşaatı devam etmekte olan bölgedeki birçok barajın bu depremler serisiyle performansı test edilmiştir.

Bu çalışmada barajlar ve Türkiye'deki büyük baraj projeleri hakkında genel bilgiler verilmiş, depremler ve oluşma mekanizmalarından, barajların sismik tasarımından bahsedilerek dünyanın farklı yerlerinde depremler sonrası oluşan baraj hasarlarından örnekler gösterilmiştir. Farklı yöntemler ile barajların hasar tespitinin nasıl yapıldığına değinilerek, Kahramanmaraş Depremleri sonrası bölgede yer alan barajların hasar durumları ve hasar sınıfları mertebe olarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler ile azalım ilişkileri denklemleri kullanılarak grafikler oluşturulmuş, baraj yeri ivme değerleri ve istasyon verileri karşılaştırılmıştır. Deprem Bölgesinde yer alan 146 barajın aldığı hasarlar ile sismik kaynağa olan mesafesi, tipi, yüksekliği, yaşı gibi parametreler kıyaslanarak sonuçlar çıkarılmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kahramanmaraş Depremleri, Baraj Hasarları, Dolgu Barajlar Deprem Hasarları, Çatlaklar

ABSTRACT

The tectonic structure of Türkiye is quite complex due to its location in the collision zone between the Eurasian Plate and the African and Arabian Plates. A significant portion of the country is situated on a small plate called the Anatolian Plate. This plate is bounded by two major strike-slip fault zones, namely the North Anatolian Fault (NAF) and the East Anatolian Fault (EAF). As a result of movements along fault zones, numerous ground motions and natural events occur.

It is known that 92% of our country is within earthquake zones, with 95% of our population living under the threat of earthquakes. Additionally, 98% of major industrial cities and 93% of our dams are located in earthquake-prone areas. Due to the influence of this dynamic geological structure, frequent earthquakes are observed in Türkiye. Over the past 100 years, four earthquakes with magnitudes of Mw 7.5 and above have occurred. The last two of these earthquakes struck Kahramanmaraş on February 6, 2023, on the same day, resulting in significant loss of life and property. The performance of numerous dams in operation or under construction in the affected region has been tested in the wake of this series of earthquakes.

This study provides general information about dams and major dam projects in Türkiye, discussing earthquakes, their mechanisms of occurrence, and seismic design considerations for dams. It illustrates examples of dam damage occurring worldwide following earthquakes, touching upon various methods used to assess dam damage. Following the Kahramanmaraş Earthquakes, efforts were made to assess the damage status and categorize the affected dams according to the extent of damage. Utilizing obtained data, graphs were created using attenuation relationships equations, comparing dam site acceleration values with station data. The study attempts to draw conclusions by comparing the damage incurred by 146 dams in the earthquake zone with parameters such as their proximity to the seismic source, type, height, and age.

Keywords: Kahramanmaraş Earthquakes, Dam Damages, Earthquake Damage to Earthfill Dams, Cracks.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın tamamlanması için gereken tüm imkânları bana sunan Allah'a şükrederek başlamak istiyorum.

Yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda destek ve yardımlarını sürekli gördüğüm, yönlendirmeleriyle bu çalışmanın oluşmasında ciddi katkıları olan danışman Hocam Doç. Dr. A. Can ZÜLFİKAR'a, Bölüm Hocalarım Prof. Dr. Selçuk TOPRAK'a, Doç. Dr. Sevilay Demirkesen ÇAKIR'a, Dr. Öğr. Üyesi Hadi KHANBABAZADEH'e, Doç. Dr. Tayfun Altuğ SÖYLEV'e, tez jürisi Hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Ülgen Mert TUĞSAL'a ve Dr. Öğr. Üyesi Ebru HARMANDAR'a çok teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca desteklerini her zaman yanımda hissettiğim, ilk öğretmenlerim değerli anneme ve değerli babama çok teşekkür ederim.

Beni sürekli teşvik eden, hep destek olan değerli eşime çok teşekkür ederim.

Göstermiş oldukları sabır ve anlayış nedeniyle sevgili oğullarım Tahir Enes'e, Mahmut Emin'e ve Yusuf Bilal'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ	XVIII
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
2. BARAJLAR	3
2.1 Barajların Tarihçesi	3
2.1 Barajların Temel Amaçları	7
2.2 Baraj Tipleri ve Sınıflandırması	8
2.2.1 Dolgu Barajlar	8
2.2.2 Beton Barajlar	17
2.2.3 Kompozit Barajlar	21
2.2.4 Türkiye'deki Büyük Baraj Projeleri	22
3. DEPREMLER	24
3.1 Depremlerin Oluşma Mekanizması	24
3.2 Levha Tektoniği	25
3.3 Depremle İlgili Tanımlar	27
3.4 Barajların Sismik Tasarımı İçin Depremlerin Seçimi	30
4. DEPREMLER SONRASI OLUŞAN BARAJ HASARLARI	34
4.1 Çatlaklar	36
4.2 Boyuna Çatlaklar	37
4.3 Enine Çatlak	38
4.4 Sıvılaşma	39
4.5 Yanal Kayma	43
4.6 Oturma	45
4.7 Kabarma	47
4.8 Heyelanlar	48
4.9 Seicheler	51
4.10 Tektonik Hareketlilik	51
4.11 Su Kaçaklarının Artması ve Borulanma	54
4.12 Deprem Hasarlarına Yönelik Geçici Koruma Tedbirleri	55
4.13 Geçmiş Büyük Depremler ve Sonrasında Oluşan Baraj Hasarları	56
4.13.1 San Francisco Depremi ABD 1906 Mw: 8.25	57
4.13.2 Oga Depremi Japonya 1939 Mw: 6.6	57
4.13.3 San Fernando Depremi 9 Şubat 1971 Mw: 6.6	58
4.13.4 Tangshan Depremi Çin 1976 Mw:7.8	58

4.13.5 Loma Prieta, Depremi 17 Ekim 1989 KA Mw: 7.1	58
4.13.6 Northridge Depremi 7 Ocak1994 Kaliforniya Mw:6.7	59
4.13.7 İzmit Depremi 17 Ağustos 1999 Mw:7.6 Türkiye	59
4.13.8 Batı Tottori Depremi 6 Ekim 2000, Japonya Mw:6.7	60
4.13.9 Bhuj Depremi 26 Ocak 2001 Hindistan Mw 7.7	60
4.13.10 Niigata Depremi, Japonya 23 Ekim 2004 M6.6	60
4.13.11 Tohoku Depremi, Japonya 11 Mart 2011 M9.0	61
5. FARKLI YÖNTEMLER İLE BARAJLARIN HASAR TESPİTİ	62
6. VAKA ANALİZİ KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ VE BARAJLARIN DURUMU	68
6.1 Ağır Hasarlı Barajlar	73
6.1.1 Arıklıkaş Göleti (Osmaniye)	75
6.1.2 Kurtlusoguksu Göleti (Hatay)	82
6.1.3 Reyhanlı Barajı (Hatay)	87
6.1.4 Sultansuyu Barajı (Malatya)	94
6.1.5 Erkenek Göleti (Malatya)	100
6.2 Orta Hasarlı Barajlar	105
6.2.1 Kalecik Barajı (Osmaniye)	107
6.2.2 Yarseli Barajı (Hatay)	112
6.2.3 Kartalkaya Barajı (Kahramanmaraş)	117
6.2.4 Çetintepe Barajı (Adıyaman)	129
6.2.5 Büyükkızılcık Göleti (Kahramanmaraş)	132
6.2.6 Kılavuzlu Barajı (Kahramanmaraş)	134
6.3 Hafif Hasarlı Barajlar	137
6.4 Hasarsız Baraj ve Yapı Örnekleri	141
7. AZALIM İLİŞKİLERİ DENKLEMLERİ İLE KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ VE BARAJLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	148
8. SONUÇ	181
KAYNAKLAR	184
ÖZGEÇMİŞ	190
TEZ ÇALIŞMASI KAPSAMINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	191
EKLER	192
Ek-A: Ön İncelemesi Yapılan Barajlar	192
Ek-B: İncelemesi Yapılan 68 Baraj	204
Ek-C: Hafif Hasarlı Barajlar	211
Ek-Ç: Hasarsız Barajlar	213
Ek-D: Yıkılmış Barajlar	222
Ek-E: Ağır Hasar Almış Barajlar	224

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Atım
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
CE	: Construction Earthquake
D	: Derinlik
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
DBE	: Design Basis Earthquake
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EED	: Emniyet Esaslı Deprem
EERI	: Earthquake Engineering Research Institute
G	: Genişlik
GEER	: Geoteknik Ekstrem Olaylar Ön Araştırması
ICOLD	: Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
M	: Magnitude- Büyüklük
MCE	: Maximum Credible Earthquake
MDE	: Maximum Design Earthquake
M_w	: Moment Büyüklüğü (Magnitude)
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
OED	: Olası En Büyük Deprem
ÖBKD	: Ön Yüzü Beton Kaplı Dolgu
ÖDFZ	: Ölü Deniz Fay Zonu
PGA	: Peak Ground Acceleration
PSHA	: Probabilistic Seismic Hazard Analysis
Repi	: Depremin Merkez Üssüne Olan Uzaklık
Rrup	: En Yakın Yüzey Kırığına Olan Uzaklık
RTS	: Rezervuar Tetiklemeli Sismisite
SEE	: Safety Evaluation Earthquake
SGM	: Strong Ground Motion
SSB	: Silindirle Sıkıştırılmış Beton
TRCOLD	: Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu Türk Milli Komitesi
USACE	: United States Army Corps of Engineers
USBR	: United States Bureau of Reclamation
USGS	: United States Geological Survey
WRD	: World Registered Of Dams
WWSSN	: Worldwide Standardized Seismograph Network

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2. 1: Heyelan sonrası oluşan Tortum Gölü, Erzurum.	4
Şekil 2. 2: Heyelan baraj gölleri Nagatona, Japonya.	4
Şekil 2. 3: Heyelan Baraj Gölü Poere Nehri, Yeni Zelanda.	5
Şekil 2. 4: Mısırdaki bulunan Sadd-el-Kafara dolgu barajı.	6
Şekil 2. 5: Homojen toprak dolgu Karaidemir Barajı, Tekirdağ.	10
Şekil 2. 6: Homojen toprak dolgu Karaidemir Barajı, Tekirdağ.	10
Şekil 2. 7: Homojen toprak dolgu May Barajı, Konya.	10
Şekil 2. 8: Homojen toprak dolgu May Barajı enkesiti, Konya.	11
Şekil 2. 9: Homojen toprak dolgu Büyükçekmece Barajı, İstanbul.	11
Şekil 2. 10: Homojen toprak dolgu Büyükçekmece Barajı, İstanbul.	11
Şekil 2. 11: Kil çekirdek kaya dolgu Atatürk Barajı, Şanlıurfa.	12
Şekil 2. 12: Kil çekirdek kaya dolgu Atatürk Barajı enkesiti.	12
Şekil 2. 13: Atatürk Barajı memba ve mansap koruyucu riprap kaplaması.	13
Şekil 2. 14: Kil çekirdek kaya dolgu Keban Barajı mansap görünümü, Elazığ.	13
Şekil 2. 15: Kil çekirdek kaya dolgu Keban Barajı enkesiti.	14
Şekil 2. 16: Parapet duvarlı ve parapet duvarsız baraj en kesiti.	14
Şekil 2. 17: Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu Iısu Barajı, Mardin.	15
Şekil 2. 18: ÖBKD Iısu Barajı enkesiti.	16
Şekil 2. 19: Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu Atası Barajı, Trabzon.	16
Şekil 2. 20: ÖBKD Atası Barajı enkesiti.	16
Şekil 2. 21: Beton ağırlık Elmalı Barajı, İstanbul.	17
Şekil 2. 22: Beton ağırlık Elmalı Barajı enkesiti ve genel yerleşimi.	18
Şekil 2. 23: Silindire sıkıştırılmış beton (SSB) ağırlık Çine Barajı, Aydın.	18
Şekil 2. 24: Beton ağırlık kemer Karakaya Barajı, Diyarbakır.	19
Şekil 2. 25: Beton ağırlık kemer Karakaya Barajı enkesiti.	19
Şekil 2. 26: Çift eğrilikli ince beton kemer Ermenek Barajı, Karaman.	20
Şekil 2. 27: Çift Eğrilikli İnce Beton Kemer Deriner Barajı, Artvin.	20
Şekil 2. 28: Çift eğrilikli ince beton kemer Amagese Barajı, Kyoto.	21
Şekil 2. 29: Kil çekirdek kaya dolgu ve beton ağırlık Keban Barajı, Elazığ.	22
Şekil 3. 1: Dünya'nın tektonik plakaları görünümü.	26
Şekil 3. 2: Global depremlerin episenter görünümleri, 1963 - 1998.	26
Şekil 4. 1: Zippingpu Barajı önyüz betonu maksimum kesitteki çatlaklar.	36
Şekil 4. 2: Chang Barajı kretinin yanında oluşan ve derinliği yaklaşık 10 metreyi bulan çatlaklar Bhuj Depremi, Mw: 7.7.	37
Şekil 4. 3: Meloda Barajı kret memba şev birleşimindeki boyuna çatlaklar Maule Depremi, Şili, Mw: 8.8.37	37
Şekil 4. 4: Coihueco Barajı kret boyuna çatlakları (Mw 8.8).	38
Şekil 4. 5: Tapar Barajı kret boyuna çatlakları D:3m (Mw 7.7).	38
Şekil 4. 6: Coihueco Barajı Mw: 8.8, Şili.	38
Şekil 4. 7: Shin-Yamamoto Barajı kreti asfalt kaplamada oluşan enine çatlak Niigata-ken Chuetsu Depremi (Mw 6.6) 23 Ekim 2004.	39
Şekil 4. 8: 1971 San Fernando depremi sonrası San Fernando Barajı memba yüzeyinde sıvılaşma ve mukavemet yenilmesi.	41
Şekil 4. 9: Sheffield Barajı sıvılaşma nedeniyle yıkılması Santa Barbara Depremi 1925 (Mw 6.3).	41

Şekil 4. 10: Chang Barajı memba topuğunda gözlemlenen kum kaynamaları, 26 Ocak 2001 (Mw 7.7).	42
Şekil 4. 11: Mansap şevi kret birleşiminde yanal kayma.	43
Şekil 4. 12: Memba şevi kret birleşiminde yanal kayma Şili Depremi Mw 8.8.	44
Şekil 4. 13: Tapar Barajı memba topuğunda yanal kayma.	44
Şekil 4. 14: Memba şevinde memba yönlü yanal hareket.	44
Şekil 4. 15: Yamanaka Barajı 1994 Sanriki-Haruka Oki Depremi M 7.5.	45
Şekil 4. 16: Shin-Yamamoto Barajı kret oturması Niigata Depremi (Mw 6.6)2004.	46
Şekil 4. 17: ÖBKD Zipingpu Barajı Dolusavak duvarı dolgu oturması.	46
Şekil 4. 18: ÖBKD Zipingpu Barajı kret mansap birleşiminde oturma.	46
Şekil 4. 19: Minase Barajı gövde dolusavak bağlantısında farklı oturma mansap birleşiminde oturma 14 Haziran 2008 Mw 6.9 Iwate-Miyagi Nairku Depremi, Japonya.	47
Şekil 4. 20: Memba topuğunda kabarma Şili Depremi Mw 8.8.	47
Şekil 4. 21: Memba topuğunda kabarma Şili Depremi Mw 8.8.	48
Şekil 4. 22: Aratozawa Barajı büyük rezervuar heyelanı.	50
Şekil 4. 23: Aratozawa Barajı büyük rezervuar heyelanı deprem öncesi ve deprem sonrası uydu görünümü.	50
Şekil 4. 24: Shih-Kang Barajı Chelungpu fayı.	52
Şekil 4. 25: Shih-Kang Barajı 1999 depreminden.	52
Şekil 4. 26: Bajina Basta Barajı, Sırbistan.	53
Şekil 4. 27: Dipsavak kondüvisi etrafında borulanma.	55
Şekil 4. 28: Asagawara Barajı hasar gören kısımların kapatılması.	56
Şekil 4. 29: Koromokawa Barajı hasar gören kısımların kapatılması.	56
Şekil 6. 1: Bu çalışmada incelenen 68 barajın ve 2 ana depremin konumu.	71
Şekil 6. 2: Pazarcık Depremi (Mw: 7.8) Mercalli şiddet haritası.	71
Şekil 6. 3: Pazarcık Depremi (Mw: 7.8) ve incelenen barajların konumu.	72
Şekil 6. 4: Elbistan Depremi (Mw: 7.5) Mercalli şiddet haritası.	72
Şekil 6. 5: Elbistan Depremi (Mw: 7.5) ve incelenen barajların konumu.	73
Şekil 6. 6: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve ağır hasarlı barajların konumu.	73
Şekil 6. 7: Arıklıkış Göleti ve depremlerin konumu.	75
Şekil 6. 8: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Arıklıkış Göleti.	76
Şekil 6. 9: Arıklıkış Göleti depremler öncesi uydu görünümü (2022).	77
Şekil 6. 10: Arıklıkış Göleti depremler sonrası uydu görünümü (08.02.2023).	77
Şekil 6. 11: Arıklıkış Göleti Genel Vaziyet Planı.	77
Şekil 6. 12: Arıklıkış Göleti tipik enkesiti.	78
Şekil 6. 13: Arıklıkış Göleti kret görünümü.	78
Şekil 6. 14: Krette memba yönlü yanal hareket ve boyuna derin çatlaklar.	78
Şekil 6. 15: Krette derin çatlaklar ve memba yönlü yanal hareket D:0,8~2 m.	79
Şekil 6. 16: Memba şevinde kalıcı yanal hareket ve sıvılaşma belirtileri.	79
Şekil 6. 17: Arıklıkış Göleti memba şevinde kalıcı yanal deplasman.	79
Şekil 6. 18: Memba şevinde kalıcı yanal açılma D:1,5~2 m G:1m.	80
Şekil 6. 19: Sağ sahilden mansap şevi ve ilave yapılan dolgunun görünümü.	80
Şekil 6. 20: Kretten mansap şevinin görünümü.	80
Şekil 6. 21: Dolusavak yapısı.	81
Şekil 6. 22: Dipsavak vana odası.	81
Şekil 6. 23: Kurtlusoguksu Göleti ve depremlerin konumu.	82
Şekil 6. 24: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Kurtlusoguksu Göleti.	83
Şekil 6. 25: Kurtlusoguksu Göletinin depremler öncesi uydu görünümü.	83

Şekil 6. 26: Kurtluşoğuksu Göletinin depremler sonrası uydu görünümü 27.04.2023.	84
Şekil 6. 27: Sol sahilden kret görünümü ve aksa paralel çatlaklar.	84
Şekil 6. 28: Krette kalıcı hasarların olduğu orta bölge.	84
Şekil 6. 29: Krette memba yönlü yanal kalıcı hareket 1,25 m ve ~1 m oturma.	85
Şekil 6. 30: Kret boyunca aksa paralel çatlaklar.	85
Şekil 6. 31: Krette memba yönlü oluşan çatlaklar G:1,1 m D: 2,2 m.	85
Şekil 6. 32: Krette memba yönlü yanal kalıcı hareket G:1,1 m D: 2,2 m.	86
Şekil 6. 33: Dolusavak boşaltım kanalı üzerinde oluşan heyelanlar.	86
Şekil 6. 34: Reyhanlı Barajı ve depremlerin konumu.	87
Şekil 6. 35: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Reyhanlı Barajı.	88
Şekil 6. 36: Reyhanlı Barajı depremler öncesi uydu görünümü.	88
Şekil 6. 37: Reyhanlı Barajı genel vaziyet planı.	89
Şekil 6. 38: Reyhanlı Barajı Km: 0+000 – 6+000 arası maksimum enkesit homojen dolgu.	89
Şekil 6. 39: Reyhanlı Barajı Km: 6+000 – 9+200 arası maksimum enkesit kil çekirdek kum + çakıl dolgu.	89
Şekil 6. 40: Baraj kreti hasarlı bölgeler gösterimi.	89
Şekil 6. 41: Baraj Kreti Km: 0+900 – 2+000 arası hasarları.	90
Şekil 6. 42: Baraj Kreti Km: 0+900 – 2+000 arası hasarları.	90
Şekil 6. 43: Baraj Kreti Km: 0+900 – 2+000 arası hasarları.	90
Şekil 6. 44: Baraj kreti Km: 2+000 – 6+200 arası hasarsız bölge.	91
Şekil 6. 45: Baraj kreti Km: 6+200 – 8+120 arası büyük çatlaklar ve memba şev başlangıcında memba yönlü kalıcı hareket ve oturma.	91
Şekil 6. 46: Baraj kreti Km: 6+200 – 8+120 arası büyük çatlaklar ve memba şev başlangıcında memba yönlü kalıcı hareket ve oturma.	92
Şekil 6. 47: Baraj kreti Km:8+120 - 9+200 arasındaki çatlaklardan görünüm.	92
Şekil 6. 48: Baraj kreti Km: 8+120 - 9+200 arasındaki çatlaklardan görünüm.	92
Şekil 6. 49: Baraj kreti Km: 6+200 – 8+120 arası büyük çatlaklar ve memba şev başlangıcında memba yönlü kalıcı hareket ve oturma.	93
Şekil 6. 50: Baraj kreti Km: 6+200 – 8+120 arası büyük çatlaklar ve memba şev başlangıcında memba yönlü kalıcı hareket ve oturma 1,2 m.	93
Şekil 6. 51: Sultansuyu Barajı ve depremlerin konumu.	94
Şekil 6. 52: Elbistan Depremi şiddet haritası ve Sultansuyu Barajı.	95
Şekil 6. 53: Sultansuyu Barajı uydu görünümü depremler öncesi 2022.	96
Şekil 6. 54: Sultansuyu Barajının depremler sonrası uydu görünümü 09.02.2023.	96
Şekil 6. 55: Sultansuyu Barajı maksimum en kesiti.	96
Şekil 6. 56: Baraj kreti boyunca aksa paralel oluşan memba yönlü yanal hareket G:1 ~ 2.5 m, D:1.5~ 4 m.	97
Şekil 6. 57: Sultansuyu Barajı memba şev başlangıcı memba yönlü yanal hareke 1m.	t97
Şekil 6. 58: Memba şevi üzerinde oluşan yanal hareket 1.5 m.	97
Şekil 6. 59: Krette ve Memba şev başlangıcında kalıcı yanal hareket.	98
Şekil 6. 60: Memba şevinde kalıcı yanal hareket ve sıvılaşma belirtileri.	98
Şekil 6. 61: Krette ve memba şevi üzerinde oluşan memba yönlü yanal hareketler	99
Şekil 6. 62: Krette kil çekirdeğe ulaşan derin çatlaklar.	99
Şekil 6. 63: Erkenek Göleti ve depremlerin konumu.	100
Şekil 6. 64: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Erkenek Göleti.	101
Şekil 6. 65: Erkenek Göleti depremler öncesi uydu görüntüsü.	102

Şekil 6. 66: Erkenek Göleti depremler sonrası uydu görüntüsü.	102
Şekil 6. 67: Erkenek Göleti depremler sonrası uydu görüntüsü.	103
Şekil 6. 68: Erkenek Göleti depremler sonrası uydu görüntüsü.	103
Şekil 6. 69: Erkenek Göleti depremler sonrası kret görünümü A:347 cm.	104
Şekil 6. 70: Fay düzlemi ve Erkenek Göleti kreti A:3.4 m.	104
Şekil 6. 71: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve orta hasarlı barajların konumu.	105
Şekil 6. 72: Kalecik Barajı ve depremlerin konumu.	107
Şekil 6. 73: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Kalecik Barajı.	108
Şekil 6. 74: Kalecik Barajının depremler öncesi uydu görünümü.	109
Şekil 6. 75: Kalecik Barajının depremler sonrası uydu görünümü 08.02.2023.	109
Şekil 6. 76: Kalecik Barajı tipik en kesiti.	109
Şekil 6. 77: Kalecik Barajı memba şevi görünümü.	110
Şekil 6. 78: Kalecik Barajı mansap şevi görünümü.	110
Şekil 6. 79: Kret ve mansap şevi birleşim bölgesindeki çatlak.	111
Şekil 6. 80: Kret boyunca oluşan aksa paralel çatlaklar.	111
Şekil 6. 81: Kret boyunca oluşan aksa paralel çatlaklar G:10 cm D: 150 cm.	112
Şekil 6. 82: Yarseli Barajı ve depremlerin konumu.	112
Şekil 6. 83: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Yarseli Barajı.	113
Şekil 6. 84: Yarseli Barajı depremler öncesi uydu görünümü.	114
Şekil 6. 85: Yarseli Barajı enkesiti.	114
Şekil 6. 86: Yarseli Barajı memba şevi görünümü.	114
Şekil 6. 87: Yarseli Barajı mansap şevi görünümü.	115
Şekil 6. 88: Mansap topuğu yakınında oluşan kum kaynamaları, sıvılaşma.	115
Şekil 6. 89: Krette memba yönlü yanal kalıcı hareket ve boyuna çatlaklar G:20 cm 125 cm.	116
Şekil 6. 90: Kret üzerindeki çatlaklar.	116
Şekil 6. 91: Dolusavak boşaltım kanalı ve radyal kapaklar.	117
Şekil 6. 92: Kartalkaya Barajı ve depremlerin konumu.	117
Şekil 6. 93: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Kartalkaya Barajı.	119
Şekil 6. 94: Kartalkaya Barajı depremler öncesi uydu görünümü.	119
Şekil 6. 95: Kartalkaya Barajı depremler sonrası uydu görünümü.	120
Şekil 6. 96: Kartalkaya Barajı genel vaziyet planı.	120
Şekil 6. 97: Kartalkaya Barajı enkesiti.	121
Şekil 6. 98: Kartalkaya Barajı memba görünümü.	121
Şekil 6. 99: Kartalkaya Barajı mansap görünümü.	121
Şekil 6. 100: Kartalkaya Barajı mansap görünümü.	122
Şekil 6. 101: Kret üzerindeki çatlaklar ve memba yönlü oturma.	122
Şekil 6. 102: Kret üzerindeki çatlak G:80 cm D:100 cm.	123
Şekil 6. 103: Kret üzerindeki çatlak G:80 cm D:100 cm	123
Şekil 6. 104: Kret memba şev birleşimindeki memba yönlü hareket.	124
Şekil 6. 105: Krette oluşan enine çatlaklar.	124
Şekil 6. 106: Kret boyunca oluşan çatlaklar ve mansap şevi görünümü.	125
Şekil 6. 107: Dolusavak yaklaşım kanalı sağ kanat duvarındaki çatlaklar.	125
Şekil 6. 108: Dolusavak yaklaşım kanalı sağ kanat duvarındaki çatlaklar.	126
Şekil 6. 109: Dolusavak boşaltım kanalı sol sahil şevi ve radyal kapaklar.	126
Şekil 6. 110: Sağ sahilde yer alan dipsavak çıkışı ve santral binası.	127
Şekil 6. 111: Santral binası çevresi ve kaya düşmeleri.	127
Şekil 6. 112: Farklı zemin koşullarındaki iki aynı tip yapının davranışı.	128
Şekil 6. 113: Farklı zemin koşullarındaki iki aynı tip yapının davranışı.	128
Şekil 6. 114: Santral binası depremler öncesi ve sonrası uydu görüntüsü.	129

Şekil 6. 115: Çetintepe Barajı ve depremlerin konumu.	129
Şekil 6. 116: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Çetintepe Barajı.	131
Şekil 6. 117: Çetintepe Barajı depremler öncesi uydu görünümü.	131
Şekil 6. 118: Çetintepe Barajı depremler sonrası uydu görünümü.	131
Şekil 6. 119: Çetintepe Barajı gövde maksimum enkesiti.	132
Şekil 6. 120: Çetintepe Barajı depremler sonrası krette oluşan çatlaklar ve düşen dolusavak köprüsü girişleri.	132
Şekil 6. 121: Büyükkızılcık Göleti ve depremlerin konumu.	133
Şekil 6. 122: Elbistan Depremi şiddet haritası ve Büyükkızılcık Göleti.	134
Şekil 6. 123: Kılavuzlu Barajı ve depremlerin konumu.	134
Şekil 6. 124: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Kılavuzlu Barajı.	135
Şekil 6. 125: Kılavuzlu Barajı uydu görünümü.	136
Şekil 6. 126: Kılavuzlu Barajı enkesit görünümü.	136
Şekil 6. 127: Kılavuzlu Barajı kretinde oluşan oturma ve memba yönlü yanal hareket.	136
Şekil 6. 128: Büyük Karaçay Barajı, Hatay.	137
Şekil 6. 129: Hassa Demrek Göleti, Hatay.	138
Şekil 6. 130: Çat Barajı, Malatya.	138
Şekil 6. 131: Sürgü Barajı, Malatya.	139
Şekil 6. 132: Sürgü Barajı, Malatya.	139
Şekil 6. 133: Nurdağı Hamidiye Göleti, Gaziantep.	140
Şekil 6. 134: Kandil Barajı, Kahramanmaraş.	141
Şekil 6. 135: Kandil Barajı, Kahramanmaraş	141
Şekil 6. 136: Kapıkaya Turgut Özal Barajı, Malatya.	142
Şekil 6. 137: Polat Barajı, Malatya.	142
Şekil 6. 138: Boztepe Recai Kutun Barajı, Malatya.	143
Şekil 6. 139: Hamidiye Göleti sağ sahil Gaziantep.	143
Şekil 6. 140: Kurtuluşoğusku Göleti kret sağ sahil, Hatay.	144
Şekil 6. 141: Kartalkaya Barajı, dolusavak, dipsavak ve santral binası, Maraş.	144
Şekil 6. 142: Mustafa Kemal Paşa Göleti, Hatay.	145
Şekil 6. 143: Tahtaköprü Barajı, Hatay.	146
Şekil 6. 144: Kandil Barajı Dolusavak Yapısı, Kahramanmaraş.	147
Şekil 6. 145: Menzelet Barajı, Kahramanmaraş.	147
Şekil 7. 1: Pazarcık (Mw 7.8) ve Elbistan (Mw 7.5) depremleri için azalım ilişkisi grafiği, A sınıfı zemin	149
Şekil 7. 2: Pazarcık (Mw 7.8) ve Elbistan (Mw 7.5) depremleri için azalım ilişkisi grafiği, B sınıfı zemin	149
Şekil 7. 3: Pazarcık (Mw 7.8) ve Elbistan (Mw 7.5) depremleri için azalım ilişkisi grafiği, C sınıfı zemin.	150
Şekil 7. 4: Pazarcık (Mw 7.8) Depreminin A sınıfı ve C sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği	151
Şekil 7. 5: Yapı-zemin etkileşimi farklı zemin koşullarındaki iki aynı tip yapımı davranışı, Kartalkaya Barajı, Pazarcık, Kahramanmaraş.	151
Şekil 7. 6: Pazarcık (Mw 7.8) Depreminin A sınıfı ve C sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği.	152
Şekil 7. 7: Pazarcık (Mw 7.8) ve Elbistan (Mw 7.5) depremleri için azalım ilişkisi grafiği, Chiou & Youngs (2014).	152
Şekil 7. 8: Pazarcık Depremi için haritaya işlenen istasyon yerleri.	153
Şekil 7. 9: Elbistan Depremi için haritaya işlenen istasyon yerleri.	154
Şekil 7. 10: Maraş Depremleri için haritaya işlenen 110 istasyon.	154

Şekil 7. 11: Pazarcık (Mw 7.8) Depremi istasyon pik yer ivmeleri ve A sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği karşılaştırması.	155
Şekil 7. 12: Pazarcık (Mw 7.8) Depremi istasyon pik yer ivmeleri ve C sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği karşılaştırması.	155
Şekil 7. 13: Elbistan Depremi (Mw 7.5) istasyon pik yer ivmeleri ve A sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği karşılaştırması.	156
Şekil 7. 14: Elbistan Depremi (Mw 7.5) istasyon pik yer ivmeleri ve C sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği karşılaştırması.	156
Şekil 7. 15: Pazarcık (Mw 7.8) Depremi istasyon pik yer ivmeleri karşılaştırması.	157
Şekil 7. 16: Elbistan Depremi (Mw 7.5) istasyon pik yer ivmeleri karşılaştırması.	157
Şekil 7. 17: Değerlendirmesi yapılan 68 barajın lokasyonları ve Maraş Depremleri.	158
Şekil 7. 18: Barajların ve istasyonların bir arada konumu.	159
Şekil 7. 19: Barajların Pazarcık Depremi (Mw 7.8) merkez üssüne olan mesafeleri ve baraj sahası pik yer ivme değerleri.	160
Şekil 7. 20: Barajların Elbistan Depremi (Mw 7.5) merkez üssüne olan mesafeleri ve baraj sahası pik yer ivme değerleri.	160
Şekil 7. 21: Barajların Pazarcık Depremi (Mw 7.8) merkez üssüne olan mesafeleri ve baraj sahası pik yer ivme değerleri ile Boore vd.(1993) azalım denklemi eğrisi.	161
Şekil 7. 22: Barajların Elbistan Depremi (Mw 7.5) merkez üssüne olan mesafeleri ve baraj sahası pik yer ivme değerleri ile Boore vd.(1993) azalım denklemi eğrisi.	162
Şekil 7. 23: Pazarcık Depremi (Mw 7.8) istasyon kayıtları ve baraj sahası pik yer ivme değerleri ile baraj hasar sınıfları.	163
Şekil 7. 24: Mustafa Kemal Paşa Göleti ve yüzey kırıklarının konumu Rrup:5.5 km.	164
Şekil 7. 25: Elbistan Depremi (Mw 7.5) istasyon kayıtları ve baraj sahası pik yer ivme değerleri ile baraj hasar sınıfları.	165
Şekil 7. 26: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve ağır hasarlı barajlar.	166
Şekil 7. 27: Elbistan Depremi şiddet haritası ve ağır hasarlı barajlar.	167
Şekil 7. 28: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve orta hasarlı barajlar.	167
Şekil 7. 29: Elbistan Depremi şiddet haritası ve orta hasarlı barajlar.	168
Şekil 7. 30: Depolamalı tesislerin Baraj ve Gölet olarak dağılımı.	169
Şekil 7. 31: Deprem Bölgesindeki büyük barajların dağılımı.	169
Şekil 7. 32: Baraj ve göletlerin yükseklik ortalamaları.	170
Şekil 7. 33: Deprem Bölgesindeki baraj ve göletlerin hasar durumu.	171
Şekil 7. 34: Baraj ve göletlerde hasar sınıfı dağılımı.	171
Şekil 7. 35: 68 Barajın ortalama doluluk oranları.	172
Şekil 7. 36: Deprem Bölgesindeki barajların tipine göre dağılımı.	173
Şekil 7. 37: Deprem Bölgesindeki barajların tipine göre dağılımı.	173
Şekil 7. 38: Deprem Bölgesindeki beton barajların tipine göre dağılımı.	174
Şekil 7. 39: Deprem Bölgesindeki tüm barajların yaşına göre dağılımı.	175
Şekil 7. 40: Deprem Bölgesindeki dolgu barajların yaşına göre hasar durumu.	175
Şekil 7. 41: Deprem Bölgesindeki dolgu barajların yaşına göre hasar sınıfı dağılımı.	176
Şekil 7. 42: Deprem Bölgesindeki barajların tipine göre hasar durumu.	176
Şekil 7. 43: Deprem Bölgesindeki dolgu barajların hasar sınıfı dağılımı.	177
Şekil 7. 44: Deprem Bölgesindeki dolgu barajların tipine göre hasar durumu.	178
Şekil 7. 45: Deprem Bölgesindeki dolgu barajların hasar tipine göre hasar sınıfı.	178

Şekil 7. 46: Deprem Bölgesindeki kil çekirdek barajların hasar durumu.	179
Şekil 7. 47: Kil çekirdek dolgu barajların tipine göre hasar durumu.	179
Şekil 7. 48: Dolgu barajların yüksekliğe göre hasar sınıfı dağılımı.	180



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 5. 1: Swaisgood (1995,1998) hasar tanımlama parametreleri.	64
Tablo 5. 2: Swaisgood (1995,1998) hasar tanımlama parametreleri.	64
Tablo 5. 3: ICOLD (1989) hasar tanımlama parametreleri.	65
Tablo 5. 4: Pells ve Fell (2003) tarafından önerilen hasar sınıflandırması.	65
Tablo 5. 5: Pells ve Fell (2003) Deprem Mw büyüklüğü ve PGA ilişkisi.	66
Tablo 5. 6: WRHP (2008) tarafından önerilen hasar sınıflandırması.	67
Tablo 6. 1: Bu çalışmada kullanılan hasar sınıfı tespit parametreleri.	70
Tablo 6. 2: Ağır hasarlı barajların listesi.	74
Tablo 6. 3: Arıklıkış Göleti karakteristik bilgileri.	75
Tablo 6. 4: Kurtlusoguksu Göletinin karakteristik bilgileri.	82
Tablo 6. 5: Reyhanlı Barajı karakteristik bilgileri.	87
Tablo 6. 6: Sultansuyu Barajı karakteristik bilgileri.	94
Tablo 6. 7: Erkenek Göleti Karakteristik Bilgileri.	100
Tablo 6. 8: Orta hasarlı barajların listesi.	106
Tablo 6. 9: Kalecik Barajı karakteristik bilgileri.	107
Tablo 6. 10: Yarseli Barajı karakteristik bilgileri.	113
Tablo 6. 11: Kartalkaya Barajı karakteristik bilgileri.	118
Tablo 6. 12: Çetintepe Barajı karakteristik bilgileri.	130
Tablo 6. 13: Büyükkızılcık Göleti karakteristik bilgileri.	133
Tablo 6. 14: Kılavuzlu Barajı Karakteristik Bilgileri.	135
Tablo 6. 15: Kandil Barajı, ivme kayıtları ve Repi mesafeleri.	140
Tablo 6. 16: Ön incelemesi yapılan Barajlar.	192
Tablo 6. 17: Detaylı incelemesi yapılan 68 Baraj.	204
Tablo 6. 18: Hafif Hasarlı Barajların Listesi.	211
Tablo 6. 19: Hafif Hasarlı Barajların Listesi.	213
Tablo 6. 20: Geçmiş depremler sonrası yıkılmış barajlar.	222
Tablo 6. 21: Geçmiş depremler sonrası ağır hasar almış barajlar.	224
Tablo 7. 1: Boore vd. (1993) azalım denklemleri için zemin sınıfı tanımları.	148
Tablo 7. 2: Değerlendirmesi yapılan 68 barajın merkez üslerine olan uzaklıkları.	159
Tablo 7. 3: Ağır hasarlı barajların Repi ve hesaplanan Sa değerleri.	166

1. GİRİŞ

Deprem Bölgeleri Haritasına göre, ülkemizin yüzde 92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusumuzun yüzde 95'inin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve büyük sanayi kentlerinin yüzde 98'i ve barajlarımızın % 93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir. Uzmanlar, "Türkiye nüfusunun yüzde 60'a yakınının, faal olan ve zarar verebilen deprem alanları üzerinde yerleştiği"ni dile getirmektedir [TBMM, 2023].

Barajlar, içmesuyu temini, taşkın koruma, sulama ve enerji üretimi gibi önemli işlevleri yerine getirmek üzere suyu depolayan büyük yapılar olarak hayati bir öneme sahiptir. Ancak, Türkiye gibi deprem riski yüksek olan bölgelerde bulunan barajlar, potansiyel olarak deprem etkisi altında kalabilir ve hasara uğrayabilirler. Bu nedenle, barajların deprem sonrası hasar tespitinin yapılması, baraj emniyetinin sağlanması ve yapıların korunması çok önemlidir. Türkiye'de baraj sayısı güncel verilere göre 992'ye ulaşmıştır [DSİ, 2023].

Deprem hasar tespiti, baraj yapılarının deprem sırasında nasıl davrandığını ve potansiyel hasar noktalarını belirlemeyi amaçlar. Bu inceleme barajların dayanıklılığını ve performansını değerlendirmek için önemli bir süreçtir. Deprem hasar tespiti çalışmaları, barajın tasarımı, malzeme kalitesi, inşaat süreci ve deprem etkisi gibi bir dizi faktörü dikkate alarak gerçekleştirilir. Bu tür bir tespit çalışması, yerinde gözlem ve yapısal analiz yöntemlerinin kullanılmasını gerektirir. Deprem sonrası gözlem ve denetimler, yapıdaki herhangi bir hasarı tespit etmek için yapılır. Hasarın türü, boyutu ve yoğunluğu belirlenir ve yapısal bütünlüğün ne ölçüde etkilendiği değerlendirilir. Ayrıca, yapısal analizler ve sayısal modellemeler kullanılarak barajın davranışı daha ayrıntılı bir şekilde incelenir.

Deprem hasar tespiti çalışmaları, barajlar emniyeti için kritik olan hasarlı bölgelerin belirlenmesini ve gerekli onarım veya güçlendirme önlemlerinin alınmasını sağlar. Bu tespit çalışmaları aynı zamanda gelecekteki depremlere karşı barajların direncini artırmak ve riskleri azaltmak için de kullanılır. Böylece, baraj ve ilgili yapıların uzun

yıllar emniyetini sağlamak ve su kaynaklarının kesintisiz kullanımını temin etmek amaçlanır. Barajlarda deprem hasar tespiti yapılması, barajların emniyetini sağlamak, potansiyel riskleri belirlemek ve uygun önlemleri almak için hayati öneme sahiptir. Bu tür çalışmalar, baraj projelerinin sismik tasarım parametrelerinin iyileştirilmesine, yapısal bütünlüğün korunmasına ve su kaynaklarının güvenli bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunmaktadır.

Son yıllarda Çin, Endonezya, Haiti, Yeni Zelanda, Şili, Pakistan ve Japonya gibi çeşitli ülkelerde şiddetli depremler meydana gelmiştir. Bu depremler tsunamiye, ciddi can ve mal kayıplarına yol açmıştır. Dünya genelinde 50.000'in üzerinde büyük baraj bulunmaktadır ve birçoğu deprem açısından aktif bölgelerde yer almaktadır. Bu nedenle, farklı tipteki barajların sismik performansını değerlendirmek büyük bir önem arz etmektedir. Genel olarak, barajlar depremlerde iyi performans göstermektedir ve birkaçı hasar görmüş olsa da hasarın boyutu nispeten sınırlı olmuştur. Bununla birlikte, özellikle sıvılaşma riski ve aktif fayları kesen barajlar endişe kaynağı olmaya devam etmektedir [Hinks vd., 2012]. Barajlar genellikle normal işletme koşullarında yeterli emniyet faktörlerine sahip sağlam yapılar olarak tasarlanmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasının amacı, barajlarda deprem hasarlarının tespit edilmesi için etkili yöntemlerin incelenmesi ve uygulanabilirliğinin araştırılması ayrıca Kahramanmaraş Depremleri sonrası deprem bölgesinde yer alan barajların hasar tespitlerinin bu araştırmalar doğrultusunda yapılarak bazı sonuçlar çıkarılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda, mevcut literatür ve teknik kaynaklar üzerinde bir derleme yapılacak ve baraj yapılarının deprem etkilerine karşı nasıl tepki verdiği analiz edilecektir. Ayrıca, yerinde gözlem, yapısal analiz ve sayısal modelleme gibi yöntemlerin deprem hasar tespiti için ne derecede etkili olduğu değerlendirilecektir. Elde edilen sonuçlarla, barajların emniyeti ve risk azaltma stratejileri açısından önemli bir katkının sağlanması hedeflenmektedir. Bu çalışma, baraj yapılarının deprem hasarlarının tespiti ve gelecekteki depremlere karşı dayanıklılığının artırılması konusunda mühendislik uygulamalarına katkı sağlayabilmeyi amaç edinmiştir.

2. BARAJLAR

"Baraj" kelimesi Fransızca "barrage" kelimesinden gelmektedir ve köken olarak Fransızca'da "barrer" fiilinden türetilmiştir. Bu da "engellemek" veya "kapatmak" anlamına gelmektedir. Dilimizde de kullanılan "bariyer" kelimesinin anlamı "engel" demektir. Baraj, suyun akışını engellemek, önünü kapamak ve su biriktirmek için inşa edilen bir yapıyı ifade eder. Bu kelime, zamanla diğer dillerde de kullanılmaya başlanmış ve dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir terim haline gelmiş ve dilimizde kullanılan bent ve set(sedde) kelimelerinin de yerini almıştır.

Barajlar suyun toplanması, depolanması ve yönlendirilmesi için yapılan mühendislik yapılarıdır. Barajlar, nehirlerin akışını kontrol ederek suyu biriktirir ve bu suyu enerji üretimi, sulama, içmesuyu sağlama, taşkınları kontrol etme ve endüstriyel kullanım gibi amaçlarla kullanılabilir hale getirir. Genellikle beton, toprak veya kaya gibi malzemelerden yapılır, suyun akışını kontrol etmek ve düzenlemek için tasarlanır.

Tarih boyunca, barajlar içmesuyu temini ve sulama için inşa edilirken, günümüzde çok amaçlı mühendislik yapılarına dönüşmüş ve birden çok amaç için hizmet vermektedir. Ülkeler geliştikçe, düzenli su temini, taşkın kontrolü, ulaşım, su kalitesinin iyileştirilmesi ve enerji üretimi gibi ihtiyaçlar giderek büyük önem kazanmıştır.

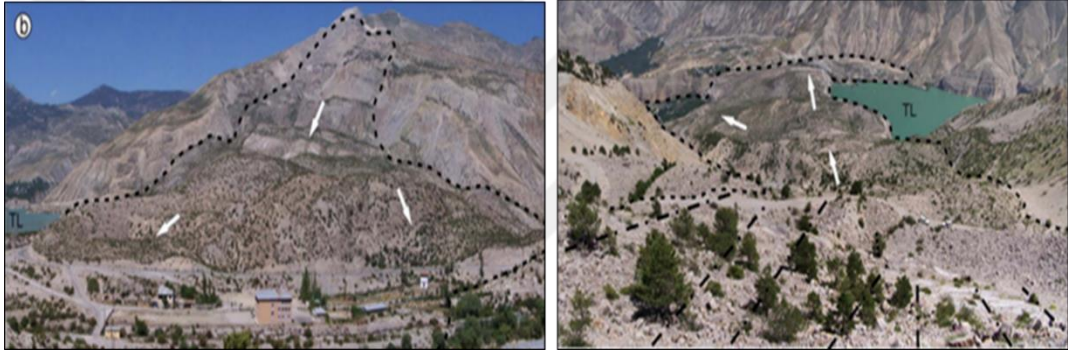
Özellikle gelişmekte olan ülkeler için, çok amaçlı barajlar yöre halkının kalkınması ve ülke ekonomisi açısından önemli bir yatırımı temsil etmektedir. Çok amaçlı barajların inşası, sürdürülebilir kalkınmaya çok önemli katkılar sağlamaktadır.

2.1 Barajların Tarihçesi

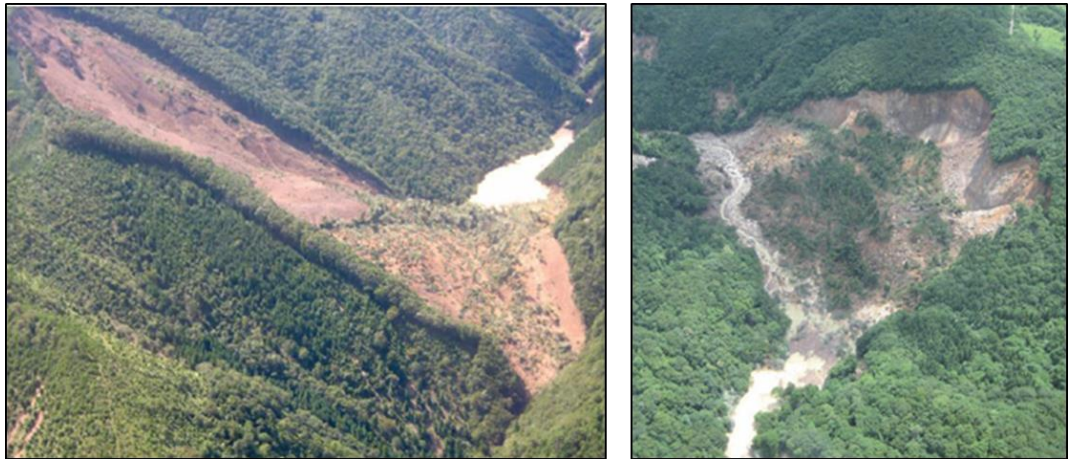
Barajların tarihçesi araştırılırken depremlerin, heyelanların ve volkanik patlamaların olduğu tarihten bu yana herhangi bir yapım tekniği olmaksızın barajların yeryüzünde olduğu kabul edilmektedir. Geçmişte özellikle depremlerin tetikleme ile vadilerde yamaçlar boyunca kayan büyük zemin kütleleri akarsuların önünü kapatarak büyük heyelan göletleri ve deprem barajları oluşturmuştur. Ancak bu olayın çok hızlı gelişmesi ve oluşan doğal göletin tahrip olması ya da sediment ile dolması ile çoğu

yok olmuştur [Bonnard, 2006]. Günümüze kadar gelebilen ya da yakın tarihimizde oluşan deprem kaynaklı heyelan barajları ülkemizde ve dünya literatüründe yaygın olarak mevcuttur. Şekil 2.1’de Erzurum ilinde yer alan ve heyelan sonrası oluşan Tortum gölü gösterilmektedir [Duman, 2008]. Japonya’da 2008 yılındaki 7.2 büyüklüğündeki deprem ve 2011 yılındaki tayfun sonrası oluşan birçok deprem rezervuarından (quake-lake) ikisi gösterilmiştir (Şekil 2.2); [Ishizuka and Osanai, 2012]. Yine Şekil 2.3’te Yeni Zelanda’da oluşan bir heyelan baraj gölü örneği verilmiştir [Hancox et al, 2005].

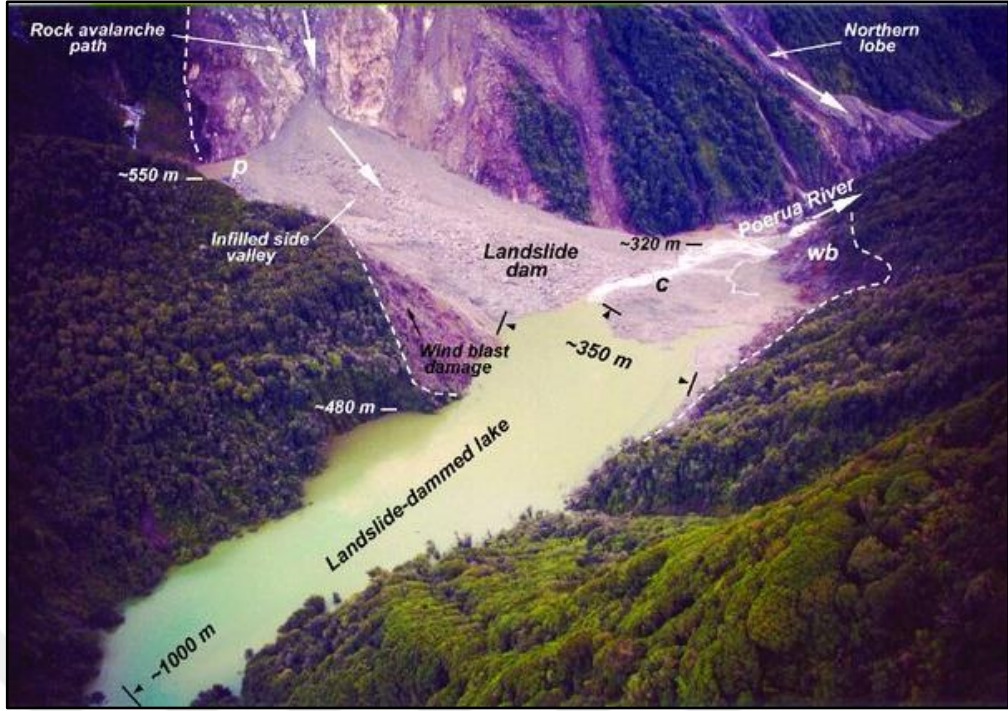
Ayrıca çok eski zamanlara M.Ö. 6000 yılına ait izleri olan Jishi Gorge heyelan baraj gölü gibi örnekler de bulunmaktadır [Dong, 2017].



Şekil 2. 1: Heyelan sonrası oluşan Tortum Gölü, Erzurum.



Şekil 2. 2: Heyelan baraj gölleri Nagatona, Japonya.

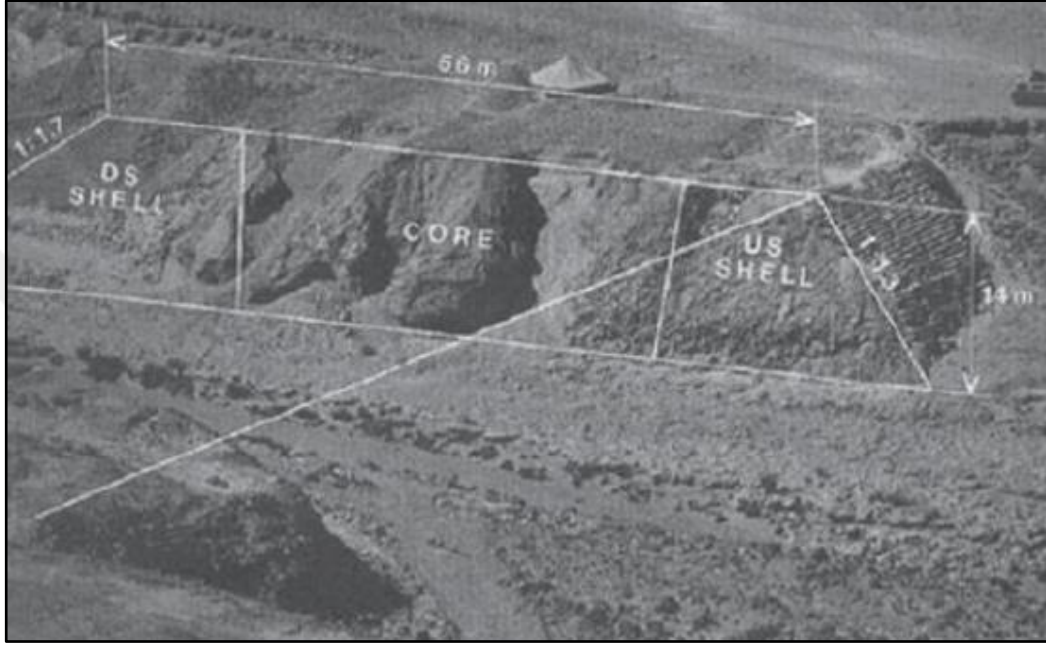


Şekil 2. 3: Heyelan Baraj Gölü Poerua Nehri, Yeni Zelanda.

Baraj yapımının tarihçesinden bahsederken ilk baraj mühendisleri olan kunduzlardan da bahsetmek gerekir. Gerçekten kunduzlar yeryüzündeki ilk baraj mühendisleridir. Barajları, toprak, taş ve ağaç birleşimlerini kullanarak ekosistemle uyum içinde günümüz baraj mühendisliğinde de yaygın olarak kullanılan nehrin en dar bölgesini seçerek zamandan ve malzemedan ciddi tasarruf sağlayıp, yapıya kemer formunu vererek inşa eden ilk doğal baraj mühendisleridir. Dünyanın en uzun kunduz barajı 850 metre uzunluğunda ve Kanada'nın Alberta eyaletindeki Wood Buffalo Ulusal Parkında bulunmaktadır. Montana'daki başka bir kunduz barajı ise temelden 4.3 metre yüksekliğinde yine kunduzlar tarafından inşa edilmiştir [Web 1, 2023].

Baraj yapımının tarihi, sulama amaçlı olarak Irak, Ürdün ve Hindistan'da inşa edilen rezervuarlara dayanmaktadır. M.Ö. 3000'li yıllarda Mehir'in başkenti olarak bilinen bir yerde, içmesuyu sağlamak amacıyla Nil Nehri'ni çevreleyen 15 metre yüksekliğinde ve 450 metre uzunluğunda bir kargir baraj inşa edildiği Herodot tarihinde yer almaktadır. Ayrıca, Jawa Barajı olarak bilinen ve Jawa kentine su sağlamak amacıyla M.Ö. 3000'lerde inşa edildiği düşünülen, kalıntılara hala rastlanabilen 5 metre yüksekliğinde bir sedde niteliğinde eski bir baraj mevcuttur.

Mısır'da ise Garawi vadisinde, Nil'in doğu kollarından kalma olduğu belirlenen ve M.Ö. 2600 yıllarında inşa edilen 12 metre yüksekliğinde Sadd-el-Kafara isimli bir dolgu baraj bulunmaktadır. Sadd-el-Kafara Barajı, yaklaşık 100 yıl önce kalıntılarına rastlanan ve 14 metre yüksekliğe ve 113 metre uzunluğa sahip olan bir barajdır (Şekil 2.4); [Pinto, 2015].



Şekil 2. 4: Mısırda bulunan Sadd-el-Kafara dolgu barajı.

Medeniyetlerin beşığı olan Anadolu coğrafyasında yaklaşık 4000 yılı aşkın süredir devam eden hidrolik mühendislik çalışmalarının izleri ve kalıntılarına rastlanmakta bu eserler Türkiye'yi tarihi su yapıları açısından çok zenginleştirmektedir. Anadolu'nun merkezinde MÖ 2000 yıllarında Hititlerden, Doğu Anadolu yöresinde MÖ 1000-500 yılları arasında Urartulardan; Batı ve Güneydoğu Anadolu'da MÖ 500 ve MÖ 5. yüzyıl arasında Helenistik, Roma ve Bizans dönemlerinden; MS 10. yüzyıldan sonra Osmanlı ve Selçuklu dönemlerinden kalma pek çok tarihi su yapısı ve kalıntısı mevcuttur [TRCOLD 2014].

2.1 Barajların Temel Amaçları

Çoğu baraj tek bir amaç için inşa edilir. Günümüzde çok amaçlı barajların sayısı her geçen gün artmaktadır. Barajların yapılış amaçları içinde en yaygın olanı tarımsal sulamadır. Tek amaçlı barajlar arasında, %47'si sulama, %20'si hidroelektrik (elektrik üretimi), %11'i su temini, %8'i taşkın kontrolü, %6'sı ulaşım, balık yetiştiriciliği, atık depolama ve %5'i rekreasyon için kullanılmaktadır [WRD, 2023]. Bir barajın temel amaçları aşağıda sıralanmıştır.

Su Depolama: Barajlar, rezervuarda su depolayarak ihtiyaç duyulduğunda düzenli bir şekilde su teminine imkân verir. Bu depolanmış su, içmesuyu temini, tarımsal sulama veya endüstriyel kullanım gibi çeşitli amaçlar için kullanılabilir.

Su Temini: Barajlar, yoğun nüfus ve endüstri tesisleri için düzenli ve kesintisiz bir su sağlar. Yağışın bol olduğu dönemlerde suyu depolar ve kurak dönemler için, içme, kullanma ve endüstriyel su ihtiyaçları için temiz su erişimini güvence altına alır.

Taşkın Kontrolü: Barajlar, yoğun yağış veya kar erimesi sonrasında suyun akışını düzenleyerek sel ve ani taşkın riskini azaltmaya yardımcı olur. Debinin yüksek olduğu dönemlerde fazla suyu depolayabilir ve bunu mansaba kontrollü bir şekilde bırakarak, daha alt kotlardaki sel tehlikelerini azaltır.

Sulama: Barajlar, suyu rezervuarda depolayarak tarımsal alanlara kanallar, borular veya tüneller aracılığıyla ileterek özellikle kurak sezonlarda sulamayı kolaylaştırır. Bu amaç tarımsal verimliliği desteklemek için çok önemlidir.

Hidroelektrik Enerji Üretimi: Bir baraj rezervuarında biriken suyun potansiyel enerjisinden türbinler aracılığıyla mekanik enerji ve ardından yenilenebilir bir enerji kaynağı olan hidroelektrik enerji üretilir. Barajlardaki hidroelektrik santraller, biriken suyun potansiyel enerjisini kullanarak konutlar, ticari işletmeler ve endüstriyel sanayi tesisleri için elektrik üretir.

Taşımacılık: Nehir taşımacılığı, barajlar, asansör sistemleri ve rezervuarlar kullanılarak gerçekleştirilen kapsamlı havza planlaması ve geliştirme sonucunda bölgesel ve ulusal ekonomik faydaların gerçekleştirilmesinde önemli bir rol oynar.

2.2 Baraj Tipleri ve Sınıflandırması

Baraj tipinin seçiminde birçok faktör etkili olmaktadır. Topoğrafya, iklim şartları, zemin özellikleri, depremsellik, maliyet, inşaat süresi ve yapı malzemesinin mevcudiyeti gibi faktörler, baraj tipinin seçiminde genel olarak dikkate alınan önemli bazı kriterlerdir.

Baraj mühendisliğinde; baraj tipleri birçok parametreye bağlı olarak sınıflandırılabilir. Barajlar; büyüklüklerine, yüksekliklerine, yapılış amaçlarına, fonksiyonlarına, hidrolik özelliklerine ve gövde malzemesine göre sınıflandırılabilir. En yaygın olarak kullanılan sınıflandırmaya göre gövdede kullanılan malzemeye göre barajlar Dolgu Barajlar, Beton Barajlar ve Kompozit Barajlar olmak üzere üç başlıkta toplanabilir. Ayrıca literatürde kargir, ahşap, çelik ve lastik tipinde barajlar da bulunmaktadır [TRCOLD, 2014].

2.2.1 Dolgu Barajlar

Baraj gövdeleri kaya, çakıl, kum ve kil gibi doğal malzemelerin kullanımı ile oluşturulan barajlardır. Bu malzemeler baraj sahasından temin edilir, baraj gövdesine taşınır ve güçlü iş makineleri yardımıyla sıkıştırılarak dolgu baraj gövdesi oluşturulur. Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu (ICOLD) verilerine göre dünyada mevcut barajların yaklaşık %81'ini dolgu barajlar oluşturmaktadır. Dolgu malzemesinin baraj sahasına yakın olması, doğrudan temin edilebilmesi, çok fazla işçilik gerektirmemesi gibi sebeplerle tercih edilmektedir. Türkiye'deki barajların çoğunluğu da dolgu barajlardan oluşmaktadır [TRCOLD, 2014]. Dolgu barajların sınıflandırması yapılırken geçirimsizliği hangi malzeme ile gövdenin hangi bölgesinde sağladığına ve gövde dolgusunda hangi malzemenin kullanıldığına bakılmaktadır. Buna göre tek bir malzemeyle geçirimsizliği tüm gövde boyunca sağlayan barajlara Homojen Dolgu Barajlar, geçirimsizliği gövde içinde çekirdekte sağlayan barajlara Geçirimsiz

Çekirdekli Dolgu Barajlar ve geçirimsizliği gövde ön yüzünde sağlayan barajlara da Ön Yüzü Geçirimsiz Dolgu Barajlar denilmektedir [TRCOLD, 2014].

Gövde dolgusunun memba ve mansap dolgu şevlerini korumak için çeşitli önlemler alınmaktadır. Gövdenin memba şevindeki baraj dolgusunda rezervardaki su dalgalarının olumsuz etkisini önlemek için riprap ve kabuk dolgu içindeki ince malzemenin yıkanmasını önlemek için filtre tüvenan malzeme kullanılmaktadır.

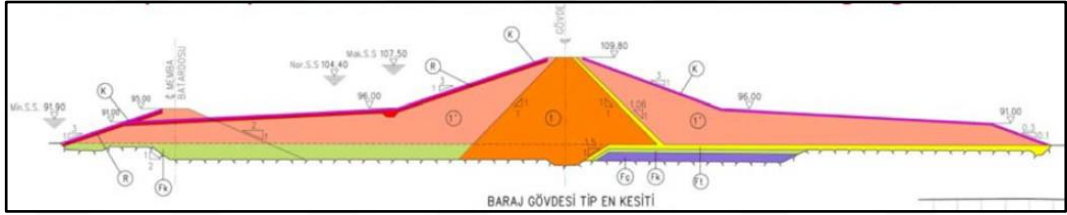
Baraj mansap dolgusunda kum çakıl veya kil malzeme kullanılması halinde, mansap şevi açıkta yağmur sularının ve rüzgarın erozyonuna maruz kalmaktadır. Bunu önlemek amacı ile mansap şevinin üzeri koruyucu örtü tabakası ile örtülmektedir.

Homojen dolgu tipi baraj rezervuarları uzun süre dolu tutularak malzemenin doymuş hale gelmesinden sonra ani boşalmalarda, memba şevlerinin kaymaması için çok yatık şevli tertip edilmeleri gerekir [DSİ, 2014a]. Genellikle 30 m yüksekliğin altında olan barajlar için uygulanmakla birlikte günümüzde kullanımı çok tercih edilmemektedir. 30 m'nin üstündeki yükseklikler için memba ve mansap şevleri için ilave drenaj ve filtre tedbirleri alıp tasarımı ona göre yapmak gerekmektedir [DSİ, 2014a].

Edirne'de bulunan Karaidemir Barajı (Şekil 2.5) ve Konya'da bulunan May Barajı (Şekil 2.7), ülkemizdeki homojen toprak dolgu baraj tipinde yapılmış örneklerdir [TRCOLD, 2014]. Örnek verilen barajlara ait gövde enkesitleri de ayrıca gösterilmiştir (Şekil 2.6); (Şekil 2.8), [TRCOLD, 2014]; [TRCOLD, 2016].



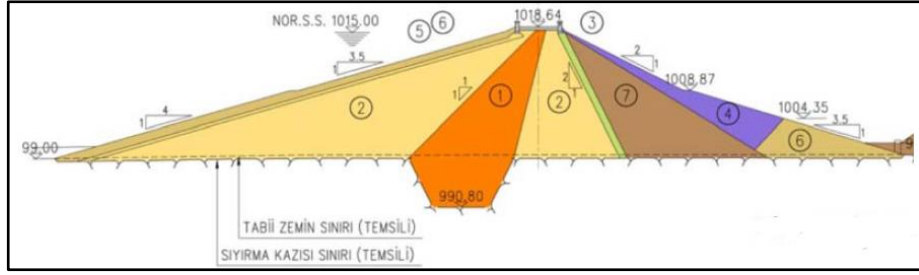
Şekil 2. 5: Homojen toprak dolgu Karaidemir Barajı, Tekirdağ.



Şekil 2. 6: Homojen toprak dolgu Karaidemir Barajı, Tekirdağ.



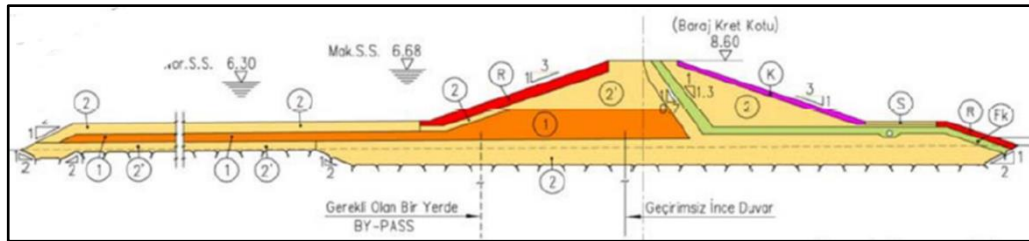
Şekil 2. 7: Homojen toprak dolgu May Barajı, Konya.



Şekil 2. 8: Homojen toprak dolgu May Barajı enkesiti, Konya.



Şekil 2. 9: Homojen toprak dolgu Büyükçekmece Barajı, İstanbul.



Şekil 2. 10: Homojen toprak dolgu Büyükçekmece Barajı, İstanbul.

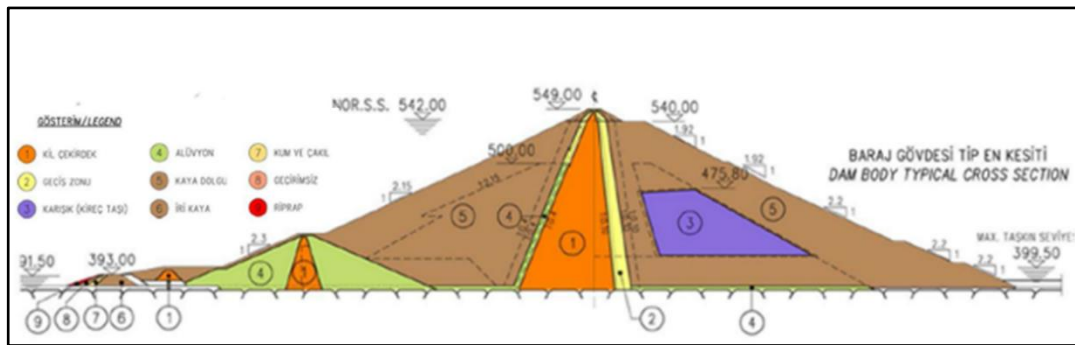
Geçirimsizliğin baraj gövdesinin merkezinde bulunan geçirimsiz bir malzemenin oluşturulan özel bir zon ile sağlandığı dolgu barajlar “Geçirimsiz Çekirdekli Dolgu Barajlar” olarak adlandırılır. Bu geçirimsiz çekirdek bölgesi genellikle sıkıştırılmış kil dolgu ile sağlanmakla beraber asfalt, beton vb. malzemeler kullanılan barajlar da bulunmaktadır. Kil Çekirdekli Barajlarda gövde dolgusunda kullanılan malzemenin granülometresine göre filtre tahkiki yapılarak filtre zonları tasarlanmaktadır.

Rezervuarın ani boşalması durumunda kilin memba kabuk dolgusuna doğru yıkanmasını önlemek için kil ve kabuk dolgu arasında düşey filtre tabakası tasarlanır. Kil çekirdek dolgusundan sızan suların mansap şevinden çıkmasını ve buna bağlı olarak da borulanma riskini ortadan kaldırmak ve sızan suların dolguya zarar vermeden tahliye edilmesini sağlamak amacıyla kil çekirdek mansabına düşey filtre ve buna bağlı olarak da mansap dolgu tabanında yatay filtre tasarlanır [DSİ, 2014a].

Şanlıurfa ili sınırları içerisinde, Fırat Nehri üzerinde sulama, enerji ve içmesuyu amacıyla kil çekirdekli kaya dolgu tipinde inşa edilen ve Türkiye'nin ve Avrupa'nın en büyük barajı olma özelliğine sahip Atatürk Barajı 1992 yılında işletmeye alınmıştır (Şekil 2.11); [Yüksek, 2009]. Şekil 2.13'de Atatürk Barajı memba ve mansap koruyucu riprap kaplaması gösterilmiştir [Yüksek, 2009]. Şekil 2.12'te Atatürk Barajı gövde enkesiti gösterilmiştir [TRCOLD, 2014].



Şekil 2. 11: Kil çekirdek kaya dolgu Atatürk Barajı, Şanlıurfa.



Şekil 2. 12: Kil çekirdek kaya dolgu Atatürk Barajı enkesiti.

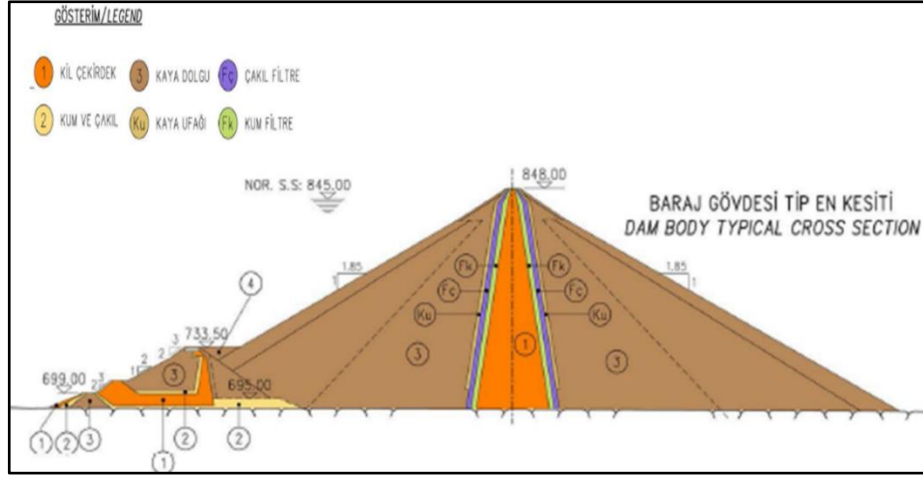


Şekil 2. 13: Atatürk Barajı memba ve mansap koruyucu riprap kaplaması.

Elazığ ili sınırları içerisinde, Fırat Nehri üzerinde enerji amacıyla kil çekirdekli kaya dolgu tipinde inşa edilen ve Türkiye'nin en büyük 2. barajı olma özelliğine sahip Keban Barajı 1974 yılında işletmeye alınmıştır (Şekil 2.14); [Yüksek, 2009]. Şekil 2.15'te Keban Barajı gövde enkesiti gösterilmiştir [TRCOLD, 2016].

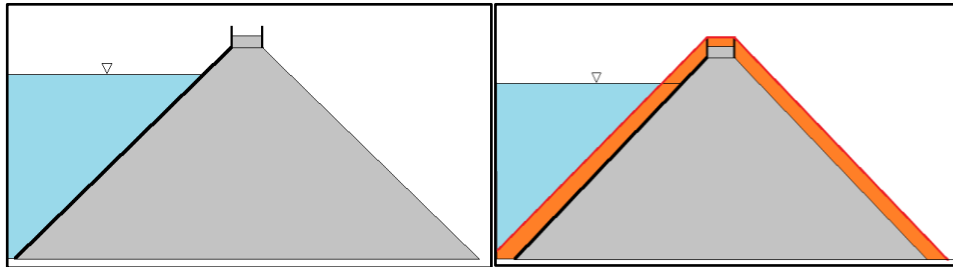


Şekil 2. 14: Kil çekirdek kaya dolgu Keban Barajı mansap görünümü, Elazığ.



Şekil 2. 15: Kil çekirdek kaya dolgu Keban Barajı enkesiti.

Geçirimsizliğin, barajın ön yüzünde beton, asfalt ve membran gibi malzemelerle sağlandığı barajlar “Ön Yüzü Geçirimsiz Dolgu Barajlar” olarak adlandırılır. Merkezi kil çekirdekli kaya dolgu barajlardan farklı olarak, ön yüzü beton kaplı kaya dolgu barajlar (ÖBKD) baraj kretinin hem memba hem de mansap tarafında beton parapet duvar yapımına imkân vermektedir. Kret seviyesinde yer alan parapet duvarın ana amacı, dolgu hacminin azaltılmasıdır. Şekil 2.16’da parapet duvarlı baraj kesiti ve azalan dolgu hacmi gösterilmiştir. Özellikle baraj mansabına doğru vadi açılıyorsa azalan dolgu hacmi baraj yüksekliği ile birlikte artmaktadır. Parapet duvarın en üst noktası (Kret Kotu) muhtemel maksimum taşkın sırasında dalga etkisini de dikkate alarak üsten su aşmayacak şekilde tasarlanmaktadır [DSİ, 2014a].



Şekil 2. 16: Parapet duvarlı ve parapet duvarsız baraj en kesiti.

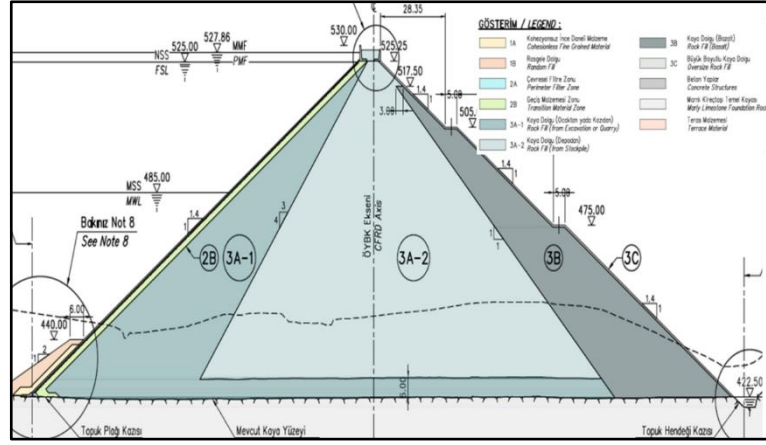
Şekil 2.17’de enerji maksadıyla inşa edilen ve 2020 yılında işletmeye alınan dünyanın en büyük ÖBKD barajı olan Ilısu Barajı gösterilmiştir [Yüksek, 2016]. Şekil 2.18’de ise enerji ve içmesuyu maksadıyla inşa edilen ve 2012 yılında işletmeye alınan ÖBKD tipinde olan Atasu Barajı gösterilmiştir [Yüksek, 2016].

ÖBKD baraj sistemlerinde belli ölçülerde sızma olağandır. Kaya dolgu ÖBKD’ler genelde açık bir sızma hattı sağladığı için içsel su basıncının artmasına ve iç erozyona tabi olmamaktadır, bu nedenle sızma yapısal problem oluşturmaz. Kum-çakıl dolgu barajlarda ise sızma hattı geçirimsizlik nedeni ile açık değildir. Dolayısı ile bu barajlarda içsel erozyon riski (borulanma) mevcut olup buna göre özel filtre veya katman tasarımı gerekmektedir [DSİ, 2014a].

Şekil 2.18 ve Şekil 2.20’de Ilısu Barajı ve Atasu Barajı gövde enkesiti gösterilmiştir [TRCOLD, 2016].



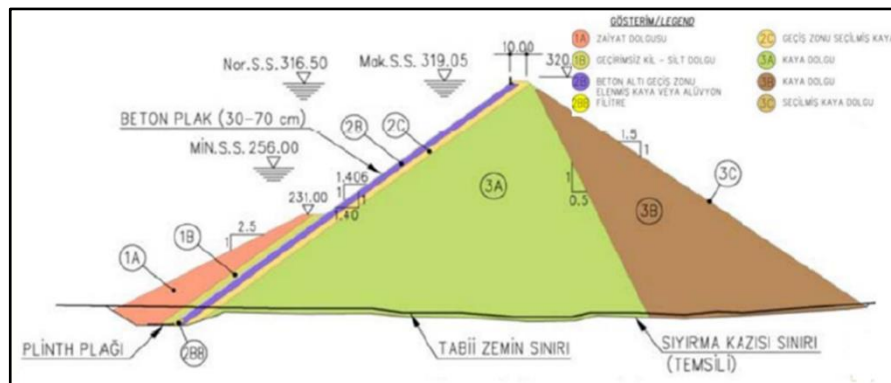
Şekil 2. 17: Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu Ilısu Barajı, Mardin.



Şekil 2. 18: ÖBKD Ilısu Barajı enkesiti.



Şekil 2. 19: Ön yüzü beton kaplı kaya dolgu Atasu Barajı, Trabzon.



Şekil 2. 20: ÖBKD Atasu Barajı enkesiti.

2.2.2 Beton Barajlar

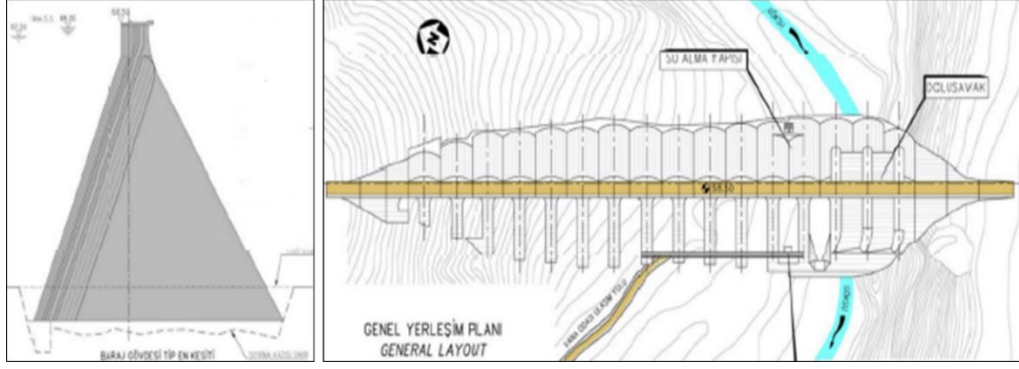
Beton barajlar, tasarımda öngörülen ve olması muhtemel tüm yüklerle karşı denge durumlarını, geometrileri, ağırlıkları ve malzeme dayanımları ile sağlayan barajlardır. Beton barajlarda esas olan tüm gövdenin geçirimsiz olmasıdır. Genellikle dar vadilerde ve sağlam temel kaya zeminler üzerine inşa edilirler. Dolusavak, dipsavak ve su alma yapıları baraj gövdesi üzerinde tasarlanabilirler. Beton barajlar, Ağırlık ve Kemer tipi olmak üzere iki gruba ayrılır [TRCOLD, 2014].

Beton ağırlık barajlar, tasarımda öngörülen tüm dış yüklerin etkisi sonucu meydana gelebilecek kayma ve devrilme gibi olumsuz durumlara karşı kendi ağırlığı ile mukavemet gösteren ve çoğunlukla dik üçgen en kesite sahip kütleli yapılardır [TRCOLD, 2014].

Şekil 2.21’de İstanbul ili sınırları içerisinde içmesuyu temini amacıyla inşa edilen ve 1955 yılında işletmeye alınan payandalı beton ağırlık baraj tipindeki Elmalı Barajı gösterilmiştir [Yüksek, 2018]. Şekil 2.22’de Elmalı Barajı gövde enkesiti gösterilmiştir [TRCOLD, 2016].

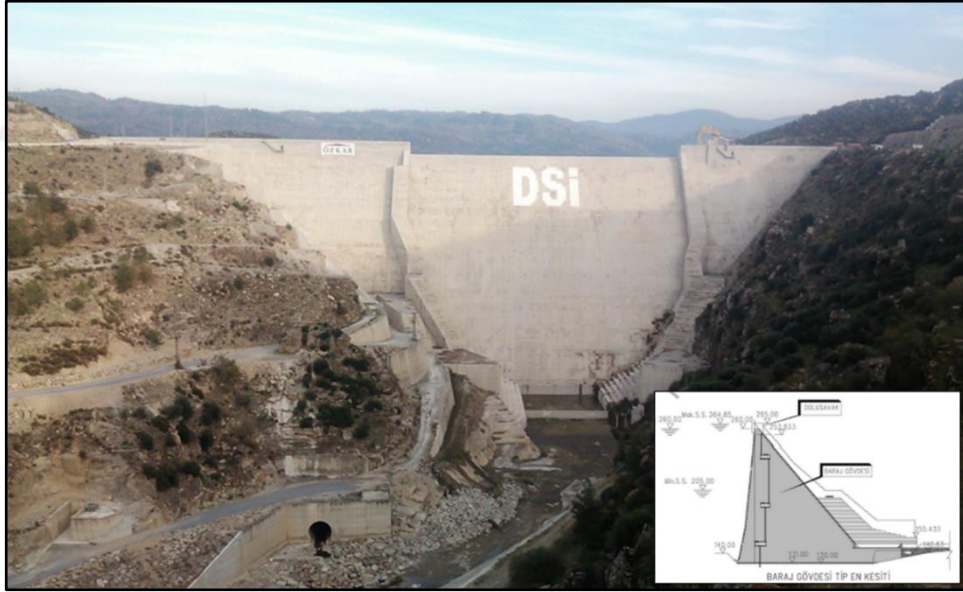


Şekil 2. 21: Beton ağırlık Elmalı Barajı, İstanbul.



Şekil 2. 22: Beton ağırlık Elmalı Barajı enkesiti ve genel yerleşimi.

Şekil 2.23’de Aydın ili sınırları içerisinde sulama, enerji ve taşkın koruma maksadıyla silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) tipinde inşa edilen ve 2013 yılında işletmeye alınan Çine Barajı gösterilmiştir [Yüksek, 2012].



Şekil 2. 23: Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) ağırlık Çine Barajı, Aydın.

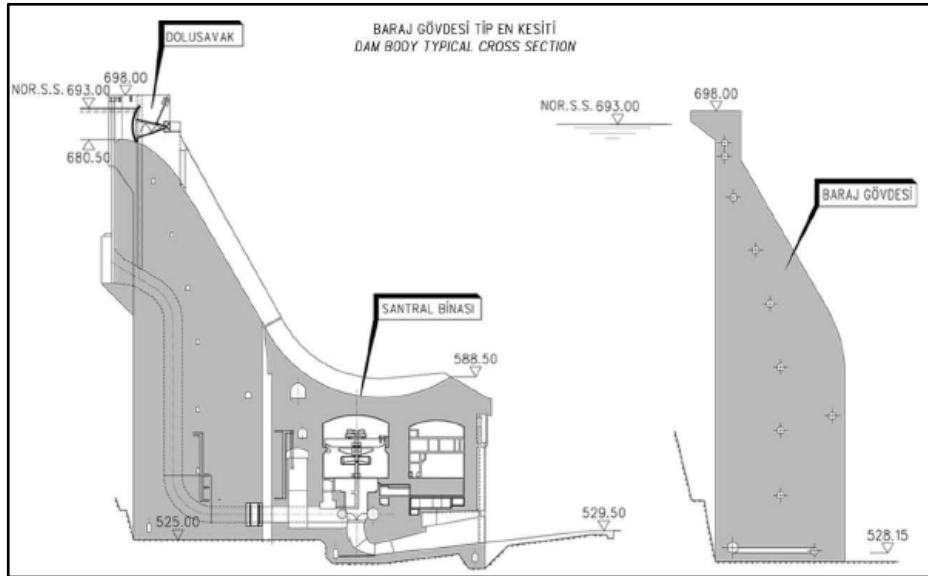
Kemer barajlar dar vadilerde, temel ve yamaçların sağlam kaya olduğu yerlerde inşa edilirler. Yükü büyük ölçüde kemerlenme etkisi ile sağ ve sol yamaçlara aktarırlar. Bu sebeple baraj gövdesinin bulunduğu bölümdeki yamaçların iyi etüt edilmesi ve sağlam

olması büyük önem arz eder. Gövde betonu ayrı bloklar halinde dökülür. Oluşan derzlerin arası enjeksiyon ile doldurularak gövdenin bir bütün olarak çalışması sağlanır. Kemer ağırlık barajlar ve çift eğrilikli kemer barajlar olarak inşa edilebilirler. Özellikle çift eğrilikli beton kemer barajlar narin bir yapıda inşa edilirler.

Şekil 2.24'te Fırat Nehri üzerinde enerji maksadıyla beton ağırlık kemer tipinde inşa edilen ve 1987 yılında işletmeye alınan Karakaya Barajı gösterilmiştir [Yüksek, 2013]. Şekil 2.25'te Karakaya Barajı gövde enkesiti gösterilmiştir [TRCOLD, 2016].

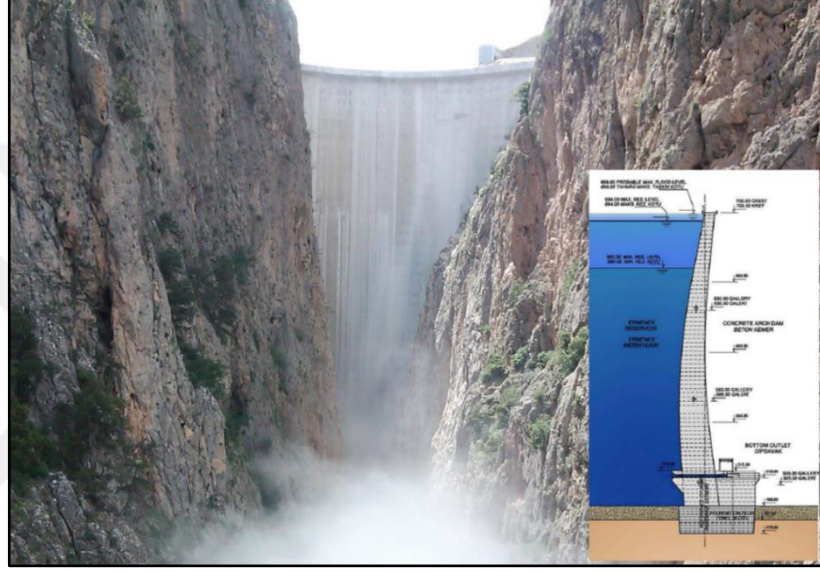


Şekil 2. 24: Beton ağırlık kemer Karakaya Barajı, Diyarbakır.



Şekil 2. 25: Beton ağırlık kemer Karakaya Barajı enkesiti.

Şekil 2.26’da Ermenek çayı üzerinde enerji maksadıyla çift eğrilikli beton kemer tipinde inşa edilen ve 2012 yılında işletmeye alınan Ermenek Barajı gösterilmiştir [Yüksek, 2012]. Şekil 2.27’de ise Çoruh Nehri üzerinde yine enerji maksadıyla çift eğrilikli beton kemer tipinde inşa edilen ve 2013 yılında işletmeye alınan Türkiye’nin en yüksek 2. barajı olan Deriner Barajı gösterilmiştir [Yüksek, 2016].



Şekil 2. 26: Çift eğrilikli ince beton kemer Ermenek Barajı, Karaman.



Şekil 2. 27: Çift Eğrilikli İnce Beton Kemer Deriner Barajı, Artvin.

Şekil 2.28’de Uji nehri üzerinde taşkın koruma ve enerji amacıyla çift eğrilikli ince beton kemer tipinde 1964 yılında inşa edilen Amagase Barajı gösterilmiştir [Yüksek, 2016].



Şekil 2. 28: Çift eğrilikli ince beton kemer Amagase Barajı, Kyoto.

2.2.3 Kompozit Barajlar

Karışık kesitli baraj tipi olarak da adlandırılan bu baraj tipinde, baraj gövdesi birden çok baraj tipinden oluşur. Örneğin geniş bir nehir kesitinde, nehrin önünü kapatabilmek için kaya dolgu, beton dolgu, SSB gibi birçok baraj tipi tasarımda kullanılabilir [TRCOLD, 2014]. Brezilya’da yer alan ve Dünya’nın en büyük barajlarından biri olan İtaipu Barajı, yapımında birçok baraj tipinin kullanıldığı iyi bir kompozit baraj örneğidir.

Dolgu Barajlar başlığı altında gösterdiğimiz Atatürk Barajı, Keban Barajı ve Ilısu Barajı, gövdelerinde beton baraj tipinin de bulunması sebebiyle aynı zaman da kompozit baraj tipine örnek olabilirler. Şekil 2.29’da kil çekirdek kaya dolgu ve beton ağırlık baraj tiplerinin bir arada yer aldığı Keban Barajı gösterilmiştir [Yüksek, 2013].



Şekil 2. 29: Kil çekirdek kaya dolgu ve beton ağırlık Keban Barajı, Elazığ.

2.2.4 Türkiye’deki Büyük Baraj Projeleri

Ülkemizin farklı bölgelerinde gerçekleştirilen büyük ve kapsamlı baraj projeleri bulunmaktadır. Atatürk Barajı ülkemizin en büyük barajı olmasının yanı sıra dünyanın 6. en büyük barajıdır. Yusufeli Barajı 275 m temelden yükseklik ile ülkemizin 1. en yüksek, dünyanın ise 5. en yüksek barajıdır. Ilısu Barajı gövde hacmi bakımından dünyanın en büyük ÖBKD barajıdır. Yine Keban Barajı dünyanın en büyük 17. barajıdır. Silvan Barajı, Atatürk Barajı’ndan sonra ülkemizin en büyük 2. sulama projesidir. Tüm bu büyük projeler karakteristik bilgileri ile birlikte Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

Tablo 2. 1: Türkiye’deki büyük baraj projeleri karakteristik bilgileri.

Tesisin Adı	Proje Yeri	Tamamlanma Tarihi	Amacı ¹	Tipi ²	Gövde Hacmi (x10 ³ m ³)	Kret Uzunluğu (m)	Temelden Yükseklik (m)	Göl Hacmi milyar m ³	Kurulu Güç MW	Yıllık Üretim GWh
Atatürk Barajı ve HES	Şanlıurfa	1992	S+E	KÇKD	84,500.00	1,644.00	169.00	48.7	2,400	8,900
Keban Barajı ve HES	Elazığ	1974	E	KÇKD	15,585.00	1,097.00	207.00	30.6	1,330	6,000
Karakaya Barajı ve HES	Diyarbakır	1967	E	BK	2,000.00	462.00	173.00	9.58	1,800	7,354
İlisu Barajı ve HES	Mardin	2020	E	ÖBKD	24,000.00	2327.00	135.00	10.6	1,200	4,120
Yusufeli Barajı ve HES	Artvin	2022	E	BK	4,000.00	490.00	275.00	2.2	558	1,888
Deriner Barajı ve HES	Artvin	2012	E	BK	3,400.00	720.00	249.00	1.969	670	2,118
Ermenek Barajı ve HES	Karaman	2014	E	BK	303.00	123.00	218.00	4.583	300	1,048
Berke Barajı ve HES	Osmaniye	2002	E	BK	750.00	270.00	201.00	0,427	510	1,669
Oymapınar Barajı ve HES	Antalya	1984	E	BK	575.00	360.00	185.00	0.297	540	1,620
Silvan Barajı ve HES	Diyarbakır	2024	E+S	ÖBKD	8,700.00	440.00	175.50	7.3	160	681

Amacı¹: S= Sulama, E=Enerji

Tipi² : KÇKD= Kil Çekirdek Kaya Dolgu, ÖBKD= Önyüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu, BK= Beton Kemer

3. DEPREMLER

Depremler, yer kabuğunda meydana gelen kırılmalar ve yer değiştirmeler sonucunda oluşan doğal olaylardır. Bu kırılmalar genellikle büyük enerji salınımına neden olur ve yeryüzünde sarsıntılar meydana gelir. Depremler, hissedilemeyecek kadar zayıf olanlardan insanları savuran ve bütün şehirleri yok edecek kadar şiddetli olanlara kadar geniş bir yelpazede değişiklik gösterebilir. Bir bölgenin sismik aktivitesi, belirli bir süre içinde yaşanan depremlerin frekansı, türü ve büyüklüğüdür. Depremler ve enerjilerinin salınımı çoğunlukla tektonik hareketlerle ve jeolojik fayların kırılmasıyla oluşur, ancak aynı zamanda volkanik aktivite, toprak kayması, maden patlamaları, nükleer denemeler ve büyük bir barajda su tutulması gibi diğer olaylar da depremi tetikleyebilir. Depremler, doğal bir süreç olup Dünya'nın jeolojik aktiviteleri sonucu gerçekleşirler.

Depremlerin şiddeti, büyüklüğü, etkisi ve yeri, deprem kaynağına bağlı olarak değişiklik gösterir. Depremler, çevre ve toplumlar için ciddi tehditler oluşturabilir, bu nedenle deprem risklerinin azaltılması ve önlem alınması çok önemlidir.

3.1 Depremlerin Oluşma Mekanizması

Çeşitli jeolojik etkenler sonucunda meydana gelmesine ve birden çok nedeni olmasına rağmen depremleri oluşturan en önemli ana etmen ve mekanizma tektonik faaliyetlerdir.

Tektonik Levha Hareketleri: Dünya'nın kabuğu, birçok büyük ve küçük tektonik levhadan oluşur. Bu levhalar sürekli olarak yavaş bir şekilde hareket ederler ve bazen birbirlerine yaklaşır, bazen de birbirlerinden uzaklaşırlar. Bu levhaların çarpışması, kenetlenmesi veya kayması sonucunda enerji birikir ve nihayetinde aniden serbest kalır, bu da depreme neden olur.

Levha Sınırı: Depremler genellikle levha sınırlarında meydana gelir. Levha sınırları, levhaların birbirine temas ettiği bölgelerdir. Bu sınırda levhalar sürtünerek birbirlerine

direnç gösterir ve zamanla biriken gerilim artar. Gerilim bir noktada direnç sınırını aştığında, levhalar ani bir şekilde hareket eder ve deprem meydana gelir.

Fay Hatları: Faylar, kabukta birbirine göre yer değiştiren kırık hatlardır. Fay hatları, levhaların birbirlerine yaklaşması veya uzaklaşması sonucu oluşabilir. Biriken gerilim, fay hattında kırılma meydana getirecek kadar büyük olduğunda deprem oluşur.

Volkanik Aktivite: Bazı depremler, volkanik aktiviteyle de ilişkilidir. Volkanlar patladığında veya lav akışları olduğunda, çevreleyen yer kabuğunda da yer değiştirmeler meydana gelebilir ve deprem oluşabilir.

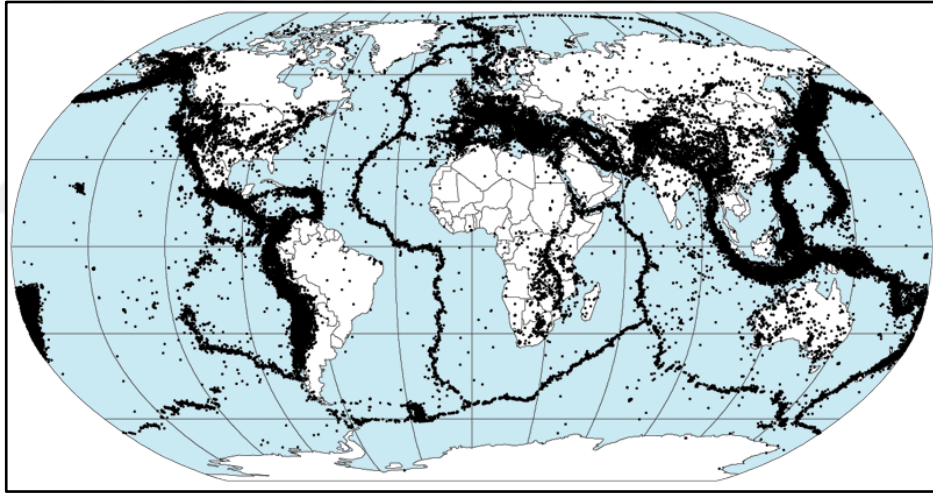
3.2 Levha Tektoniği

Şekil 3.1'de yeryüzünün levha tektoniği gösterilmiştir [USGS] (United States Geological Survey).

1960'lı yıllarda, nükleer silahların yer üstünde testini yasaklayan 1963 anlaşmasının uyumunu izlemek amacıyla Dünya Genelinde Standartlaştırılmış Sismograf Ağı (WWSSN) kurulmasıyla birlikte küresel sismisite çalışması büyük ölçüde ilerlemiştir. WWSSN cihazlarından elde edilen çok daha gelişmiş veriler, sismologlara dünya genelinde depremlerin yoğunlaştığı bölgeleri hassas bir şekilde haritalama imkânı sağlamıştır [Web 2, 2023]. Şekil 3.2'de 1968 ile 1998 yılları arasında dünya çapında meydana gelen 358.214 depremin merkez üsleri (episenter) gösterilmiştir [WWSSN], [NASA].



Şekil 3. 1: Dünya'nın tektonik plakaları görünümü.



Şekil 3. 2: Global depremlerin episentri görünümü, 1963 - 1998.

Dünya yüzeyine yakın herhangi bir noktanın bu kuşaklardan herhangi birine yakın olması, o noktada deprem olasılığının yüksek olduğunu gösterir. Herhangi bir depremin büyüklüğü, barajlar, binalar, köprüler veya diğer altyapı veya yaşamsal önem taşıyan yapılar üzerinde meydana gelebilecek hasarın boyutunu belirleyen önemli bir faktördür. Büyük bir deprem, bu yapılar üzerinde önemli olumsuz etkilere yol açabilir ve ciddi can kayıplarına neden olabilir. Bu büyük depremlere ek olarak,

bu ana sismik kuşaklarla ilişkili olmayan yerel fay hatları da depremlere neden olabilir ve benzer hasarlara ve can kayıplarına yol açabilir.

Bu yapıların deprem yüklerine karşı emniyetini sağlamak, tasarımı yapan mühendislerin öncelikli görevidir. Bina veya ilgili yapıya ait kodlar ve tasarım kriterleri kullanarak bunu gerçekleştirmek gerekir. Bu çalışmanın konusu olan barajlar ayrıca nükleer santraller gibi büyük yapılar için tam bir sismik tehlike analizinin yapılması bir zorunluluktur [Nasrat vd., 2020]. Bu nedenle her bir baraj için ayrı sismik tehlike analiz raporları hazırlanır.

3.3 Depremle İlgili Tanımlar

Fay: Yerdeğiştirmelerin oluştuğu kaya içindeki bir kırıklar zonu veya bir kırık olarak tanımlanır.

Aktif Fay: En son fay hareketinden itibaren 10.000 ila 35.000 yıllık zaman içinde deprem üreten fay şeklinde tanımlanır.

Merkez Üssü: Bir depremin başlangıç noktası derinlik olarak odak veya hiposenter olarak adlandırılırken, episenter, hiposenterin doğrudan yukarıda yer alan yeryüzü seviyesindeki noktadır [Nasrat vd., 2020].

Odak noktası: Fayda kırılmanın meydana geldiği nokta olup iç merkez olarak da adlandırılmaktadır. Esasen, kırılma enerjisinin ortaya çıktığı yer bir nokta değil alandır. Ancak pratikte nokta olarak kabul görmektedir.

Dış Merkez: Odak noktasının yeryüzündeki izdüşümüdür. Merkez üssü olarak da adlandırılır. Merkez üssü depremin en çok hissedilip hasar meydana getirdiği noktadır. Aslında noktadan ziyade bir alanı temsil eden dış merkez depremin etki ettiği bölgede episenter alanı olarak ifade edilir.

Odak Derinliği: Deprem enerjisinin açığa çıktığı noktanın yeryüzüne olan en kısa uzaklığıdır. Depremler odak derinliklerine göre sınıflandırılabilirler. Yerin 0-60 km derinliğinde olan depremler sığ deprem olarak nitelendirilir. Yerin 70-300 km

derinliklerinde olan depremler orta derinlikte olan depremlerdir. Derin depremler ise yerin 300 km den fazla derinliğinde olan depremlerdir. Türkiye’de olan depremler genellikle sığ depremlerdir ve derinlikleri 0-60 km arasındadır. Orta ve derin depremler daha çok bir levhanın bir diğer levhanın altına girdiği bölgelerde olur. Derin depremler çok geniş alanlarda hissedilir, buna karşılık verdikleri hasar azdır. Sığ depremler ise dar bir alanda hissedilirken bu alan içinde çok büyük hasarlar oluşturabilirler.

Eş Şiddet Eğrileri: Aynı şiddetle sarsılan noktaları birbirine bağlayan noktalara denir. Bunun tamamlanmasıyla eş şiddet haritası ortaya çıkar. Genelde kabul edilmiş duruma göre, eğrilerin oluşturduğu yani iki eğri arasında kalan alan, depremlerden etkilenme yönüyle, şiddet bakımından sınırlandırılmış olur. Bu nedenle depremin şiddeti eş şiddet eğrileri üzerine değil, alan içerisine yazılır.

Pik Yer İvmesi (PGA): Deprem sırasında deneyimlenen maksimum yer ivmesi değeridir. Baraj ve ilgili yapıların yer sarsıntısı etkisi altındaki durumunu belirlemek için önemli bir parametredir.

İvme Tepki Spektrumu: Tepki spektrumu, yapının farklı frekanslardaki yer hareketlerine nasıl tepki verdiğini gösterir. Baraj ve ilgili yapıların farklı frekanslardaki sarsıntılara nasıl maruz kalacakları hakkında bilgi sağlar. Sismik tasarım için genellikle %5 sönümlenme değeri kullanılır.

Sismograf: Deprem tarafından üretilen sismik dalgalar nedeniyle yer yüzeyi hareketini zamanın bir fonksiyonu olarak kaydeden alettir.

İvmeölçer (SGM): Deprem tarafından üretilen büyük yer ivmelerini ölçen alettir. İvmeyi, yerdeğiştirmeyi ve hızı zamana bağlı olarak ölçerek kaydeder. Barajlar gibi büyük yapılarda bulunması büyük önem arz etmektedir.

P Dalgası: Primer dalga, basınç dalgası veya boyuna dalgalar olarak da bilinir. İçinden geçtiği materyallerin sıkışma ve genişleme silsilesine neden olan sismik dalgalardır. P

dalgası en hızlı dalgadır ve bir sahaya en önce ulaşan dalgadır. Bu sebeple deprem erken uyarı sistemleri için kullanılmaktadır.

S Dalgası: İkincil dalga, kayma dalgası veya enine dalga olarak da bilinir. İçinden geçtikleri materyallerin kayma deformasyonlarına neden olurlar. Sıvılar kayma direncine sahip olmadıkları için, S dalgaları sadece katılar içinde hareket eder. Pik yer ivmesi en çok S dalgalarından etkilenir.

Depremın Büyüklüğü (Magnitude, M): Deprem nedeniyle açığa çıkan enerji miktarını ifade etmeye yarar. Bu terim çoğu zaman depremin şiddeti ile karıştırılmaktadır. Bir depremin büyüklüğü her yerde aynıdır. Fakat depremin şiddeti bulunulan yere göre değişiklik gösterir.

Depremın Şiddeti: Bir depremin belirli bir bölgede veya yerleşim yerinde nasıl hissedildiğini ve ortaya çıkardığı etkiyi ölçer. Bu genellikle Modifiye Edilmiş Mercalli Şiddet Ölçeği (MMI) gibi ölçeklerle ifade edilir. Depremın şiddeti, insanlar tarafından hissedilen sarsıntının derecesini, binaların zarar görmesini, doğal ortamda meydana gelen değişiklikleri ve genel etkileri değerlendirir. Bu ölçek, I'den XII'ye kadar derecelendirilmiş ve belirli bir bölgedeki depremin etkisini ifade etmek için kullanılır.

Yüzey Kırığı: Yer kabuğunda meydana gelen kırılma hattı veya hatlarıdır. Yer kabuğu plakalarının hareketiyle ve özellikle büyük depremler sonucunda oluşur. Barajlar gibi büyük yapılarda ciddi hasarlara sebebiyet vermesi nedeniyle önemlidir.

Zemin Hareketi Tahmin Denklemleri: (GMPE Ground Motion Prediction Equation), Deprem mühendisliği ve jeofizikte kullanılan bir terimdir. Bu denklemler, bir depremin bir bölgede veya bir noktada neden olabileceği zemin hareketlerini (sismik ivme, hız veya yer değiştirme gibi) tahmin etmek için kullanılır. Genellikle depremin büyüklüğü, uzaklığı ve yerel zemin koşulları gibi faktörleri dikkate alarak, depremin etkisi altındaki bir noktada zemin hareketini tahmin etmeye çalışır.

3.4 Barajların Sismik Tasarımı İçin Depremlerin Seçimi

Büyük beton barajlar, deprem analizi ve tasarımının yapıldığı ilk yapılar arasındaydı. Westergaard tarafından 1930'larda Hoover Barajı için geliştirilen deprem analizi yöntemi, beton baraj tasarımcıları arasında dünya çapında kabul görmüştür [Salmon vd., 2011].

Bu nispeten basit yarı-statik analiz yöntemi, baraj gövdesinin atalet etkilerini ve barajın dikey yüzeyine etki eden hidrodinamik basıncı hesaba katmaktadır. Yatay kuvvetin, barajın ağırlığının 0.1g yerçekimi ivmesi ile çarpımına eşit olduğu kabul edilen bir deprem katsayısı (0.1) kullanmak yaygın bir uygulamaydı. Ancak Amerika Birleşik Devletleri Sulama Bürosu (USBR), barajın boyutuna ve deprem riskine bağlı olarak, yapı ağırlığının 0.05 ila 0.15 katı arasında değişen deprem kuvveti katsayıları kullanmıştır. Daha büyük barajlar için, ise yatay ivmelenme etkilerini yüzde 50 oranında bir dikey bileşenle birleştirmiştir; iki bileşenin kabul edilen yönleri yapısal stabilite için en olumsuz koşulu oluşturuyordu. ABD dışındaki ülkelerde de benzer kriterler benimsenmiştir. Örneğin, Hindistan'daki Bhakra Barajı, 1905 Kangra depreminin (M8.6) merkez üssünden yaklaşık 180 km uzakta bulunan 225 metre yüksekliğinde bir beton ağırlık yapısıydı ve yatay kuvvet katsayısı için 0.15, dikey kuvvet katsayısı için 0.075 alınarak tasarlandı. ABD Kara Kuvvetleri Mühendisler Kolordusu'nun (USACE) uygulamasına göre, beton baraj ve ilgili tesislerinde kayma ve stabilite analizlerinde deprem katsayılarının kullanılması gerekliydi. Bazı durumlarda hidrodinamik basınçlar da benzer yöntemlerle değerlendirilirdi [National Research Council, 1985]. Ancak, yarı-statik analiz yönteminin, birçok durumda deprem parametrelerinin hesabı için tatmin edici olmadığı kanıtlanmıştır. Bu nedenle, özellikle büyük barajlar için, bu yöntem yerine Dinamik Tepki Analizi kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde, barajların deprem emniyeti, tipik göçme modlarına, yerel zemin koşulları ve deprem değerlendirmesine bağlı olarak barajların plastik(kalıcı) deformasyonlarına göre değerlendirilir. Bu yaklaşımda, büyük barajlar için deprem tasarım kriterleri, bölgenin geçmiş depremlerinden elde edilen deprem büyüklüğüne ve barajın veya ilgili yapıların önemine göre birçok güvenlik seviyesini tanımlar [Nasrat vd., 2020].

Olası En büyük Deprem (OED), Maksimum Credible Earthquake (MCE): Bölgenin deprem tarihine ve deprem-tektonik yapısına dayanarak baraj sahasında beklenen en büyük zemin hareketini üreten olaydır. Deterministik deprem senaryolarına dayanarak tahmin edilir. ICOLD'a göre, OED'in yer hareketi parametreleri 84 persentil alınarak (ortalama + bir standart sapma) alınmalıdır.

Maksimum Tasarım Depremi (MTD), Maximum Design Earthquake (MDE): Büyük barajlar için (MDE)'nin tekerrür periyodu 10.000 yıl olarak alınır. Küçük ve/veya sınırlı hasar potansiyeline sahip barajlar için daha kısa tekerrür süreleri belirtilebilir. (MDE) yer hareketi parametreleri, olasılıksal bir deprem tehlikesi analizine (PSHA) dayanarak tahmin edilir. ICOLD'a göre, (MDE) yer hareketi parametrelerinin ortalama değerleri alınmalıdır. Tek bir deprem kaynağının (fayın) deprem tehlikesine büyük ölçüde katkıda bulunması durumunda, deprem tasarımı için birleştirilmiş tehlike spektrumları kullanılabilir. Aksi takdirde, deprem tehlikesinin (büyüklük ve odak uzaklığına göre) ayrıştırılmasına dayanarak farklı senaryo depremleri tanımlanabilir.

Emniyet Esaslı Deprem (EED), Safety Evaluation Earthquake (SEE): SEE, bir barajın rezervuarının kontrolsüz şekilde boşalmadan dayanabileceği deprem yer hareketidir. Büyük barajlar için SEE, hem (MCE) hem de (MDE) yer hareketi olarak alınabilir. Genellikle en olumsuz yer hareketi parametreleri alınmalıdır. (MCE)'nin gerçekçi bir değerlendirmesinin yapılamaması durumunda, (SEE) en azından (MDE) kadar olmalıdır. (SEE), emniyet değerlendirmesi ve deprem tasarımı için belirleyici deprem yer hareketidir ve (SEE)'den sonra emniyetle işlev görmesi gereken barajla ilgili bileşenler için geçerlidir.

Tasarıma Esas Deprem (TED), Design Basis Earthquake (DBE): 475 yıllık tekerrür periyoduna sahip (DBE), ek yapılar için referans tasarım depremidir. (DBE) yer hareketi parametreleri, olasılıksal bir yaklaşımla tahmin edilir (yer hareketi parametrelerinin ortalama değerleri önerilir). (DBE)'nin tekerrür periyodu, proje bölgesindeki yapı ve köprü deprem kodları ve yönetmeliklerine göre belirlenebilir.

İşletme Esaslı Deprem (İED), Operating Basis Earthquake (OBE): (OBE), barajın hizmet ömrü boyunca beklenen depremdir. Herhangi bir hasar ve/veya hizmet kaybı olmamalıdır. İşletme ömrü boyunca %50 olasılıkla meydana gelme olasılığı vardır ve tekerrür periyodu 100 yıl olarak alınır. (OBE) yer hareketi parametreleri, olasılıksal bir yaklaşımla tahmin edilir (yer hareketi parametrelerinin ortalama değerleri önerilir).

Construction Earthquake (CE): (CE), Geçici yapıların tasarımında kullanılır ve geçici yapıların hizmet ömrünü dikkate alır. Bu tasarım depremini hesaplamak için farklı yöntemler vardır. Geçici derivasyon tesisleri için, tasarım ömrü boyunca aşılma olasılığı %10 olarak kabul edilir.

(MDE), (DBE), (OBE) ve (CE) yer hareketi parametreleri genellikle olasılıksal bir yaklaşımla belirlenir (yer hareketi parametrelerinin ortalama değerleri önerilir), ancak (MCE) yer hareketi için deterministik deprem senaryoları kullanılır (yer hareketi parametrelerinin %84'lük değerleri kullanılmalıdır). Ancak (MDE), (DBE), (OBE) ve (CE) için de deterministik senaryolar tanımlanabilir. Eğer rezervuar tetiklemeli sismisite mümkünse, (DBE) ve (OBE) yer hareketi parametreleri kritik ve muhtemelen en olası (RTS) senaryolardan kaynaklanmalıdır, çünkü bu olaylar genellikle rezervuarın doldurulmaya başlamasından sonraki yıllarda meydana gelme eğilimindedir [Nasrat vd., 2020]; [ICOLD 2016].

Fay hareketleri dikkate alındığında, deprem yer hareketi için benzer tahminler gereklidir. Ancak, farklı tasarım depremleri için fay hareketlerinin nicel tahminlerini elde etmek zor olabilir. Hatta yük modeli gerçek deprem yer hareketinin tümünü tam olarak yansıtmıyor olsa bile, emniyetli bir tasarım sağlayan basitleştirilmiş yük ve analiz modellerinin kullanılması doğrudur. Barajın ilgili yapıları açısından, bunların emniyet seviyesi, tüm barajın emniyetiyle ilgili olarak atanır ve aşağıdaki gibi belirlenir:

Emniyet Sınıfı 1: Barajın emniyetli bir şekilde kontrolü ile ilgili tüm bileşenler, yani ana gövde, dipsavaklar ve dolusavaklar, deprem sonrası kritik veya baraj emniyeti açısından önemli olarak tanımlanır; bunlar (SEE) ve OBE (işletilebilirlik) için tasarlanmalıdır.

Emniyet Sınıfı 2: Enerji yapıları (cebri boru, şalt sahası, elektrik santrali, tüneller, türbinler, iletim hatları vb.), su temini, sulama, ulaşım vb. ile ilgili tüm yapılar ve bileşenler; bu bileşenler (DBE) ile yüksek önem faktörüne sahip olarak veya bölge için minimum gereklilik olarak deprem bina yönetmeliğine göre tasarlanmalıdır.

Emniyet Sınıfı 3: Hasar durumunda kolayca değiştirilebilen / onarılabilen ve kabul edilebilir sonuçları olan diğer unsurlar; bu unsurlar (DBE) veya deprem bina yönetmeliğine göre tasarlanmalıdır.

Bu sınıflandırma, barajın tüm bileşenlerinin farklı önem düzeylerine ve tasarım gereksinimlerine göre değerlendirilmesine ve barajın sismik performansının yapıya ve yapının önemine göre optimize edilmesine imkân sağlar [Nasrat vd., 2020].

Birçok ülke, üç ila dört deprem bölgesini gösteren ve yaklaşık deprem yoğunluğunu (pik yer ivmesi, deprem katsayısı, tepki spektrumları vb.) içeren bir ulusal harita oluşturmuştur. Bu haritalar, barajlar için sahaya özgü deprem tehlike değerlendirmesinin yerine geçmez, ancak başlangıç düzeyinde deprem tasarım kontrolü için girişler sağlayabilir. Depremlerin potansiyel riski göz önünde bulundurularak, deprem bölgelerindeki barajların fizibilite ve tasarım çalışmalarında, ulusal sismolojik ve jeolojik enstitülerle koordineli bir şekilde gerekli bilgilerin toplanması ve yeterli deprem tehlike değerlendirmesinin yapılması çok önemlidir. Ülkemizde baraj projelerinde deprem tehlikesinin hesaplanmasında deterministik ve olasılıksal yöntem için izlenecek aşamalara ilişkin detaylar ve çalışma şemaları tanımlanmıştır [DSİ, 2014b].

Eğer su tutma kaynaklı yani rezervuar tetiklemeli sismisitenin (RTS) mümkün olduğu düşünülüyorsa, İED yer hareketi parametreleri RTS senaryolarını da kapsamalıdır. RTS'nin büyüklüğü, SEE'nin büyüklüğünden çok daha küçük olduğu için, baraj gövdesi deprem tasarımı RTS'den etkilenmemelidir. Ancak, RTS yüklemesi, ek yapılar, baraj dışı yapılar ve baraj bölgesindeki altyapı için daha düşük tasarım standartlarına göre önemli olabilir.

4. DEPREMLER SONRASI OLUŞAN BARAJ HASARLARI

Tüm baraj tipleri diğer mühendislik yapılarına kıyasla depreme karşı daha iyi direnç gösterebilen yapılar olarak tanımlanır [Serafim ve Oliveira, 1987]. Barajlar genellikle normal işletme koşullarında yeterli güvenlik faktörlerine sahip sağlam yapılar olarak tasarlanmışlardır. Bu nedenle, çoğu deprem yüklemesi altında iyi bir performans sergilemiş olmaları şaşırtıcı değildir. Ancak geçmişte bazı barajlar ciddi hasarlar almış ve bir kısmı yıkılmıştır. Geçmişte yıkılan veya ağır hasar alan barajlar Ekler bölümünde Tablo 6.19 ve Tablo 6.20’de listelenmiştir. Deprem nedeniyle ağır hasar alan ve yıkılan barajlar aşağıdaki başlıklarda gruplandırılmıştır:

- Baraj gövdesinde veya temelde sıvılaşmanın etkili olduğu barajlar;
- Atık barajları;
- Aktif fay hatları üzerine inşa edilen barajlar
- Küçük homojen toprak dolgu barajlar (çoğunlukla Hindistan ve Çin’de) [Hinks vd., 2012].

Yine depremler sonrası baraj hasarlarına bakılarak şu genel sonuçlar çıkarılmıştır:

- En ciddi hasar sıklıkla gövde malzemesinin veya temellerin sıvılaşmasıyla ilişkilendirilmiştir. Kumlu çamurlu malzemeler özellikle sıvılaşmaya yatkındır. Beton barajların temellerinin sıvılaşma riski düşük görünmektedir [USCOLD, 1992], [Hinks vd., 2012].
- Hidrolik dolgu yöntemiyle yerleştirilen malzeme özellikle depreme karşı dayanıksız görünmektedir [USCOLD, 1992], [Hinks vd., 2012].
- Killi zemin üzerindeki kil barajlar genellikle depremlere maruz kaldıklarında iyi performans göstermektedir [USCOLD, 1992], [Hinks vd., 2012].

- Özellikle dolgu iyi sıkıştırılmışsa, kaya dolgu barajlar depreme karşı genellikle iyi performans göstermektedir [USCOLD, 1992], [Hinks vd., 2012].

- Beton barajlar özellikle başta kemer barajlar olmak üzere depreme karşı genellikle iyi performans göstermektedir, ancak payandalı beton barajlarda hasar vakaları bulunmaktadır [Hinks vd., 2012].

- VI veya daha düşük bir yerel şiddete sahip depremlere maruz kalan barajlarda hiçbir zaman hasar oluşmamıştır. Yüksekliği 60 m'den fazla olan barajlar depremden neredeyse etkilenmemiştir. Yeni barajlar, eski barajlara göre daha fazla hasar almıştır [Serafim ve Oliveira, 1987].

Depremler, barajların yıkılmasına veya ağır hasar almasına neden olabilir. Deprem nedeniyle barajın hasar alıp almamasında; Richter ölçeğindeki büyüklük (M), pik yatay (PHA) ve pik düşey (PVA) ivmeler, depremin süresi, depremin merkez üssüne olan uzaklık, temel kaya yapısı, tasarım kriterleri ve son olarak uygun baraj tipi ve malzemelerin kullanılıp kullanılmadığı çok önemli faktörlerdir. Birçok vaka analiziyle birlikte, baraj mukavemet yenilmelerinin ve hasar durumlarının geniş listeleri sunulmuştur. En çok yıkılan barajlar, homojen toprak dolgu barajlar, hidrolik dolgu barajlar veya küçük toprak dolgu barajlar(göletler) olmuştur. Bu sonuçlar baraj tipinin, tasarım kriterlerinin ve yapım uygulama tekniklerinin önemini yansıtmaktadır. Dolgu barajlar, genellikle beton barajlara göre yer sarsıntısına daha az dayanıklıdır. Ancak, kaya dolgu barajların iyi performans gösterdiği görülmüştür. SSB barajlar da depreme karşı iyi performans sergilemişlerdir [Nasrat vd., 2020].

Yapılan literatür taramalarında çeşitli hasar türlerini gösteren ilgili fotoğraflar başlıklar altında toplanmaya çalışılmıştır. Ayrıca çalışılan Kahramanmaraş Depremleri vaka analizi ile ilgili olarak da bu başlıklarda yer alan hasar tipleri ve fotoğraflar 5. Bölüm'de verilmeye çalışılmıştır.

Dinamik yükler (deprem sarsıntısı) nedeniyle baraj dolgu setlerinde meydana gelen iki temel hasar şekli bulunmaktadır. Bunlar kret boyuna çatlaması ve kret oturmasıdır. Kret oturması genellikle taşkına yol açacak kadar tehlikeli değildir. Hasarların

çoğunun, baraj eksenine dik yönde gerçekleşen sarsıntılar tarafından meydana geldiği gözlenmiştir. Baraj kretinde oluşan ivme değerinin, sarsıntı etkisiyle baraj temelinde oluşan ivme değerinden daha fazla olduğu farklı bir çok çalışmada belirtilmiştir [Sherard vd., 1963].

4.1 Çatlaklar

Barajlarda deprem çatlakları, deprem sırasında veya sonrasında oluşabilen hasarlardır. Çatlaklar barajlarda en yaygın karşılaşılan deprem hasarıdır. Deprem çatlakları, barajın dayanıklılığı ve yapısal bütünlüğü açısından ciddi problemlere, borulanmaya, suyun hızlı bir şekilde boşalmasına ve hatta barajın yıkılmasına sebebiyet verebilir.

Genel olarak deprem nedeniyle oluşan baraj boyuna çatlakları ve baraj enine çatlakları olmak üzere baraj yapılarında iki farklı çatlak tipi tanımlanabilir. Ayrı başlıklar altında bu çatlaklara ilişkin örnekler verilecektir. Wenchuan Depremi, (Mw: 8.0, 2008) sonrasında Zipingpu Barajı önyüz betonu maksimum kesitte oluşan çatlaklar gösterilmiştir (Şekil 4.1); [Chen, 2008]; [Babbitt ve Charlwood, 2009].



Şekil 4. 1: Zipingpu Barajı önyüz betonu maksimum kesitteki çatlaklar.

4.2 Boyuna Çatlaklar

Baraj boyuna çatlakları, barajın gövde kret uzunluğu boyunca yani barajın aksına paralel olarak meydana gelen çatlaklardır. Çatlak tipleri içinde deprem sonrası özellikle dolgu barajlarda karşılaşılan en yaygın çatlak türüdür. Aşağıda farklı depremler sonrası baraj kretinde oluşan boyuna çatlak örnekleri gösterilmiştir (Şekil 4.2), [GEER, 2001]; (Şekil 4.3), [Noguera, 2010]; (Şekil 4.4), [Elnashai vd., 2010] (Şekil 4.5); [GEER, 2001], (Şekil 4.6); [Yasuda vd., 2010]



Şekil 4. 2: Chang Barajı kretinin yanında oluşan ve derinliği yaklaşık 10 metreyi bulan çatlaklar Bhuj Depremi, Mw: 7.7.



Şekil 4. 3: Meloda Barajı kret memba şev birleşimindeki boyuna çatlaklar Maule Depremi, Şili, Mw: 8.8.



Şekil 4. 4: Coihueco Barajı kret boyuna çatlakları (Mw 8.8).



Şekil 4. 5: Tapar Barajı kret boyuna çatlakları D:3m (Mw 7.7).



Şekil 4. 6: Coihueco Barajı Mw: 8.8, Şili.

4.3 Enine Çatlak

Baraj enine çatlakları, barajın genişliği boyunca yani barajın aksına dik olarak oluşan çatlaklardır. Bu tür çatlaklar, genellikle barajın oturduğu zeminin hareketinden veya barajın su basıncı altındayken meydana gelen gerilme etkilerinden kaynaklanabilir. Deprem sonrası oluşan baraj enine çatlakları, boyuna çatlaklara göre daha ciddi bir

sorunun habercisi olabilir. Çünkü bu çatlaklar barajın yapısal bütünlüğünü etkileyebilir. Eğer bu çatlaklar büyür veya genişlerse, barajın stabilitesi risk altına girebilir ve memba mansap bağlantısı su sızıntısı veya yapısal zararlar oluşabilir. Şekil 4. 7’de Shin-Yamamoto Barajı kreti asfalt kaplamada oluşan enine çatlak gösterilmiştir [Omachi, 2004].

Vaka çalışmalarında, enine çatlamanın genellikle kretin yamaçlarla birleştiği noktalarda olduğu bu yamaçların da dik oldukları belirtilmiştir [Pells ve Fell, 2002].



Şekil 4. 7: Shin-Yamamoto Barajı kreti asfalt kaplamada oluşan enine çatlak Niigata-ken Chuetsu Depremi (Mw 6.6) 23 Ekim 2004.

4.4 Sıvılaşma

Sıvılaşma terimi, zeminin su içeriğinin artması ve bunun sonucunda zeminin taşıma gücünün azalması nedeniyle meydana gelen olayı ifade eder. Sıvılaşma sırasında zemin, sanki sıvıymış gibi davranabilir ve bu durum ciddi yapısal zararlar, göçmeler ve hasarlara yol açabilir. Akma türü yenilmeler, sıvılaşmanın bir sonucu olarak ortaya çıkan ve özellikle zeminin taşıma gücünün azalmasıyla ilişkilendirilen bir olaydır.

Dinamik yükler altında oluşan sıvılaşma sonucu meydana gelen akma türü yenilmeler, toprak barajların yıkılmasına neden olabilir. Sıvılaşma, düşük yoğunluktaki doymun kum zeminler üzerine inşa edilen barajlar için ciddi bir sorundur. Bu tür durumlarda, sıvılaşma potansiyeli, hem dolgu malzemesinin kendisinde hem de temel alüvyal (dolayısıyla barajın toprak üzerinde oturduğu zeminde) ve/veya yamaçlarda var olabilir. Baraj gövde malzemesi yetersiz dayanım, su basıncı ve dinamik yüklerin etkisi altında akarak veya kayarak barajın çökmeye başlamasına neden olabilir. Özellikle depremler gibi dinamik yüklemeler altında, gövdenin oturduğu zeminin taşıma kapasitesinin ani bir şekilde düşmesi sonucu bu yapılar çökebilir veya yıkılabilir.

1971 San Fernando depremi örneği (Şekil 4.8), bu tür olayların ciddi sonuçlara yol açabileceğini göstermektedir. Barajın memba yüzeyinde meydana gelen mukavemet yenilmesi, barajın yıkılma riskini artırmış ve mansapta yer alan binlerce insanın hayatını tehdit etmiştir. Bu nedenle, zemin mekaniği ve yapısal analizlerin iyi bir şekilde yapılması, sıvılaşmanın potansiyel etkilerinin önceden tahmin edilmesi ve uygun önlemlerin alınması hayati öneme sahiptir [Kramer, 1996].

San Fernando Barajı ve temeli çamurlu kum malzemesinden (hidrolik dolgu yöntemiyle) yapılmıştır ve bazı uzmanlar çökmenin bu malzemenin sıvılaşmasından kaynaklandığını düşünmektedir.



Şekil 4. 8: 1971 San Fernando depremi sonrası San Fernando Barajı memba yüzeyinde sivilaşma ve mukavemet yenilmesi.

Şekil 4.9’da Sheffield Barajının sivilaşma nedeniyle yıkılması gösterilmiştir [K. Steinbrugge, 1925].



Şekil 4. 9: Sheffield Barajı sivilaşma nedeniyle yıkılması Santa Barbara Depremi 1925 (Mw 6.3).

Siltli kumun baraj gövdesinde veya temelde sıvılaşması, birçok yıkılma ve diğer ağır hasarlarla ilişkilendirilmiştir. Şili'deki La Marquesa Barajı'nın, 1985 yılında meydana gelen deprem sırasında, dolgunun oturduğu temelin siltli kum tabakasının sıvılaşması nedeniyle yıkıldığı düşünülmüştür. Büyüklüğü 7.8 olan aynı deprem La Palma Barajı'nda da şev kaymalarına neden olmuş, burada da dolgunun tabanına yakın gevşek kum tabakalarına rastlanmıştır [Hinks vd., 2012].



Şekil 4. 10: Chang Barajı memba topuğunda gözlemlenen kum kaynamaları, 26 Ocak 2001 (Mw 7.7).

Atık Barajlarında, deprem etkisi altında, sudan daha yoğun olan atık malzemenin sıvılaşması olası görünmektedir. Bu olasılık birçok makalede tartışılmıştır [Hinks, 2015], [Lyu vd., 2019], [Sing vd., 2015]. Sıvılaşma, deprem yükleri veya ani yükleme altında doygun zeminlerde meydana gelir ve zeminin dayanıklılığını önemli ölçüde kaybederek sıvı gibi davranmasına neden olabilir. Atık barajları ve atık malzeme, deprem koşulları altında sıvılaşmaya duyarlı hale gelebilir, bu da barajın yıkılmasına ve mansap kısmında önemli hasara neden olabilir. Bu nedenle, atık barajlarının sıvılaşma potansiyelini göz önünde bulundurmak ve riski azaltmak için uygun önlemleri almak önemlidir [Nasrat Adamo vd., 2020].

Baraj gövdesinin altında ve içinde bulunan ince taneli malzemelerin deprem sarsıntısına bağı olarak ani yükler altında taşıma gücünü kaybetmesi, muhtemel kayma olaylarının ve olası kret çatlamlarının nedeni olarak görülmektedir [Bray vd., 2010].

4.5 Yanal Kayma

Dinamik yükler altında barajlarda meydana gelen yanal yer değıştirme, deprem tarafından oluşturulan sismik kuvvetler nedeniyle baraj gövdesinde meydana gelen yatay hareket veya kaymadır. Depremler, barajlara önemli kuvvetler uygulayabilen güçlü yer hareketleri üretir ve bu durum yapının yatay yönde hareket etmesine neden olabilir. Bir deprem meydana geldiğinde, baraj gövdesinin altındaki zemin bir ivme ile sallanır, bu da dinamik kuvvetleri baraja transfer eder. Bu hareket, baraj gövdesi boyunca, dolgunun aksa paralel olarak kaymasına veya hareket etmesine neden olabilir. Aşağıdaki şekillerde farklı yanal kayma hareketleri gösterilmiştir (Şekil 4. 11), [Noguera, 2010]; (Şekil 4. 12), [Elnashai vd., 2010]; (Şekil 4. 13), [GEER, 2001]; (Şekil 4. 14), [Yasuda vd., 2010]; (Şekil 4. 15), [S. Tani, M. Nakashima, 1999].



Şekil 4. 11: Mansap şevi kret birleşiminde yanal kayma.



Şekil 4. 12: Mamba şevi kret birleşiminde yanal kayma Şili Depremi Mw 8.8.



Şekil 4. 13: Tapar Barajı mamba topuğunda yanal kayma.



Şekil 4. 14: Mamba şevinde mamba yönlü yanal hareket.



Şekil 4. 15: Yamanaka Barajı 1994 Sanriki-Haruka Oki Depremi M 7.5.

4.6 Oturma

Oturma yeni yapılmış bir barajın dolgu gövdesi üzerinde oluşan ve zamanla gerçekleşen deformasyonlardan biridir. Oturma süreci, baraj inşaatının tamamlanmasının ardından da devam edebilir ve bu süreç boyunca baraj gövdesinde belli bir seviyede yer değişikliği meydana gelir. Bu durumu kontrol edebilmek için baraj dolgu üst kotu proje kotundan daha yüksek olacak şekilde tasarlanır. Bu yüksek yapılan dolgu kısmına kamber denilir. Oturma payına göre baraj kretinde yapılacak kamber düzenlemesine karar verirken deprem oturmalarının dikkate alınması çok önemlidir. Büyük mertebelerde olan oturmaların baraj temelinde ya da gövde dolgusunda deprem sırasında oluşan sıvılaşma kaynaklı olabileceğine dair çalışmalar yapılmıştır. Aşağıdaki şekillerde farklı barajlara ait deprem sonrası oturma örnekleri gösterilmiştir (Şekil 4. 16), [Omachi, 2004]; (Şekil 4. 17,18), [Babbitt, 2009]; (Şekil 4. 19), [Kayen, 2008].



Şekil 4. 16: Shin-Yamamoto Barajı kret oturması Niigata Depremi (Mw 6.6) 2004.



Şekil 4. 17: ÖBKD Zipingpu Barajı Dolusavak duvarı dolgu oturması.



Şekil 4. 18: ÖBKD Zipingpu Barajı kret mansap birleşiminde oturma.



Şekil 4. 19: Minase Barajı gövde dolusavak bağlantısında farklı oturma mansap birleşiminde oturma 14 Haziran 2008 Mw 6.9 Iwate-Miyagi Nairku Depremi, Japonya.

4.7 Kabarma

Aşağıdaki şekillerde aynı baraja ait deprem sonrası zemin kabarma örnekleri gösterilmiştir Şekil (4. 20,21), [Bray vd., 2010].



Şekil 4. 20: Memba topuğunda kabarma Şili Depremi Mw 8.8.



Şekil 4. 21: Memba topuğunda kabarma Şili Depremi Mw 8.8.

4.8 Heyelanlar

Heyelan oluşturan toprak ve kaya kütleleri özellikle dağlık bölgelerde büyük felakete yol açabilir. Heyelan eden malzeme aşağı kısımdaki yerleşim yerlerinde can ve mal kayıplarına yol açabilir, evleri ve yapıları yıkabilir. Bu tür toprak kaymaları, yağışlar nedeniyle zeminin suya doymun hale gelmesiyle ve zayıf yüzeyler üzerinde kaymasıyla oluşabilir. Aynı şekilde, potansiyel kayma yüzeylerinin olduğu zayıf zemin koşullarında, depremler sonucu oluşan sismik titreşimler de bu tür kaymalara neden olabilir. Eğer bu tür bir toprak kayması baraj rezervuarına doğru olursa, barajın taşması ve yıkılması, mansap kısmında can ve mal kayıplarının oluşması riski bulunmaktadır. Vajont Barajı (1963) bu duruma bir örnek olarak gösterilebilir.

Büyük rezervuarların neden olduğu deprem benzeri sismik aktivitenin, toprak kayması riskini artırabileceği ifade edilmektedir. Teknik açıdan, deprem sarsıntısının gevşek zeminlerde toprak kaymasını hızlıca tetikleyebileceği ve bir saha araştırması aşamasında geçerli olan koşulların daha sonraki dönemlerde artık geçerli olmayacağı söylenebilir [Pertley, 2013]. Araştırmalar, depremle tetiklenen toprak kaymalarının barajları etkileyebileceğini göstermektedir. Orta ve büyük ölçekli depremlerin toprak

kaymalarını tetikleyebileceği ve heyelanların genellikle toplam deprem hasarının önemli bir kısmına neden olabileceği öngörülmektedir.

1. Kayaların düşmesiyle kapak vb. mekanik ekipmanın hasar görmesi, su tahliye kulesinin çatlaması, istinad duvarlarının devrilmesi, yerüstü santral binalarının çatlaması ve delinmesi, elektromekanik ekipmanların ve cebri boruların çeşitli hasarları, şalt sahaları, iletim hatları vb.

2. Toprak kaymaları ve kaya düşmelerinin rezervuara yönelerek dalga etkisi oluşturması ve suyun kreti aşarak barajların taşmasına neden olması.

3. Nehirleri tıkayan heyelanlar ve kaya düşmeleri sonucu oluşan barajlar ve göllerin, yıkılarak başka barajların taşmasına ve mansapta nehir yatağında inşa edilen santral binaları ve elektromekanik ekipmanların taşkın sebebiyle su altında kalması.

4. Heyelanlar ve kaya düşmelerinin, baraj sahasına ve yardımcı tesislere ulaşım yollarını tıkaması.

Genel olarak, yukarıdaki verilere dayanarak, depremle tetiklenen heyelanlardan kaynaklı baraj yıkılma olasılığının çok düşük olduğu söylenebilir [Nasrat vd., 2020].

Aşağıda deprem sonrası Aratozawa Barajı rezervuarında oluşan heyelan gösterilmiştir (Şekil 4. 22), [PWRI, 2008]; (Şekil 4. 23), [Kayen vd., 2008].



Şekil 4. 22: Aratozawa Barajı büyük rezervuar heyelanı.



Şekil 4. 23: Aratozawa Barajı büyük rezervuar heyelanı deprem öncesi ve deprem sonrası uydu görünümü.

4.9 Seicheler

Depremlerin kapalı havzalardaki su birikintilerinde, göl ve rezervuarlarda oluşturduğu dalgalara seiche denir. Alaska'daki 1964 Good Friday Depremi Louisiana ve Arkansas'daki göllerde 1,5 m yüksekliğinde yıkıcı dalgaların oluşmasına neden olmuştur [Spaeth ve Berkman, 1967]. Seichenin bir başka türü de bir göl veya rezervuar içindeki bir fayda kalıcı bir düşey yerdeğiştirme meydana geldiğinde oluşur. 1959 yılında Hegben Gölü'ndeki düşey fay hareketi bir seiche oluşturmuş; dalga baraj gövdesinden aşmış ve baraj gövdesinin topuğu görünmüştür [Steinbrugge ve Cloud, 1962]. Depremle tetiklenen seichelerin neden olduğu baraj yıkılma olasılığı, önceki baraj yıkılma istatistikleriyle kontrol edilmiş ve bu tür bir olasılığın diğer yenilme modlarına göre çok düşük olduğu görülmüştür. 1999 İzmit Depreminde Yuvacık Barajı'nda 5 m dalga boyuna sahip seiche oluştuğu ancak rezervuar o sırada tam dolu olmadığı için taşma olmadığı belirtilmiştir [Hinks vd., 2012].

Aratozawa Barajı, 14 Haziran 2008 tarihli Iwate-Miyagi-Nairiku Depreminde (Japonya) kaydedilen 1.03 g'lik pik yer ivmesiyle sarsılmıştır. Baraj sadece hafif hasar almıştır. Büyük bir toprak kütlesi rezervuarın kuzey koluna doğru kayarak seiche dalgası oluşturmuş ve bu dalga dolusavaşın üzerinden taşma şeklinde geçerek, kreti aşmadan mansaba geçmiştir [Şekil 4.23]; [Kayen vd., 2008].

4.10 Tektonik Hareketlilik

Aktif faylar üzerine inşa edilen barajlar ile ilgili ciddi hasarlar olduğu birçok çalışmada rapor edilmiştir. ICOLD Bülten 112 (1998)'de, en son fay hareketinden itibaren 11.000 ila 35.000 yıllık zaman içinde deprem üreten fayı aktif fay olarak tanımlamıştır.

Sismik aktivitesi yüksek bölgelerdeki büyük faylar için aktif olanları tanımlamak çok zor olmamalıdır, ancak sismisitesi düşük bölgelerdeki küçük faylar için belirli bir fayın yukarıdaki tanıma uyup uymadığını kesin olarak belirlemek zor olabilir. Bir barajın aktif bir fayın üzerine inşa edilmesi nedeniyle yıkılmış olduğu klasik bir örnek Tayvan'daki Shih-Kang Barajı'dır. Bu baraj, 21 Eylül 1999 tarihindeki Chi-Chi

depreminde Chelungpu Fayı'nın, barajın altından (çoğunlukla dikey olarak) birkaç metre hareket etmesi sebebiyle göçmüştür (Şekil 4.24,25), [Hwang, 2000]; [Hinks vd., 2012]. Shih-Kang barajı deneyimi, beton barajların fay kırılmasına uyum sağlayacak şekilde tasarlanamayacağını doğrulamıştır [USCOLD, 2000].



Şekil 4. 24: Shih-Kang Barajı Chelungpu fayı.



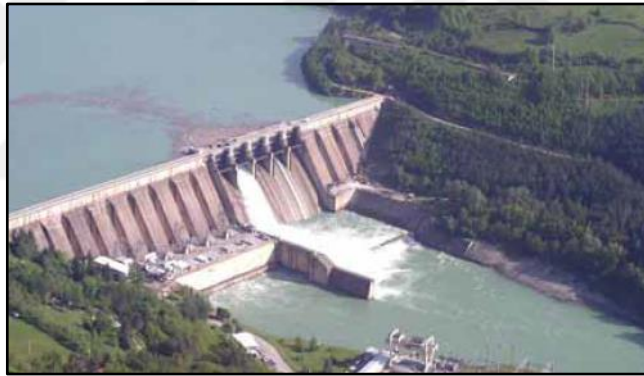
Şekil 4. 25: Shih-Kang Barajı 1999 depreminden.

Yeni Zelanda'daki Clyde Barajı, Cairnmuir-Dunstan Fayı'nın bir kolu üzerine inşa edilmiş ve baraj 2 metre yanal ve 1 metre dikey hareketi mümkün kılan bir kayma

derzi içermektedir. Benzer koşullarda başka bir barajda deprem için kayma derzi tasarlanmıştır. Gelecekteki hareketin tasarlanan derz ile tam olarak hizalanıp hizalanmayacağı ve uyumu konusunda şüpheler bulunmaktadır [Hinks vd., 2012].

Normalde, bir baraj aktif tektonik birim üzerine inşa edildiğinde, barajın bütünlüğünü etkilemeden düzgün hareketlere maruz kalabilir. Ancak, eğer baraj gövdesi farklı hareketlerin meydana geldiği bir bölgeyi kesiyorsa, tetiklenen farklı hareketler sonucunda barajın yapısal bütünlüğü ve emniyeti tehlikeye girebilir [ICOLD, 1998].

Bajina Basta Barajı örneğindeki durum, tasarım yükleri altında beklenen normal baraj hareketlerinin ve neotektonik etkilerin bir kombinasyonu olarak değerlendirilmiştir. Bu kombinasyon, gözlenen beklenmeyen toplam hareketleri üretmiş ve bu hareketler zamanla maksimum deplasman değerine yaklaşmıştır (Şekil 4. 26), [ICOLD 1998].



Şekil 4. 26: Bajina Basta Barajı, Sırbistan.

Barajın hareketleri yoğun bir şekilde izlenmiştir. Genel hareketlerin yanı sıra, 1990 yılına kadar yapılan baraj incelemelerinde önemli bir hasar tespit edilmemiştir. Ancak, bu tarihte sol sahil mansap kısmında önemli çatlaklar gözlemlenmiştir.

Bajina Basta Barajı, görünüşte zararsız bir şekilde farklı deplasmanlar yapmıştır, ancak sol sahil birleşim noktasındaki yerel farklı hareketler, barajda önemli iyileştirme çalışmalarının yapılmasını zorunlu kılmıştır.

Eğer buna benzer durumlar ve baraj gövdesinin olduğu alanda bir fayın varlığı önceden doğrulanmış ise, baraj inşaatı için bu sahanın terk edilmesi ve değiştirilmesi en güvenli çözüm olarak tavsiye edilmektedir [Wieland, 2012]. ICOLD her zaman aktif fay üzerine beton baraj inşaatından kaçınılması gerektiğini belirtmiştir. Buna benzer durumlarda SSB vb. beton barajlara göre kil çekirdekli kaya dolgu barajların daha güvenli olabileceğinin göz önünde bulundurulması gerektiğine dair çalışmalar yapılmıştır [Hinks, 2015].

Bu tür alanlar için daha yüksek maliyeti olsa bile kil çekirdekli dolgu baraj tipinin tek doğru seçenek olduğu da vurgulanmıştır [Abbas, 2008].

4.11 Su Kaçaklarının Artması ve Borulanma

Depremler sonrası barajlarda su kaçakları ve sızıntıların oluşması ya da mevcut sızıntıların artması, barajın güvenliği için ciddi bir tehdit oluşturabilir. Foster vd. (2000) tarafından yapılan çalışmaya göre dolgu baraj yıkılmalarının yaklaşık %43'ü borulanma sebebiyle gerçekleşmektedir. Aynı çalışmaya göre borulanmanın %66'sı baraj gövdesinde oluşan sızmadan dolayı gerçekleşmektedir. Vick (1993) depremden önce bazı borulanma geçmişi olan barajlarda, kil içeren dolgu setlerinin, kil içermeyen topraklardan yapılan dolgu setleri gibi deprem yüklemesi sonucu tekrar borulanma ve su kaçırmaya karşı aynı derecede hassas olduğunu bulmuştur. Bazı barajlarda deprem sonrası artan sızıntılar rapor edilmiştir. Artan kaçaklar ve bulanık su gelişleri, borulanma veya kil yıkanmasının (içsel erozyon) bir işareti olabilir. Bununla birlikte, birçok barajda deprem sonrası artan su kaçakları deprem öncesi koşullara geri dönmüştür. Piyezometrelerde artan su seviyeleri ile ilgili de aynı durum gözlenmiş ve zamanla su seviyeleri çoğu barajda normale dönmüştür.

Deprem anında rezervuar su seviyesinin düşük olması sebebiyle borulanma oluşmadığı düşünülen vakalar da vardır. Su seviyesi tekrar yükseldiği zaman bu barajların kontrol edilmesi uygun olacaktır. Deprem olayından yaklaşık 24 saat sonra dolgu setlerinin yıkıldığı bir dizi Japon vaka çalışmasının da borulanma kaynaklı olabileceği düşünülmektedir [Pells ve Fell, 2002].

Deprem sonrası toprak dolgu gövde tipindeki Matahina Barajı'nda su seviyesinin hızlı bir şekilde düşürülmesi nedeniyle su kaçaklarının çok arttığı rapor edilmiştir [USCOLD, 1992].

Şekill 4.27'de dipsavak kondüvisi etrafında oluşan borulanma sonucu baraj gövdesinin yıkılması gösterilmiştir [Fell vd., 2005].



Şekil 4. 27: Dipsavak kondüvisi etrafında borulanma.

4.12 Deprem Hasarlarına Geçici Koruma Tedbirleri

Deprem sonrası acil önlemlerin zamanında alınmasının çok önemli olduğu birçok çalışmada vurgulanmıştır. Hızlı alınan koruma, bakım ve onarım tedbirleri, sonraki artçı sarsıntılarda barajın daha fazla hasar almasını önleyebilmektedir [Jing, 2011]. Şekil 4. 28'de The Niigata-ken Chuetsu Depremi (Mw 6.6) 23 Ekim 2004 sonrası Asagawara Barajı'nda hasar gören kısımların su geçirmez bir malzeme ile kapatılması gösterilmiştir [Omachi, 2004].



Şekil 4. 28: Asagawara Barajı hasar gören kısımların kapatılması.

Şekil 4. 29’da 2011 Tohoku Depremi (Mw 9.0) sonrası Koromokawa Barajı hasar gören kısımların su geçirmez bir malzeme ile kapatılması [Matsumoto vd., 2012].



Şekil 4. 29: Koromokawa Barajı hasar gören kısımların kapatılması.

4.13 Geçmiş Büyük Depremler ve Sonrasında Oluşan Baraj Hasarları

1906 San Francisco depreminden günümüze kadar olan bazı depremlerde barajların performansı ile ilgili veriler farklı kaynaklardan alınarak özetlenmeye çalışılmıştır [USCOLD, 1992], [USCOLD, 2000], [USSD, 2014]. Dünya çapında barajların depreme karşı çok iyi performans göstermesinde büyük ölçüde çok az barajın büyük depremlere ve ciddi sarsıntılara maruz kalmış olmasının da bir etken olabileceği

belirtilmiştir [USCOLD, 1992]. Geçmiş büyük depremler sonrası yıkılan barajlar Ek-D Tablo 6.19’da, ağır hasar alan barajlar ise Ek-E Tablo 6.20’de gösterilmiştir.

4.13.1 San Francisco Depremi ABD 1906 Mw: 8.25

1906 San Francisco depremi, 8.25 büyüklüğündeydi ve San Fernando fayının 56 km yakınında 33 homojen toprak dolgu baraj ve 8 km içinde 15 baraj bulunuyordu. Bu barajların hepsinin muhtemelen 0.25 g’den büyük PGA değerlerine maruz kaldığı ve özellikle 8 km içinde olanların muhtemelen 0.6 g’den daha büyük ivmelere maruz kaldığı düşünülmektedir. Ancak, bu eski barajlardan hiçbiri önemli bir hasar almamıştır. Seed (1979) baraj şevlerinin oldukça dik olduğunu (tipik olarak 1’e 2 ile 1’e 3), genellikle hayvanlar tarafından sıkıştırıldığını veya ekipler ve arabalarla yer değiştirerek sıkıştırıldığını belirtmiştir. Ayrıca, hepsinin kaya üzerine veya kil zeminler üzerine inşa edildiğini eklemiştir. İki baraj büyük ölçüde kumdan yapılmış, ancak bu kumun muhtemelen suya doymamış olduğu belirtilmiştir [Hinks vd. 2012].

San Andreas Barajı da 1906 depremini oldukça az hasarla atlattır. Baraj, fayın geçtiği doğal yüksek zemin tarafından ayrılan iki dolgu bölümünden oluşuyordu. 1906 depreminde, barajın civarında fay boyunca 1.8 ila 2.4 metrelik bir deplasman meydana geldi. Baraj, büyük hasar olmadan sarsıntıya dayandı, ancak dolgu setleri boyunca uzunlamasına çatlamlar ve şev birleşimlerinde enlemesine çatlaklar meydana geldi. Aynı depremde, Upper Crystal Springs Barajı’ı gövde dolgusunda 2.4 metrelik bir atım meydana geldi.

4.13.2 Oga Depremi Japonya 1939 Mw: 6.6

Oga Depreminde ciddi hasar gören 74 dolgu seti üzerinde kapsamlı bir araştırma yapıldı. Dolgu setlerinin yükseklikleri 1.5 m ile 18 m arasında değişiyordu ve ağır hasarın olduğu bölgede PGA yaklaşık 0.3 ila 0.4 g idi. 12 baraj(sedde) tamamen yıkıldı ve ayrıca 40 tane rapor edilen şev kayması vakası vardı. Araştırmanın sonuçları şu şekilde özetlenmiştir:

Hasar gören ve tamamen yıkılan dolgu setlerinin çoğu kumlu topraklardan oluşuyordu. Killi topraklardan yapılmış dolgu setlerinde tamamen yıkılma meydana gelmedi; ve

Deprem sırasında baraj yıkılmasına çok az rastlandı; çoğu depremden birkaç saat veya en fazla 24 saat sonra yıkıldı [Hinks vd., 2012].

4.13.3 San Fernando Depremi 9 Şubat 1971 Mw: 6.6

9 Şubat 1971 tarihinde California'da meydana gelen San Fernando depremi 6.6 büyüklüğündeydi. Bölgedeki modern toprak dolgu barajlar nispeten iyi bir performans sergilerken, hidrolik doldurma malzemedan inşa edilen 40 m yüksekliğindeki Lower San Fernando Barajı, tahmin edilen 0.55 ila 0.6 g PGA değeriyle ciddi hasar gördü.

Deprem, barajın memba şevi kret birleşiminde büyük bir kaymayı tetikleyerek yaklaşık 9 metrelik üst kısmını ortadan kaldırdı. Yenilme, memba şevinin alt bölümünde hidrolik kum dolgu malzemesinin sıvılaşmasıyla başlamış gibi görünmektedir.

Deprem anında rezervuardaki su seviyesinin MSS'nin yaklaşık 10 m altında olması büyük bir faciayı engellemiştir. Kayma olayından sonra, su seviyesinin üzerinde yalnızca yaklaşık 1.5 metrelik, ayrılmış çatlaklı malzeme kalmıştır. Barajın mansabında yaşayan yaklaşık 80,000 kişi tahliye edilmiştir[Hinks vd., 2012].

4.13.4 Tangshan Depremi Çin 1976 Mw:7.8

1976 Çin Tangshan depreminde, Paiho Barajı da dâhil olmak üzere 330'dan fazla baraj hasar gördü. Depremin büyüklüğü 7.8 idi. 22 m yüksekliğindeki Douhe Barajı da aynı depremden hasar gören diğer barajlardan biriydi. Boyuna çatlaklar, maksimum deplasmanlar ve gövde topuk kısmında kabarma yaygın olarak görüldü. Hasar, temelde doymuş siltlerin sıvılaşmasına dayandırıldı.

4.13.5 Loma Prieta, Depremi 17 Ekim 1989 Mw: 7.1

17 Ekim 1989 Loma Prieta, Depremi (M7.1), San Francisco Körfez Bölgesi'nde geniş bir bölgeyi etkiledi ve episentral bölgede bulunan yaklaşık bir düzine dolgu barajda şiddetli sarsıntılara neden oldu. Merkez üssünden 100 km uzaklıkta, çoğunluğu dolgu baraj olan farklı büyüklüklerde 100'den fazla baraj bulunmaktaydı. Bu deprem, iyi

tasarlanmış dolgu barajların şiddetli yer hareketine dayanma yeteneğini bir kez daha gözler önüne serdi. Deprem sırasında rezervuarların çoğu, kurak sezon nedeniyle maksimum kapasitelerinin %10 ila %50'si arasında bulunmaktaydı. Ayrıca, yüksek depremselliğin olduğu bölgelerde bulunan barajların tasarımlarında dikkate alınması gereken pik yer ivmesi değerine nadiren ulaştığı görüldü [USCOLD, 1992].

4.13.6 Northridge Depremi 7 Ocak1994 Kaliforniya Mw:6.7

ABD'de, deprem nedeniyle oluşan yer sarsıntıları, 75 km mesafede bulunan 105 barajda oldukça şiddetliydi. Bu barajlar büyük ölçüde, 1971'de San Fernando (M6.6) depremi sırasında sarsılan aynı barajlardı. 11 homojen toprak dolgu ve kaya dolgu barajda, son depremin bir sonucu olarak bazı çatlaklar ve şev kayma hareketleri görüldü, ancak hiçbiri can ve mal güvenliği için bir tehdit oluşturmadı. Bu tatmin edici performans büyük ölçüde Kaliforniya'da, en önemli barajların çoğunun 1971 San Fernando Depremi sonrasında başlatılan incelemeler sırasında Olabilecek En Büyük Deprem (MCE) için yeniden değerlendirilmiş olmasından kaynaklandı. Riskli veya emniyetli olmayan dolgu barajlar yükseltilmiş veya kullanımdışı bırakılmıştı veya işletme sahiplerinden artan serbest su seviyesiyle kısmen dolu rezervuarlarla çalışmaları istenmişti. Emniyetli ve uygun sismik tasarım parametrelerinin benimsenmesi tüm bu barajları yıkılmaktan kurtarmıştır.

4.13.7 İzmit Depremi 17 Ağustos 1999 Mw:7.6 Türkiye

Türkiye'de 17 Ağustos 1999'da 7.6 büyüklüğünde Kocaeli İzmit Depremi meydana gelmiştir. Bu deprem, Kuzey Anadolu fay sisteminin en kuzeydeki kolu olan fay hattının kırılması sonucunda meydana gelmiş ve 1939'dan itibaren 7.0'nin üzerinde büyüklüğe sahip 7 deprem üretmiştir. Bu bölgedeki 48 barajdan hiçbiri etkilenmemiştir. Depremi merkez üssüne yaklaşık 7 km uzaklıktaki 108 m yüksekliğindeki kil çekirdek kaya dolgu tipinde inşa edilen Yuvacık Barajı kretinde 11,4 cm oturma dışında hiçbir hasar oluşmamıştır.

4.13.8 Batı Tottori Depremi 6 Ekim 2000, Japonya Mw:6.7

Batı Tottori Eyaleti Mw 6.7 büyüklüğündeki deprem, 6 Ekim 2000'de saat 13:30'da meydana geldi. Depremde kimse hayatını kaybetmedi, ancak 132 kişi yaralandı, 28 ev tamamen yıkıldı, 82 ev orta hasar aldı ve 5.050 ev kısmen hasar gördü. Depremden sonra 180 baraj incelendi. Birçok artçı sarsıntı kaydedildi ve bunlardan biri 5 büyüklüğünde, üçü ise 4'ten büyük sarsıntılardı. Barajlar hafif hasarlar dışında büyük hasar almadı.

4.13.9 Bhuj Depremi 26 Ocak 2001 Hindistan Mw 7.7

Birçok baraj ağır hasar aldı. Deprem sonrasında, barajlardaki onarımlar iki aşamada gerçekleştirildi. İlk aşama onarımlar, muson mevsimi sırasında maksimum sayıda barajın işletmede olmasını sağlamak için acil olarak yapılması gereken işlere odaklandı. Hemen onarılamayan barajlar kısmen veya tamamen yıkılarak sel sularının güvenli bir şekilde tahliyesi sağlandı. İlk aşama onarımları depremden sonraki 60 gün içinde tamamlandı [Patel ve Brahmabhadd, 2003].

İkinci aşama onarımlarda, barajların gelecekteki depremlerde emniyetini sağlamak için çalışıldı. Bu onarımlar için bir deprem katsayısı benimsenmiş ve bu faktörün seçimi ile tasarım kuralları Patel ve Brahmabhadd (2003) makalesinde tartışılmıştır.

Deprem anında sulama sezonunun sonu olması nedeniyle rezervuarlarda çok az su bulunuyordu ve toprak dolgu barajlardaki çoğu hasar, barajın altındaki alüvyon tabakanın doygun kalmasına neden olan düşük su seviyesinin bulunduğu bölümde meydana geldi [Singh vd., 2005].

4.13.10 Niigata Depremi, Japonya 23 Ekim 2004 Mw 6.6

23 Ekim 2004 tarihinde meydana gelen Niigata-ken Chuetsu Depremi (Mw 6.6) (aynı zamanda Orta Niigata Eyaleti Depremi olarak da bilinir), Japonya'nın ana adası Honshu'da, Chūbu Bölgesinde, Niigata Eyaleti'nde, Ojiya şehrine yakın bir bölgede meydana gelen güçlü deprem dizisine aitti. Ana şokun hiposenterini, 37.3N, 138.8E koordinatlarında ve 15.8 km derinlikte bulunuyordu. Japon şiddet ölçeğinde 7 kademe

üzerinden 6+'lık bir şiddet kaydedilmiş olup, ana şokun ardından bazı M 6 büyüklüğünde artçı sarsıntılar meydana gelmiştir. Deprem birçok bina, yol ve demiryoluna ciddi hasar verdi ve 67 kişinin ölümüne, 4,805 kişinin yaralanmasına yol açtı. Üç toprak dolgu baraj ve elektrik santrali hasar gördü. Barajlardaki onarım çalışmaları yaklaşık 18 ay sürdü ve Mart 2006'da tamamlandı [Yasuda vd., 2004].

4.13.11 Tohoku Depremi, Japonya 11 Mart 2011 Mw 9.0

Tohoku depremi, Japonya'nın doğusunda ağır can ve mal kayıplarına, ciddi hasarlara, tsunamilere ve Fukushima Nükleer Santrali'nde önemli sorunlara yol açtı. Olaydan hemen sonra yaklaşık 400 baraj incelendi. Çoğu barajda herhangi bir hasar olmazken, bazı barajlar hasar gördü. Bir tanesi hariç, tüm barajların genel olarak emniyeti ile ilgili bir sorun olmadı. Ancak, sulama için kullanılan homojen toprak dolgu bir baraj tamamen yıkıldı ve mansap kısmında sekiz can kaybına neden oldu [Matsumoto vd., 2012].

5. FARKLI YÖNTEMLER İLE BARAJLARIN HASAR TESPİTİ

Deprem sonrası dolgu barajlarda hasar tespiti yapmaya yönelik en çok kullanılan parametreler krette oluşan çatlaklar ve oturma olarak gözükmektedir. Bunun yanısıra hasar ve depremin şiddeti, oturma ve depremin şiddeti, enine çatlaklar ve baraj özellikleri, enine çatlaklar ve depremin şiddeti, boyuna çatlaklar ve baraj özellikleri ile boyuna çatlaklar ve depremin şiddeti gibi farklı ilişkiler de hasar tespiti için kullanılabilir [Pells ve Fell, 2002].

Bazı barajların depremden (ana şoktan) yaklaşık 24 saat sonra yıkıldığı ve bu durumun, borulanma ile ilgili olduğu bildirilmiştir. Uygun bir filtre malzemesi ve iyi bir yerleşimin sağlanması büyük önem arz etmektedir [Seed vd., 1978].

(EED) senaryosunda en öncelikli konu, barajın su tutma kapasitesini koruyabilmesidir. Bu durumu değerlendirirken, dikkate alınması gereken önemli husus, belirlenebilecek kabul edilebilir kalıcı deplasman değerleridir. Literatürde Emniyete Esas Deprem senaryosu için belirlenen izin verilebilir kalıcı deplasman değerlerinin oldukça geniş bir aralıkta olduğu görülmektedir. Barajın yüksekliği, zonlama ve filtre kalınlığı malzemelerin mukavemet ve rijitlik davranışları ile ilintili olmakla birlikte, genellikle 1-1.5 metre altındaki kalıcı deplasman koşullarında baraj gövdesinin genellikle duraylı olduğu kabul edilmektedir [Çetin, 2014].

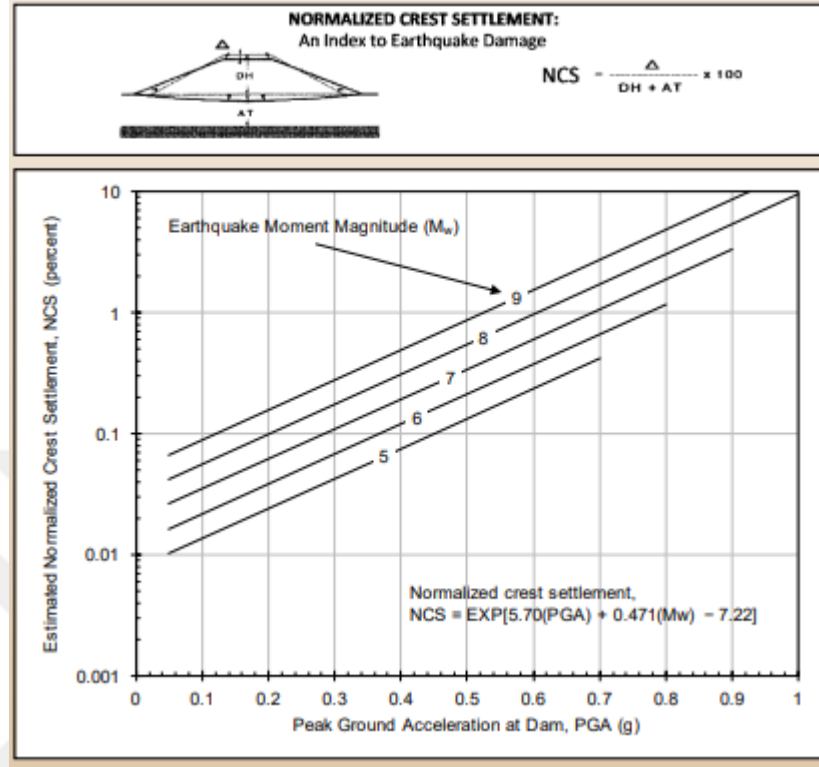
Dolgu baraj gövde tasarımı yapılırken, su sızıntısını azaltmak ya da geçirimsiz bir dolgu yapmak yerine, tasarım amacı kontrollü bir sızma sağlamaya yönelmiştir. Baraj gövdesinde biriken ya da sızan suların kontrollü bir şekilde gövdeye zarar vermeden mansaba aktarılması ve uzaklaştırılması en önemli önceliklerden biridir. Baraj gövdesinde bu görevi filtreler üstlenmiştir. Filtre zonlarının görevi; baraj kil çekirdeğinden sızan suların en kısa yoldan ve en kısa sürede baraj dolgusundan uzaklaştırılmasıdır. Bunun için filtre zonları yeterli deşarj kapasitesine sahip olmalı, borulanmaya karşı önleyici ve stabilizeye destek olmalıdır.

Kil çekirdekli barajlarda gövde dolgusunda kullanılan malzemenin granülometresine göre filtre tahkiki yapılarak filtre zonları tasarlanmaktadır. Rezervuarın ani boşalma durumunda kilin memba kabuk dolgusuna yıkanmasını önlemek için kil ve kabuk dolgu arasında düşey filtre tabakası tasarlanır. Kil çekirdek dolgusundan sızan suların mansap şevinden çıkmasını ve buna bağlı olarak da borulanma riskini yok etmek ve sızan suların dolguya zarar vermeden tahliye edilmesini sağlamak amacıyla kil çekirdek mansabına düşey filtre ve buna bağlı olarak da mansap dolgu tabanında yatay filtre tasarlanır [DSİ, 2014a].

Dinamik analizlerden çıkan sonuçlarla ilgili olarak, Dolgu Barajlar Tasarım Rehberinde “Bulunan oturma payları ve yatay deplasmanların barajın İED depreminde işlevini sürdürebilmesi ve EED depreminde işlevini yitirse bile stabilitesini (entegrasyonunu) kaybetmemesi koşullarını sağlayıp sağlamadığı yorumlanmalıdır. Merkezi kil çekirdekli barajlarda toplam kalıcı deplasman filtre genişliğinin yarısını aşmamalıdır. Kalıcı düşey deplasman ise baraj kret kotu ile normal su seviyesi arasındaki farktan düşük olmalı, deprem sonrası baraj su tutma kapasitesini devam ettirebilmelidir. Oturma payına göre baraj kretinde yapılacak kamber düzenlemesine karar verirken deprem oturmaları da dikkate alınmalıdır. Ancak oturma değerleri baraj yüksekliğinin %2’sini aşıyorsa, hava payı da dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak, inşaat sonrası ve su tutma tamamlandıktan sonra EED sonrası normal su seviyesinin üzerinde 100 yıllık taşkın hacmini depolayabilecek yüksekliğin sağlanması gerekmektedir. Dinamik analizden çıkan sonuçların mertebeleri Makdisi ve Seed Metodu, Bureau Metodu, Swaisgood, Travasarou, Pells & Fell ve benzeri ile kontrol edilmelidir.” denilmektedir [DSİ, 2014a]. Görüldüğü gibi sismik yükler altındaki dolgu barajlar için filtre genişliğine bağlı yatay deplasman ve oturmalara bağlı düşey deplasman tanımları yapılmıştır.

Swaisgood (1995,1998) tarafından önerilen hasar tanımlama parametreleri Tablo 5.1’de gösterilmiştir. Deprem sonrası barajın yüksekliği ile oturma miktarı arasındaki oran dikkate alınmıştır. Eğer baraj temel zemininde alüvyon tabaka varsa oturma miktarındaki toleransı arttıracak şekilde bu tabaka kalınlığı da dikkate alınmıştır. 50 m yüksekliğinde temelinde alüvyon olmayan dolgu bir baraj deprem sonrası 50 cm’den fazla bir oturma yapmışsa bu kritere göre ağır hasarlı olarak değerlendirilebilmektedir.

Tablo 5. 1: Swaisgood (1995,1998) hasar tanımlama parametreleri.



Tablo 5. 2: Swaisgood (1995,1998) hasar tanımlama parametreleri.

Kret Oturması, % Baraj Yüksekliği + Alüvyon Kalınlığı	Hasar Derecesi
0.02'den daha küçük	Hasarsız
0.02 - 0.1	Hasarsız-Hafif
0.1 - 0.5	Hafif-Orta
0.5 - 1.0	Orta-Ağır
1.0'dan daha büyük	Ağır

ICOLD (1989) tarafından önerilen sismik yükler altında dolgu baraj hasar tanımlama parametreleri Tablo 5.3'de gösterilmiştir. Bu tanımlamaya göre sadece krette çatlaklar varsa ve maksimum çatlak genişliği 1-4 cm civarında ise baraj hafif hasarlı, kret çatlaklarına ilave olarak oturma ve memba-mansap şev duraysızlığı varsa baraj orta

hasarlı olarak değerlendirilebilmektedir. 4 ila 30 metre yüksekliğindeki barajlar için önerilmiştir.

Tablo 5. 3: ICOLD (1989) hasar tanımlama parametreleri.

Hasar Seviyesi	Çatlak Genişliği	Farklı Oturmalar	Şev Kaymaları	Zemin Bloklarındaki Yerdeğiştirmeler
Hasarsız	0.01 m, sadece uzunlamasına	Yok	Yok	Yok
Hafif Hasar	<0.05 m	Yok	Yok	Yok
Orta Hasar	<0.05 m	Var	Var	Yok
Çökme	<0.1 m	Var	Var	Var

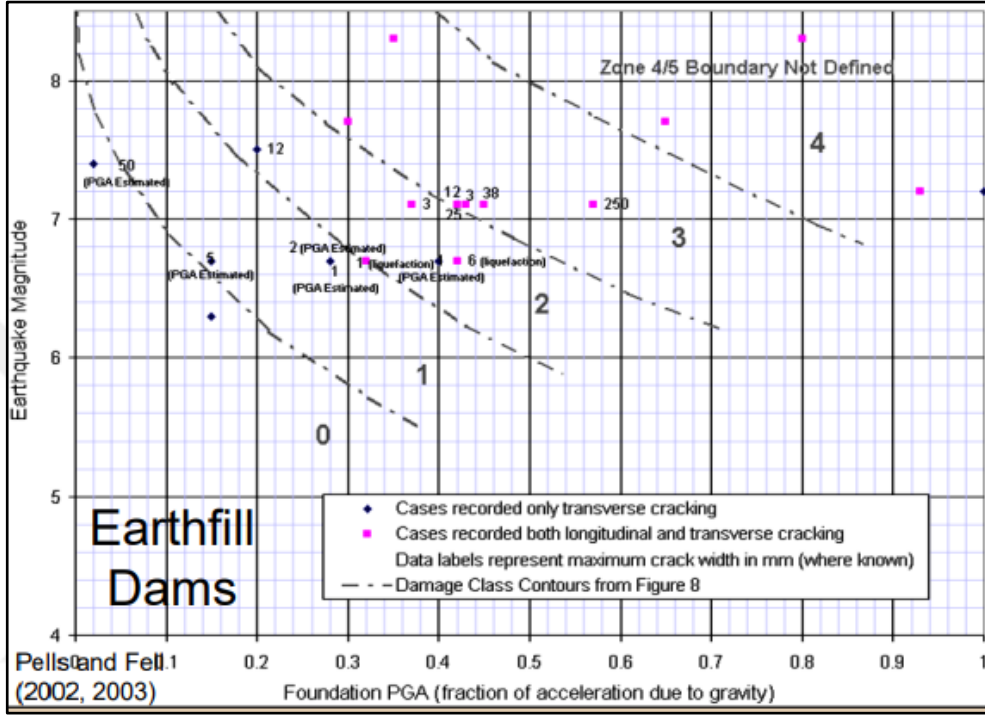
Pells ve Fell (2003) tarafından 95'i hasarlı 305 dolgu baraj üzerinde yapılan incelemeler sonucunda Tablo 5.4'de yer alan hasar sınıflandırması önerilmiştir. Bu sınıflandırmada, barajın hasarı sayısal olarak veya açıklayıcı bir şekilde belirtilmiş ve aşağıdaki kriterlerin en olumsuz olanı seçilerek tanımlanmıştır. Bununla birlikte, veri sınırlı olduğunda, sınıflandırma yalnızca bu kriterlerden biri dikkate alınarak yapılmıştır. Örneğin, bir barajın maksimum çatlak genişliği 50 mm ve maksimum kret oturması % 0,05 ise “orta” hasar olarak tanımlanmıştır.

Tablo 5. 4: Pells ve Fell (2003) tarafından önerilen hasar sınıflandırması.

Hasar Sınıfı			
No	Tanım	Maksimum Boyunna Çatlak Genişliği ⁽¹⁾ mm	Maksimum Rölatif Kret Oturması ⁽²⁾ (%)
0	Yok veya az	<10 mm	<0.03
1	Hafif	10-30	0.03-0.2
2	Orta	30-80	0.2-0.5
3	Önemli	80-150	0.5-1.5
4	Ağır	150-500	1.5-5
5	Çökme	>500	>5

Pells ve Fell (2003) tarafından Deprem Mw büyüklüğü ve baraj temel zemininde oluşan PGA ilişkisine bağlı olarak tanımlanan hasar sınıflandırması Tablo 5.5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. 5: Pells ve Fell (2003) Deprem Mw büyüklüğü ve PGA ilişkisi.



Wenchuan Depremi (M8.0) sonrası Çin’de hasar gören 1996 baraj için WRHP (Water Resources and Hydropower Planning and Design General Institute) tarafından Tablo 5.6’de yer alan hasar sınıflandırmasının kullanılması önerilmiştir [Jing vd., 2011]. Bu sınıflandırmada ‘Orta’ hasar tanımlamasında “2 numaralı hasardan daha az ciddi hasarlar.” denilmesi gerektiği aksi takdirde, ağır ve orta hasar ayrımının yapılamayacağı düşünülmektedir.

Tablo 5. 6: WRHP (2008) tarafından önerilen hasar sınıflandırması.

No	Hasar Sınıfı	Baraj Hasarının Tanımı
1	Yıkılmış	Baraj yıkılmış(patlamış) ve rezervuar boşalıyor.
2	Ağır	Barajda borulanma, ciddi derin çatlaklar, büyük ölçekli toprak kaymaları, merkezi(çekirdek) su sızıntısı, gözle görülür oturma gibi sorunlar mevcuttur. Baraj kısa sürede komple hasar görebilir.
3	Orta	1 numaralı hasardan daha az ciddi hasarlar. Barajın ve yardımcı yapıların güvenliği önemli ölçüde etkilenmiştir.
4	Hafif (az)	Baraj çatlakları, oturma, sızıntı gibi sorunlar mevcuttur. Barajın ve yardımcı yapıların güvenliği önemli ölçüde etkilenmemiştir.
5	Hasarsız	Görünen bir hasar yoktur.

Tasarım aşamasında dolgu barajların sismik yükler altındaki davranışını tahmin etmek ve analiz etmek için yukarıda açıklamaya çalıştığımız yaklaşımlar kullanılabilir. Ayrıca deprem sonrası barajların performansını ve hasar derecesini ölçmek için de bu öneri ve yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu yaklaşımların ortaya çıkarılması depremlerle test edilen barajların deprem davranışı ve hasar kayıtları üzerinden olmuştur.

Ancak deprem sonrası barajların durumunun en hızlı şekilde kontrol edilmesi varsa hasarların tespiti ve acil önlem alınması çok büyük önem arz etmektedir. Ağır hasar almış bir baraj, zamanında önlem alınmaz ise artan su sızıntıları ve oluşan artçı depremler ile yıkılabilir mansap kısmında çok büyük can kayıplarına sebebiyet verebilir.

Bu çalışmada sonraki bölümde barajda oluşan maksimum çatlak genişliğine, kalıcı yatay ve düşey deplasman olup olmadığına, barajın deprem sonrası su tutma kapasitesini koruyup koruyamadığına göre bir baraj hasar parametreleri tablosu önerilmiş ve hasar sınıflaması bu tabloya göre yapılmaya çalışılmıştır.

6. VAKA ANALİZİ KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ VE BARAJLARIN DURUMU

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından yapılan açıklamalarda 6 Şubat 2023 tarihinde, saat 04.17'de merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve moment büyüklüğü (Mw) 7.7 olan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde bir deprem meydana geldi. Depremin merkez üssü, Gaziantep ilinin 40 km kuzeybatısında ve Kahramanmaraş ilinin 33 km güneydoğusunda, odak derinliği 8.6 km ölçüldü. Aynı gün, yaklaşık 9 saat sonra, saat 13.24'te merkez üssü Elbistan (Kahramanmaraş) ve moment büyüklüğü (Mw) 7.6 olan DAFZ üzerinde ikinci bir deprem meydana geldi. Merkez üssü, Adıyaman ilinin 98 km kuzeybatısında ve Kahramanmaraş ilinin 62 km kuzeydoğusunda yer almakta olup odak derinliği 7 km olarak ölçüldü [AFAD, 2023].

Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) tarafından hazırlanan vaka analizi raporuna göre, Kahramanmaraş Depremleri serisinin ilk büyük sarsıntısı, 6 Şubat 2023'te yerel saatle yaklaşık olarak sabah 4:15'te meydana geldi. Bu olay, DAFZ üzerinde 7.8 moment büyüklüğünde oluşan bir depremdi. 11 dakika sonra bu depremi takip eden Mw 6.7 büyüklüğünde bir artçı sarsıntı meydana geldi ve ilk depremden 9 saat sonra Mw 7.5 büyüklüğünde bir deprem yaşandı [USGS, 2023b].

Bu çalışmada her iki deprem için de kullanılan şiddet haritası, büyüklük dağılımları, yüzey kırıkları vb. birçok bilgi USGS veri tabanından temin edildiği için USGS tarafından hesaplanan Pazarcık Depreminin moment büyüklüğü olarak Mw 7.8, Elbistan Depreminin moment büyüklüğü olarak Mw 7.5 değerleri esas alındı.

İlk vaka olan Pazarcık Depreminin moment büyüklüğünün Mw 7.9 olduğuna dair çalışmalar da yapılmıştır [Okuwaki vd., 2023].

Yine takip eden günlerde 20 Şubat tarihinde Hatay ilini etkileyen Mw 6.3 büyüklüğünde bir artçı deprem meydana geldi. Bu depremler Türkiye ve Suriye'de geniş bir alanda çok büyük can ve mal kayıplarına yol açtı. 50.000'den fazla insan hayatını kaybetti [GEER-EERI, 2023].

Kahramanmaraş Depremleri sonucunda ortaya çıkan altyapı hasarı ve yıkım da oldukça büyük olmuştur. Hazine ve Maliye Bakanlığı verilerine göre maddi hasar 103.6 milyar dolar olarak tespit edilmiştir. Bazı bölgelerde binaların %80'inin çöktüğü geniş çaplı bina yıkılmaları yaşanmıştır. Bu depremlerden 10 ilde 13,5 milyon insan etkilenmiştir.

Bu kadar büyük ölçekli can kayıpları, yaralanmalar ve maddi hasarlar hiç istenmese de deprem mühendisliği açısından deprem bölgesi adeta büyük bir laboratuvar ve gözlem alanı olmuştur. Depremler sonrası, bu büyük depremler ile ilgili saha gözlemleri, istasyon kayıtları vb. birçok veri elde edilmiş, bu veriler ile ilgili raporlar hazırlanmış ulusal ve uluslararası birçok seminerler ve sempozyumlar düzenlenmiştir. Bu çalışmanın hazırlanışı sürecinde, hasar tespit çalışmalarına katılım sağlanarak saha gözlemleri yapılmaya çalışılmış, depremler ile ilgili hazırlanan raporlar, yapılan çalışmalar taranmış, düzenlenen seminer ve sempozyumlara katılım sağlanarak özellikle barajlar ile ilgili veriler, hasar tespitleri ve fotoğraflar derlenmeye çalışılmıştır.

Deprem Bölgesinde Hidroelektrik santralli barajların genel performansının çok iyi olduğu, 3 ila 6 gün içinde tekrar çalışmaya başladıkları belirtilmiştir. Bölgede sulama ve taşkın kontrolü sağlayan birçok toprak dolgu baraj bulunmaktadır ve bu barajlar depremlerden etkilenmiştir. Depremler sonrası GEER üyeleri tarafından bölgedeki 7 toprak dolgu baraj incelenmiş ve bu barajların, temel zemin koşullarına, baraj gövde tipine ve fay kırılmasına olan yakınlıklarına bağlı olarak farklı performans sergiledikleri görülmüştür. Baraj aksından geçen fay kırılmasıyla oluşan hasar, barajın altında, topuk kısmında ve mansabında oluşan zemin sıvılaşması, gövde toprak dolgusunun deprem nedeniyle sıkışması ve oturması, kret çatlakları ve beton dökülmeleri gibi hasarlar belgelenmiştir. Genel olarak dolgu barajların dipsavak ve dolusavak gibi boşaltım tesislerinin depremlerden sonra sağlam ve işlevsel durumda olduğu gözlemlenmiştir [GEER-EERI, 2023].

Depremin moment büyüklüğü Mw 7.0 den 7.9 a kadar ise 200 km yarıçapında bir alanın incelenmesi gerektiği rehberlerde belirtilmiştir [USACE, 2017].

Depremden hemen sonra baraj mühendislerince ön incelemesi yapılan barajlara ait hasar durumları tespit edilmiş ve karakteristik bilgileri ile birlikte kaydedilmiştir

[Çetin vd.; 2023]. Söz konusu raporun 6. Bölümünde yer alan bu barajlara ait hasar durumları ve karakteristik bilgileri Ekler bölümünde Ek-A olarak Tablo 6.15’de verilmiştir. 5. Bölümde anlatılan hasar sınıfı tespiti için kullanılan parametreler dikkate alınarak, Tablo 6.1’de yer alan hasar sınıfı tespit parametreleri hazırlanmıştır. Tablo 6.15’te hasar durumlarıyla birlikte kaydedilmiş olan barajlar aşağıda Tablo 6.1’de yer alan kriterlere göre sınıflandırılıp hasar sınıfları belirlenmeye çalışılmıştır.

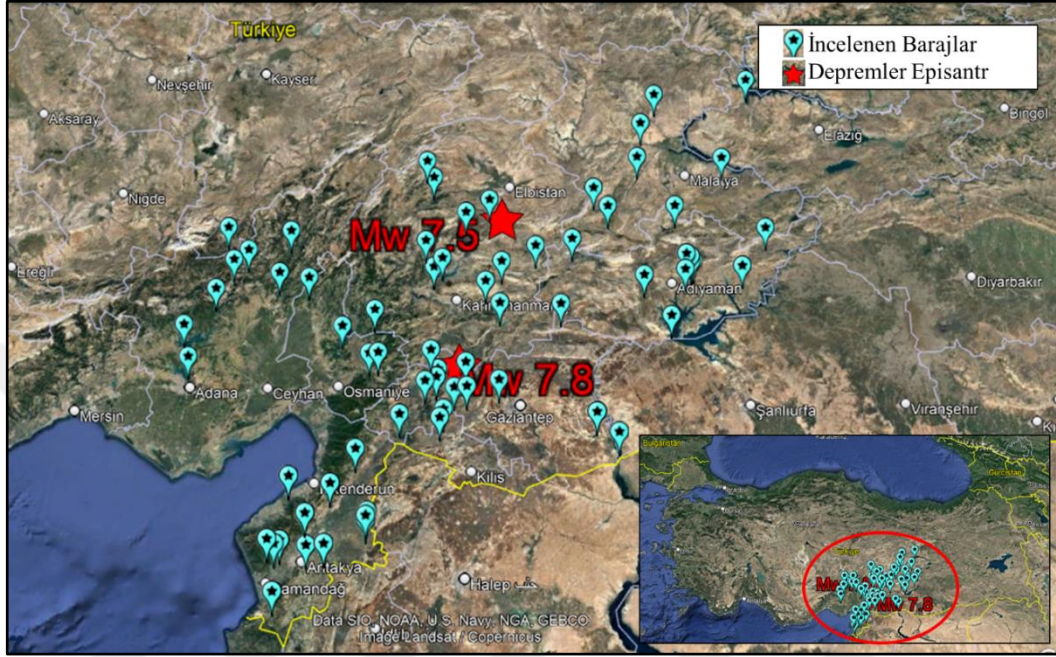
Baraj ile ilgili hiç hasar rapor edilmemiş ya da çatlak genişliği 1 cm’nin altında ise baraj “hasarsız” olarak kabul edilmiştir. Çatlak genişliğinin 30 cm ve üzerine çıktığı durumlar için kret oturması olmasa bile baraj “orta hasarlı” olarak sınıflandırma yapılmıştır. Barajın aldığı hasarlardan en olumsuz koşulu hangisi sağlıyorsa sınıflandırma ona göre yapılmıştır. Örneğin bir barajda çatlak genişlikleri 30 cm’nin altında fakat zemin bloklarında deplasmanlar olmuşsa baraj “ağır hasarlı” olarak sınıflandırma yapılmıştır. Maksimum kret boyuna çatlak genişliğinin 30 cm ve üzerinde olması tek başına “orta hasarlı” tanımı için yeterli görülmüştür. Yine aynı şekilde maksimum kret boyuna çatlak genişliğinin 80 cm ve üzerinde olması durumu tek başına “ağır hasarlı” tanımı için yeterli görülmüştür.

Tablo 6. 1: Bu çalışmada kullanılan hasar sınıfı tespit parametreleri.

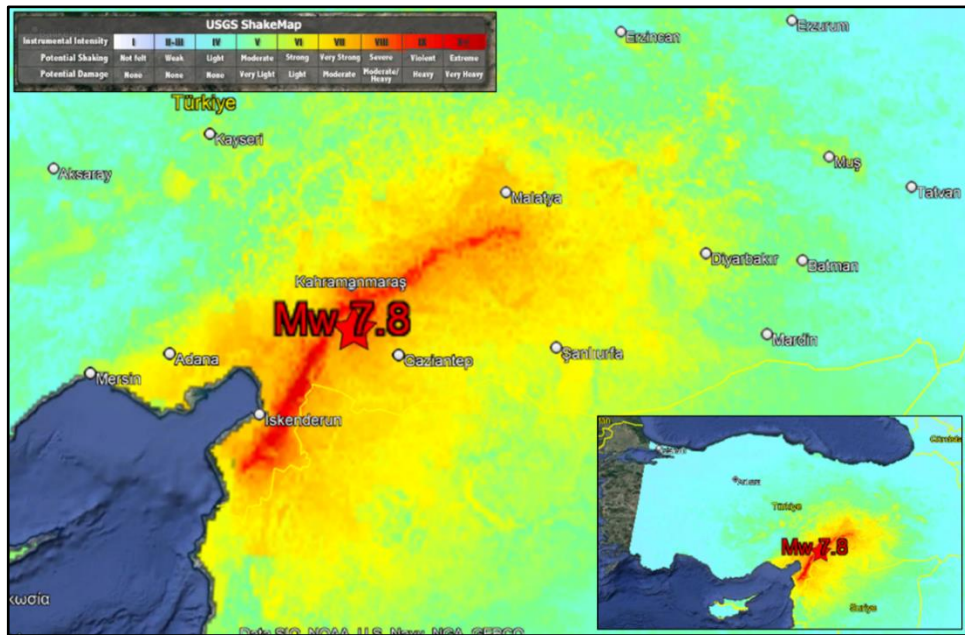
Hasar Sınıfı	Boyuna Çatlak Genişliği	Farklı Kret Oturmalar	Memba, Mansap Şev Kaymaları	Zemin Bloklarındaki Yerdeğiştirmeler
Hasarsız	< 1 cm	Yok	Yok	Yok
Hafif Hasarlı	1-29 cm	Yok	Yok	Yok
Orta Hasarlı	30-79 cm	Var	Yok	Yok
Ağır	≥ 80 cm	Var	Var	Var

Bu sınıflandırma ön araştırma sonuçlarına göre elde edilen veriler ışığında yapılmış ve barajların hasar sınıfı merteye olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Sonrasında ilave yapılacak ölçümler, analizler, tahkikler ya da güncellenen veriler neticesinde barajların hasar durumları değişiklik gösterebilir.

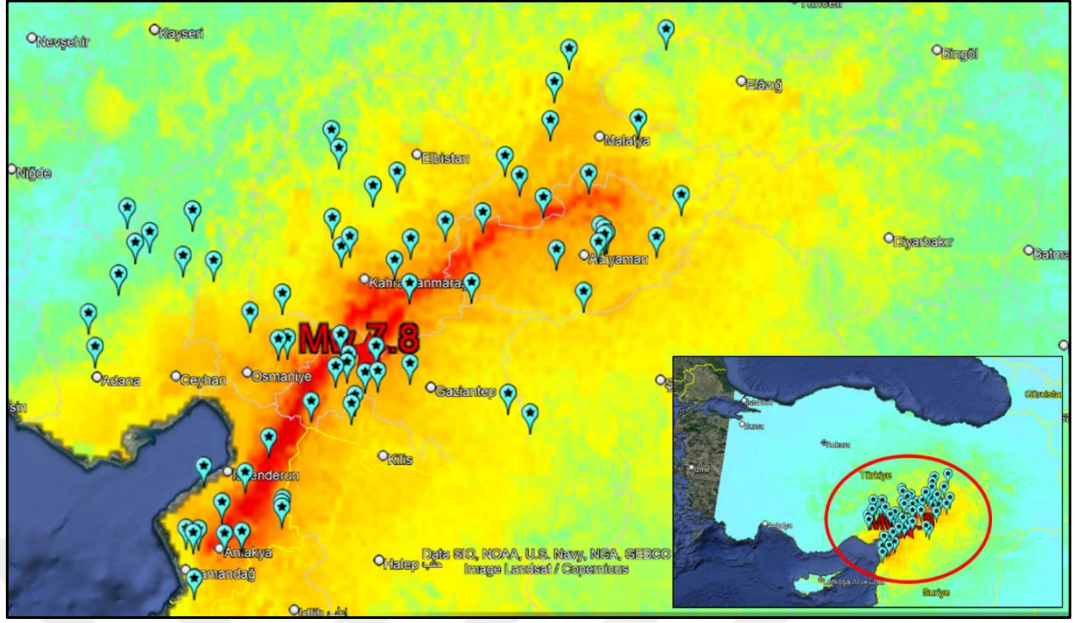
Şekil 6. 1’de azalım ilişkisi denklemleri için incelenen 68 barajın ve 2 ana depremin konumu gösterilmiştir. Şekil 6.2-5’de 68 barajın konumu ve Kahramanmaraş Depremlerinin şiddet haritaları birlikte gösterilmiştir.



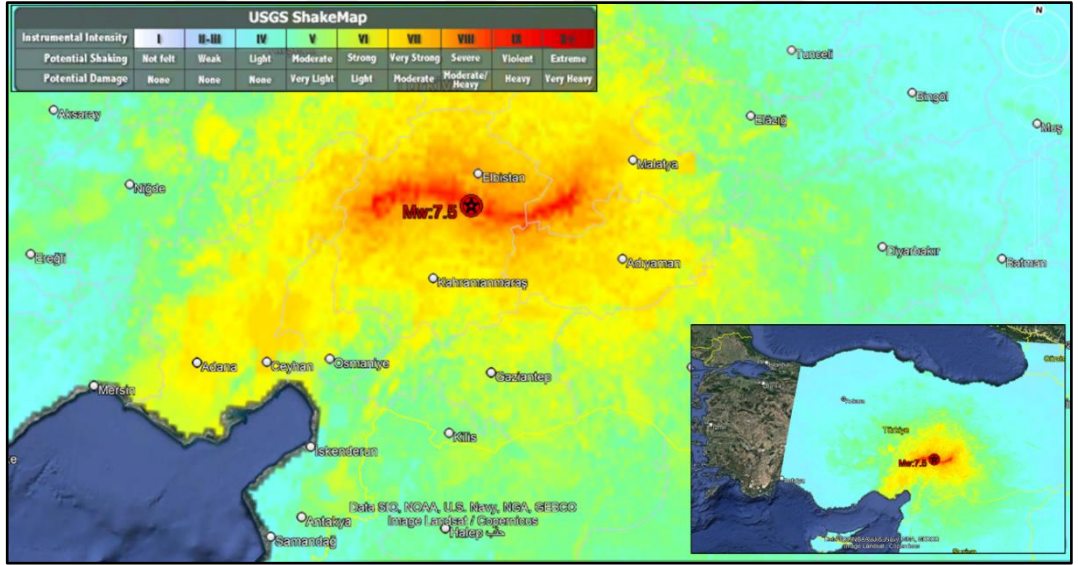
Şekil 6. 1: Bu çalışmada incelenen 68 barajın ve 2 ana depremin konumu.



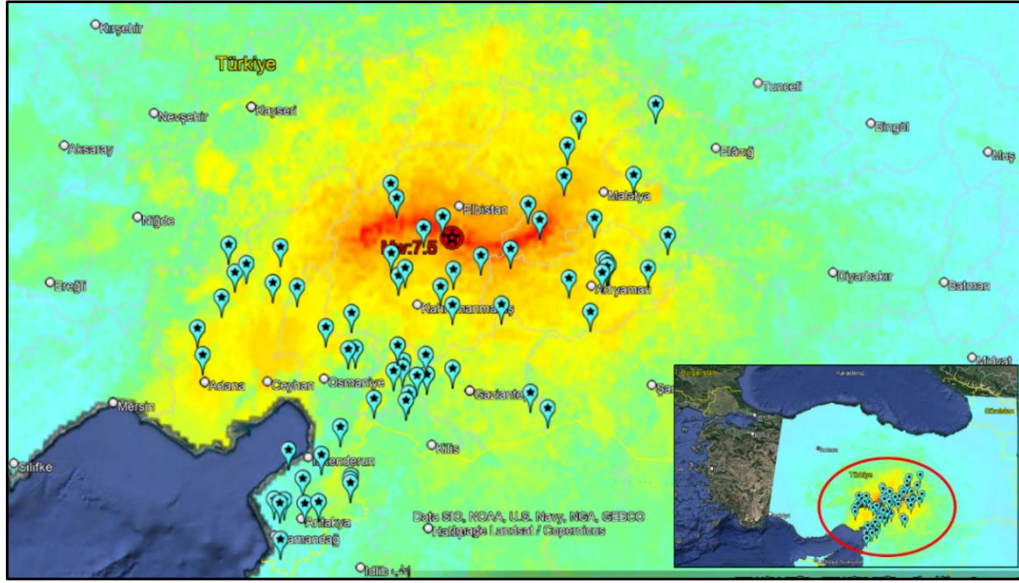
Şekil 6. 2: Pazarlık Depremi (Mw: 7.8) Mercalli şiddet haritası.



Şekil 6. 3: Pazarçık Depremi (Mw: 7.8) ve incelenen barajların konumu.



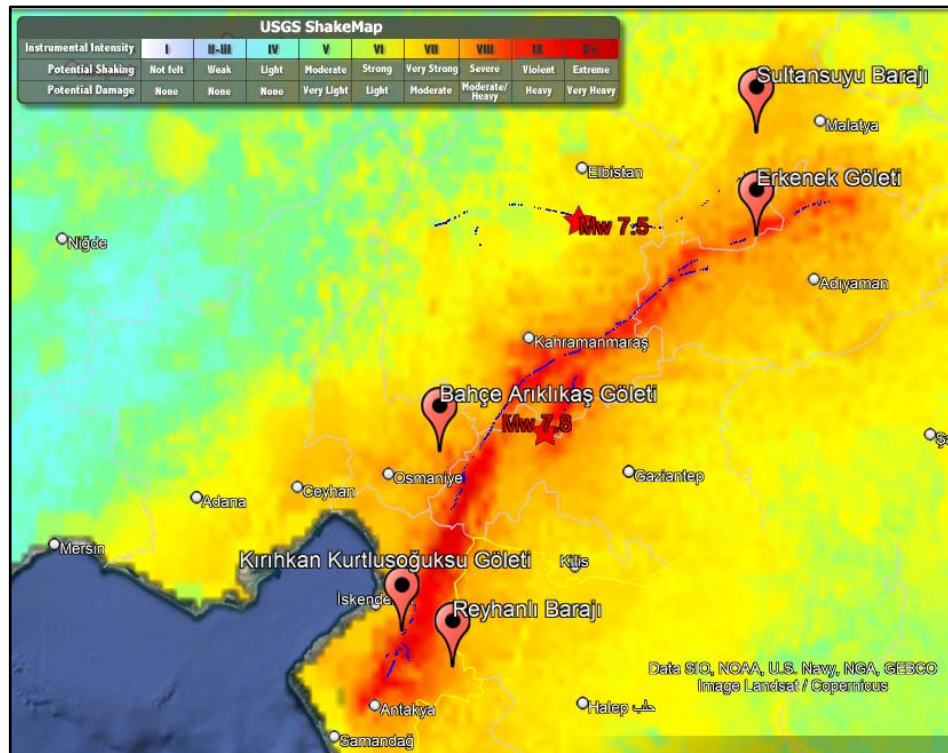
Şekil 6. 4: Elbistan Depremi (Mw: 7.5) Mercalli şiddet haritası.



Şekil 6. 5: Elbistan Depremi (Mw: 7.5) ve incelenen barajların konumu.

6.1 Ağır Hasarlı Barajlar

Şekil 6. 6'da Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Tablo 6.1'e göre sınıflandırması yapılan ağır hasarlı barajların konumu gösterilmiştir.



Şekil 6. 6: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve ağır hasarlı barajların konumu.

Tablo 6. 2: Ağır hasarlı barajların listesi.

Tesisin Adı	Proje Yeri	Tamamlanma Tarihi	Amacı ¹	Tipi ²	Gövde Hacmi (x10 ³ m ³)	Kret Uzunluğu (m)	Temelden Yükseklik (m)	Göl Hacmi (hm ³)	Hasar Tanımı	Hasar Sınıfı
Bahçe Arıklıkış	Osmaniye	1998	S	HTD	615.00	355.00	32.50	1.67	Önemli kret çatlakları, 80-120 cm genişliğinde önemli yanal hareketler	AĞIR
Kurtlusoguksu	Hatay	2017	S	KÇKD	362.87	419.09	40.00	0.75	Önemli kret çatlakları, 100-120 cm genişliğinde önemli yanal hareketler	AĞIR
Reyhanlı	Hatay	2020	S	HTD	20,730.00	9200.00	30.20	480	Mak. 100-120 cm genişliğinde ve mak. 280 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	AĞIR
Sultansuyu	Malatya	1993	S	KÇD	3,200.00	721.25	60.00	53.3	Önemli kret çatlakları, 150 cm genişliğinde önemli yanal hareketler	AĞIR
Erkenek	Malatya	2022	S	ÖMKD	1,452.00	157.00	41.00	3.17	Baraj yerinden geçen yüzey kırığı ve atım	AĞIR

6.1.1 Arıklıkaş Göleti (Osmaniye)

Arıklıkaş Göletinin konumu ile Pazarcık ve Elbistan Depremlerinin merkez üsleri harita üzerinde birlikte gösterilmiştir (Şekil 6.7), [Google Maps]. Tablo 6.3'de Arıklıkaş Göleti karakteristik bilgileri verilmiştir.

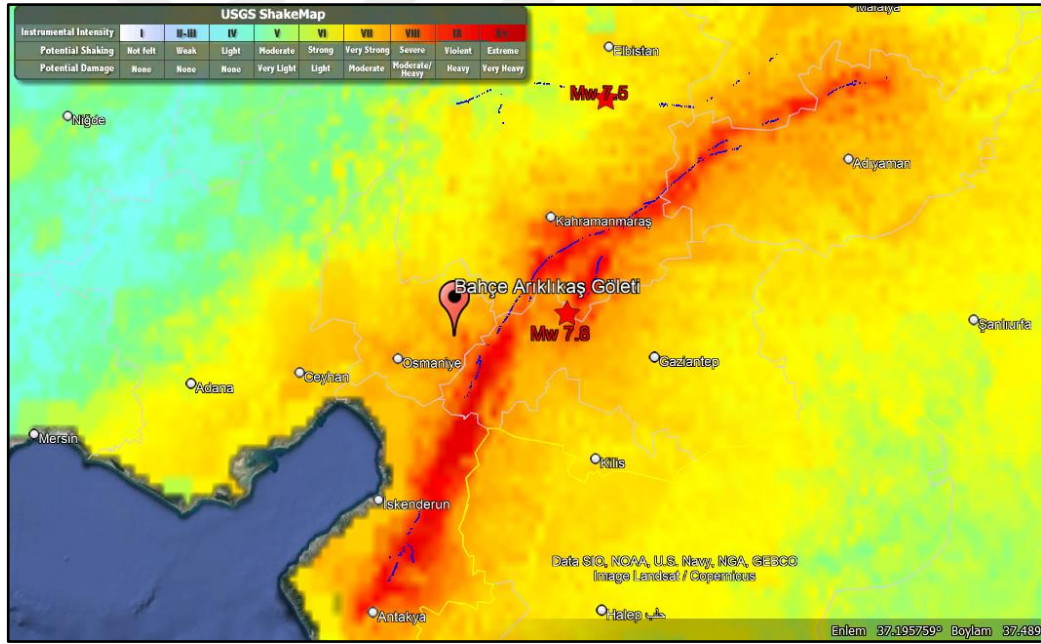


Şekil 6. 7: Arıklıkaş Göleti ve depremlerin konumu.

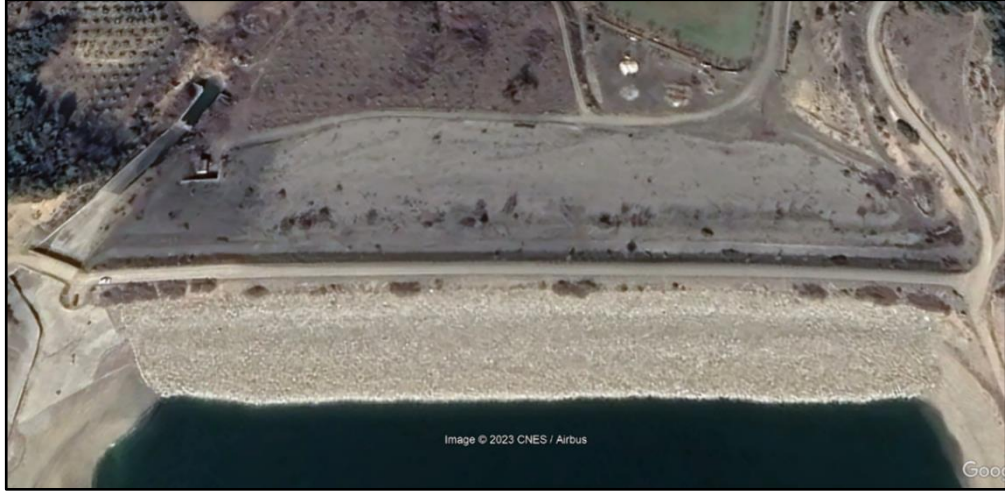
Tablo 6. 3: Arıklıkaş Göleti karakteristik bilgileri.

Proje Yeri	Osmaniye
Nehir	Sabuncu
İnşaatın Başlama ve Bitiş Tarihi	1994-1998
Amacı	Sulama (285 ha)
Baraj Tipi	Homojen Toprak Dolgu
Baraj Gövde Hacmi	615 000 m ³
Kret Kotu	580.50 m
Maksimum Su Seviyesi (MSS)	579.20 m
Normal Su Seviyesi (NSS)	577.90 m
Kret Uzunluğu	355 m
Temelden Yüksekliği	32.50 m
Rezervuar Hacmi (NSS)	1.67 hm ³
Baraj Doluluk Oranı (%)	15

Pazarcık Depremi şiddet haritasında Arıklıkaş Göletinin konumu gösterilmiş ve mavi çizgiler ile yüzey kırıkları işaretlenmiştir (Şekil 6.8). Deprem öncesi ve sonrası uydu görüntüleri gösterilmiştir (Şekil 6.11,12), [Google Earth]; [HGM Küre, 2023]. Baraja ait en az bir vaziyet planı ve en kesit verilmiştir (Şekil 6.9,10); [DSİ, Cüceoğlu 2023], [TRCOLD, 2014]. Arıklıkaş Göletinde oluşan hasarları ve deplasmanları gösteren farklı kaynaklardan elde edilen fotoğraflar açıklamalarla birlikte bu bölüme eklenmiştir. Arıklıkaş Göleti kretinde oluşan açılmalar ve kalıcı yanal deplasmanlar gösterilmiştir (Şekil 6.13-15) [DSİ, Cüceoğlu 2023]. Memba şevinde sıvılaşma belirtileri gözükmemektedir (Şekil 6.16), [Çetin, 2023]. Memba şevindeki kalıcı yatay deplasmanlar ve mansap şevi gösterilmiştir (Şekil 6.17-20), [Tosun, 2023]. Dolusavak ve dipsavak tesislerinde önemli bir sorun gözükmemektedir (Şekil 6.21-22) [DSİ, Cüceoğlu 2023].



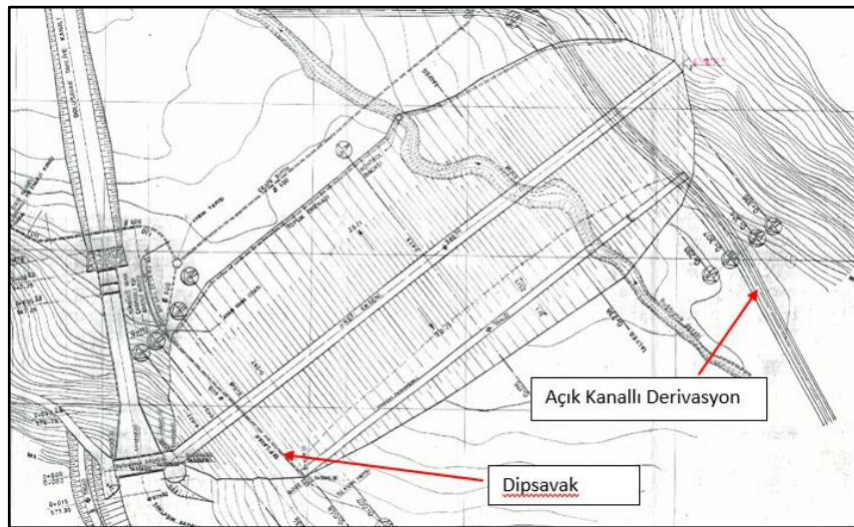
Şekil 6. 8: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Arıklıkaş Göleti.



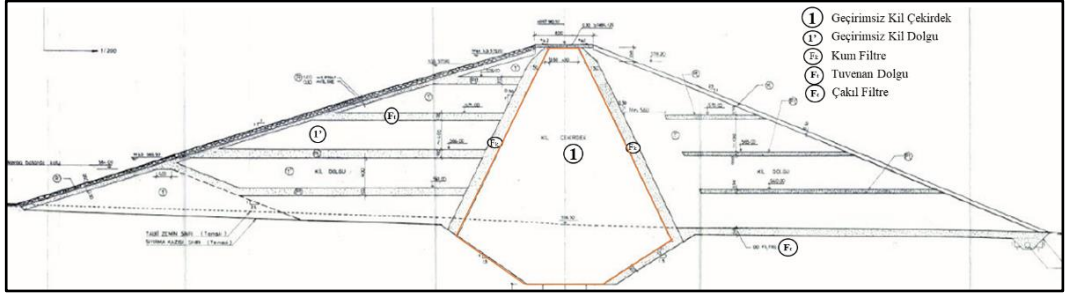
Şekil 6. 9: Arıklıkaş Göleti depremler öncesi uydu görünümü (2022).



Şekil 6. 10: Arıklıkaş Göleti depremler sonrası uydu görünümü (08.02.2023).



Şekil 6. 11: Arıklıkaş Göleti Genel Vaziyet Planı.



Şekil 6. 12: Arıklıkış Göleti tipik enkesiti.



Şekil 6. 13: Arıklıkış Göleti kret görünümü.



Şekil 6. 14: Krette memba yönlü yanal hareket ve boyuna derin çatlaklar.



Şekil 6. 15: Krette derin çatlaklar ve memba yönlü yanal hareket D:0,8~2 m.



Şekil 6. 16: Memba şevinde kalıcı yanal hareket ve sıvılaşma belirtileri.



Şekil 6. 17: Arıklıkış Göleti memba şevinde kalıcı yanal deplasman.



Şekil 6. 18: Memba şevinde kalıcı yanal açılma D:1,5~2 m G:1m.



Şekil 6. 19: Sağ sahilden mansap şevi ve ilave yapılan dolgunun görünümü.



Şekil 6. 20: Kretten mansap şevinin görünümü.



Şekil 6. 21: Dolusavak yapısı.

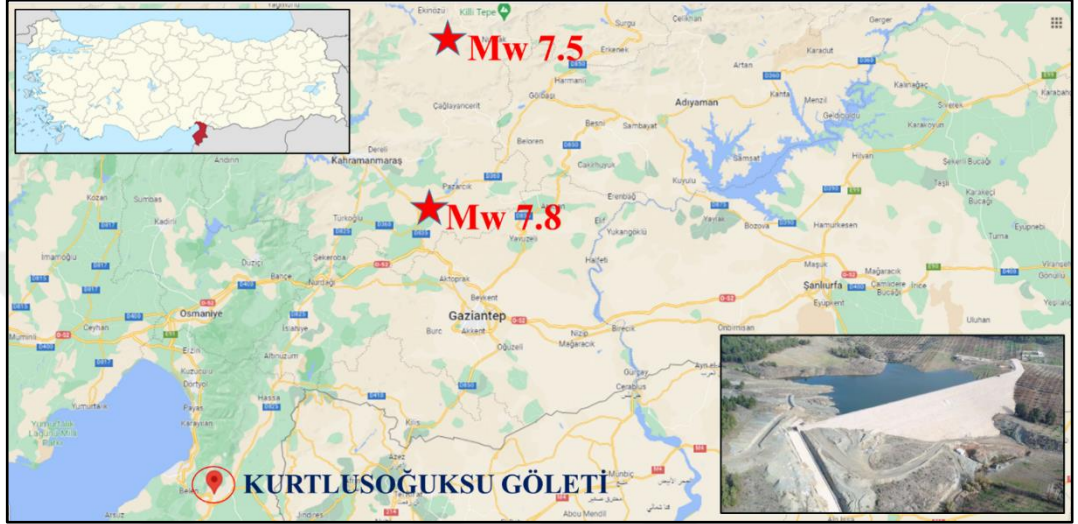


Şekil 6. 22: Dipsavak vana odası.

Arıklıkaş Göleti en yakın yüzey kırığına 13 km mesafededir. Depremler sırasında rezervuar su seviyesi minimuma yakın bir seviyededir. Depremler sonrası herhangi bir su sızıntısı tespit edilmemiştir. Kil çekirdek işlevini yitirecek bir hasar almamıştır. Momba ve mansap şevleri, kil çekirdeğe göre daha zayıf zemin koşullarına sahip bir temel üzerine oturmaktadır. Momba şevinde gözlemlenen hasarların, mansap şevinde gözlemlenmemesinde, momba şevinin sürekli su etkisine maruz kalması, deprem sırasında oturduğu temel zemininin suya doymun olması ve mansap şevinde daha önce yapılan iyileştirmeler ve dolgu etkili olmuş olabilir. En geniş çatlakların krette oluşması, pik ivme değerlerinin krete yaklaştıkça artmasıyla açıklanabilir.

6.1.2 Kurtluoğuksu Göleti (Hatay)

Kurtluoğuksu Göletinin konumu ile Pazarcık ve Elbistan Depremlerinin merkez üsleri harita üzerinde birlikte gösterilmiştir (Şekil 6.23), [Google Maps]. Tablo 6.4'te Kurtluoğuksu Göleti karakteristik bilgileri verilmiştir.



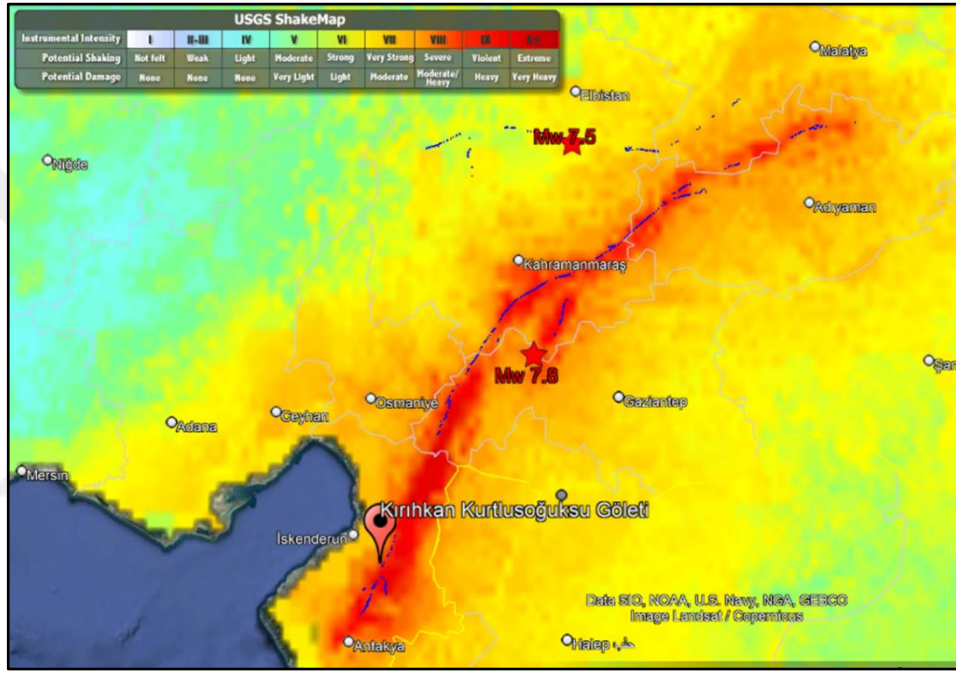
Şekil 6. 23: Kurtluoğuksu Göleti ve depremlerin konumu.

Tablo 6. 4: Kurtluoğuksu Göletinin karakteristik bilgileri.

Proje Yeri	Hatay
Nehir	Kurtluoğuksu
İnşaatın Başlama ve Bitiş Tarihi	2014-2017
Amacı	Sulama (92 ha)
Baraj Tipi	Kil Çekirdek Kaya Dolgu
Baraj Gövde Hacmi	362 872 m ³
Kret Kotu	195 m
Maksimum Su Seviyesi (NSS)	193.3 m
Kret Uzunluğu	419 m
Temelden Yüksekliği	40 m
Rezervuar Hacmi (NSS)	0.75 hm ³
Baraj Doluluk Oranı (%)	60

Pazarcık Depremi şiddet haritasında Kurtluoğuksu Göletinin konumu gösterilmiş ve mavi çizgiler ile yüzey kırıkları işaretlenmiştir (Şekil 6.24). Deprem öncesi ve sonrası

uydu görüntüleri gösterilmeye çalışılmıştır (Şekil 6.25,26), [Google Earth]; [HGM Küre, 2023]. Kurtluoğuksu Göletinde oluşan hasarları ve deplasmanları gösteren farklı kaynaklardan elde edilen fotoğraflar açıklamalarla birlikte bu bölüme eklenmiştir. Kurtluoğuksu Göleti kretinde oluşan açılmalar ve kalıcı yanıl deplasmanlar gösterilmiştir (Şekil 6.27-32) [Çetin, 2023]. Dolusavak ve dipsavak tesislerinde önemli bir sorun gözükmemekte olup, dolusavak boşaltım kanalı yamaç şevlerinde akmalar olmuştur (Şekil 6.32) [Google Earth].



Şekil 6. 24: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Kurtluoğuksu Göleti.



Şekil 6. 25: Kurtluoğuksu Göletinin depremler öncesi uydu görünümü.



Şekil 6. 26: Kurtluoğuksu Göletinin depremler sonrası uydu görünümü 27.04.2023.



Şekil 6. 27: Sol sahilden kret görünümü ve aksa paralel çatlaklar.



Şekil 6. 28: Krette kalıcı hasarların olduğu orta bölge.



Şekil 6. 29: Krette memba yönlü yanal kalıcı hareket 1,25 m ve ~1 m oturma.



Şekil 6. 30: Kret boyunca aksa paralel çatlaklar.



Şekil 6. 31: Krette memba yönlü oluşan çatlaklar G:1,1 m D: 2,2 m.



Şekil 6. 32: Krette memba yönlü yanal kalıcı hareket G:1,1 m D: 2,2 m.

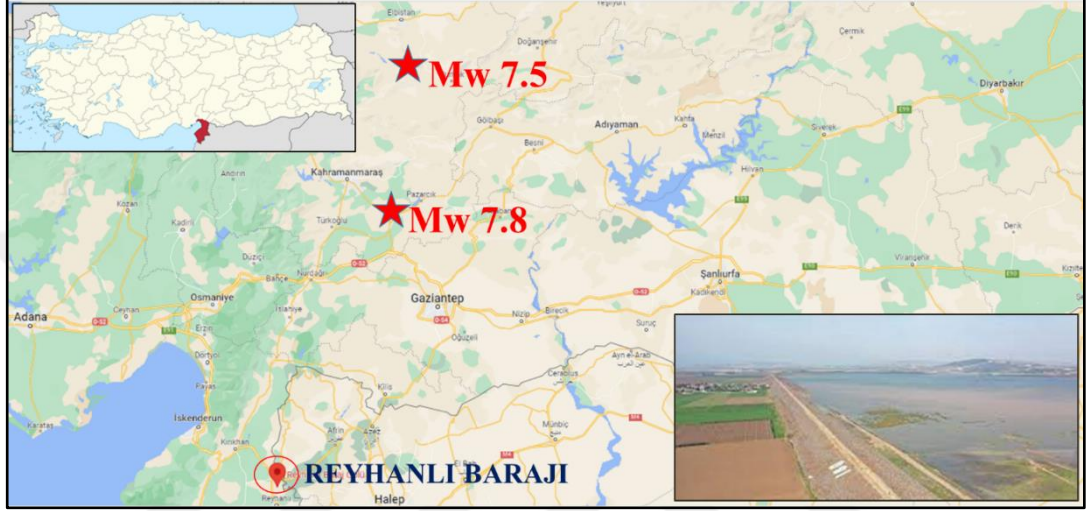


Şekil 6. 33: Dolusavak boşaltım kanalı üzerinde oluşan heyelanlar.

Kurtluoğuksu Göleti DAF'a 1,3 km, en yakın yüzey kırığına 1,33 km mesafededir. Gölet faya çok yakın bir mesafede yer almaktadır. Depremler sırasında rezervuar su seviyesi % 60'lar mertebesinde. Depremler sonrası herhangi bir su sızıntısı tespit edilmemiştir. Kil çekirdekte işlevini yitirecek bir hasar oluşmamıştır. Hasarlar göletin sol sahil kretinde yoğunlaşmıştır. Gövde yerleşimi, aks doğrultusu faya dik olacak şekilde yapılmıştır. Doğrultu atımlı fay zonlarına yakın yerler için yapının uzun olan doğrultusunun faya paralel olacak şekilde yerleşimi, yapıyı depreme karşı daha dirençli hale getirmektedir.

6.1.3 Reyhanlı Barajı (Hatay)

Reyhanlı Barajının konumu ile Pazarcık ve Elbistan Depremlerinin merkez üsleri harita üzerinde birlikte gösterilmiştir (Şekil 6.34), [Google Maps]. Tablo 6.5'te Reyhanlı Barajı karakteristik bilgileri verilmiştir.



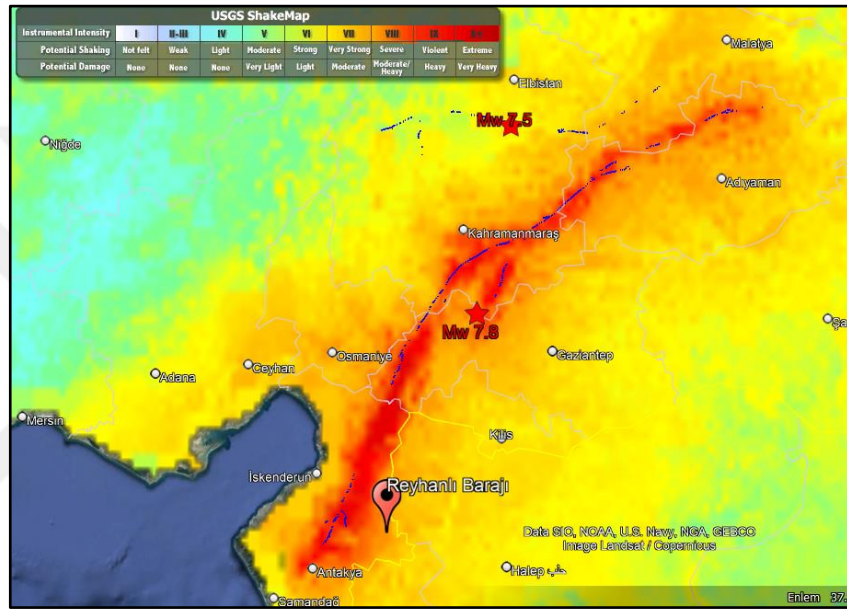
Şekil 6. 34: Reyhanlı Barajı ve depremlerin konumu.

Tablo 6. 5: Reyhanlı Barajı karakteristik bilgileri.

Proje Yeri	Hatay
Nehir	Karasu, Afrin (Offstream)
İnşaatın Başlama ve Bitiş Tarihi	2014-2017
Amacı	Sulama (58 500 ha), Taşkın Koruma
Baraj Tipi (2 Tip)	Homojen + Kil Çekirdek Kum Çakıl
Baraj Gövde Hacmi	20 730 000 m ³
Kret Kotu	118 m
Maksimum Su Seviyesi (NSS)	116.75 m
Kret Uzunluğu	9200 m
Temelden Yüksekliği	30.2 m
Rezervuar Hacmi (NSS)	480 hm ³
Baraj Doluluk Oranı (%)	14

Pazarcık Depremi şiddet haritasında Reyhanlı Barajının konumu gösterilmiş ve mavi çizgiler ile yüzey kırıkları işaretlenmiştir (Şekil 6.35). Deprem öncesi uydu

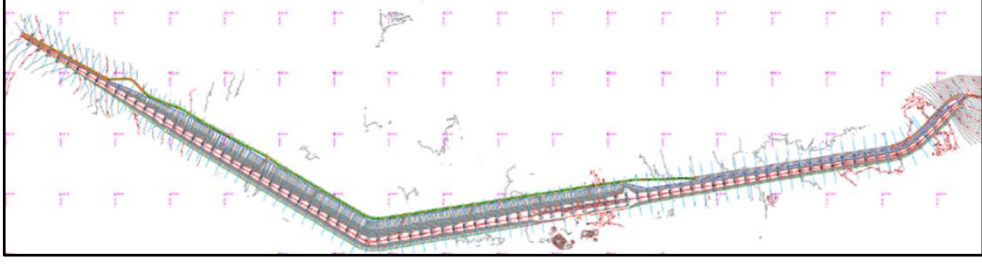
görüntüleri gösterilmeye çalışılmıştır (Şekil 6.36), [Google Maps]. Baraja ait vaziyet planı ve en kesitler verilmiştir (Şekil 6.37-40), [DSİ, Cüceoğlu 2023]. Reyhanlı Barajında oluşan hasarları ve deplasmanları gösteren farklı kaynaklardan elde edilen fotoğraflar açıklamalarla birlikte bu bölüme eklenmiştir. Reyhanlı Barajı kreti farklı kilometrelerinde oluşan çatlak ve hasarlar gösterilmiştir (Şekil 6.41-48), [DSİ, Cüceoğlu 2023]. Deplasmanların yoğun olduğu bölüm fotoğrafları verilmiştir (Şekil 6.49,50), [Çetin, 2023].



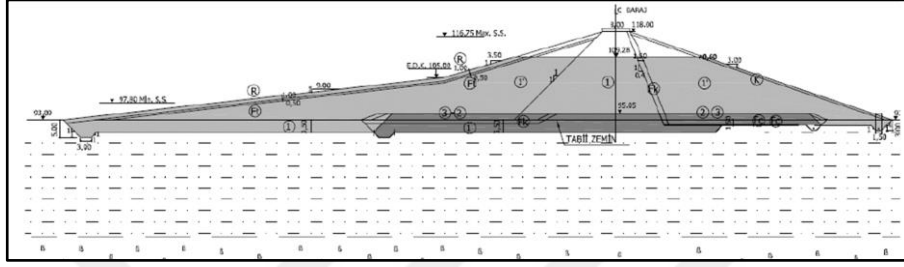
Şekil 6. 35: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Reyhanlı Barajı.



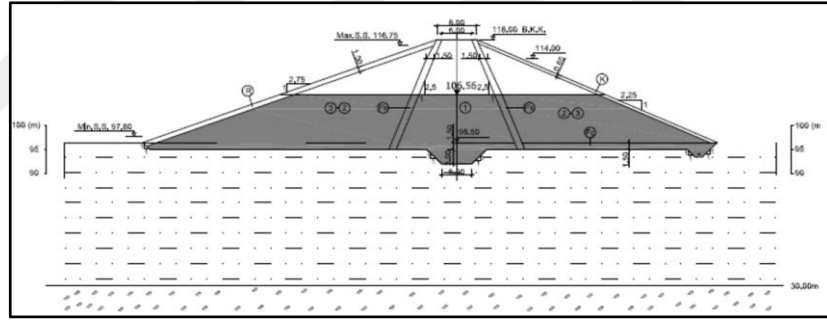
Şekil 6. 36: Reyhanlı Barajı depremler öncesi uydu görünümü.



Şekil 6. 37: Reyhanlı Barajı genel vaziyet planı.



Şekil 6. 38: Reyhanlı Barajı Km: 0+000 – 6+000 arası maksimum enkesit homojen dolgu.



Şekil 6. 39: Reyhanlı Barajı Km: 6+000 – 9+200 arası maksimum enkesit kil çekirdek kum + çakıl dolgu.



Şekil 6. 40: Baraj kreti hasarlı bölgeler gösterimi.



Şekil 6. 41: Baraj Kreti Km: 0+900 – 2+000 arası hasarları.



Şekil 6. 42: Baraj Kreti Km: 0+900 – 2+000 arası hasarları.



Şekil 6. 43: Baraj Kreti Km: 0+900 – 2+000 arası hasarları.



Şekil 6. 44: Baraj kreti Km: 2+000 – 6+200 arası hasarsız bölge.



Şekil 6. 45: Baraj kreti Km: 6+200 – 8+120 arası büyük çatlaklar ve memba şev başlangıcında memba yönlü kalıcı hareket ve oturma.



Şekil 6. 46: Baraj kreti Km: 6+200 – 8+120 arası büyük çatlaklar ve memba şev başlangıcında memba yönlü kalıcı hareket ve oturma.



Şekil 6. 47: Baraj kreti Km:8+120 - 9+200 arasındaki çatlaklardan görünüm.



Şekil 6. 48: Baraj kreti Km: 8+120 - 9+200 arasındaki çatlaklardan görünüm.



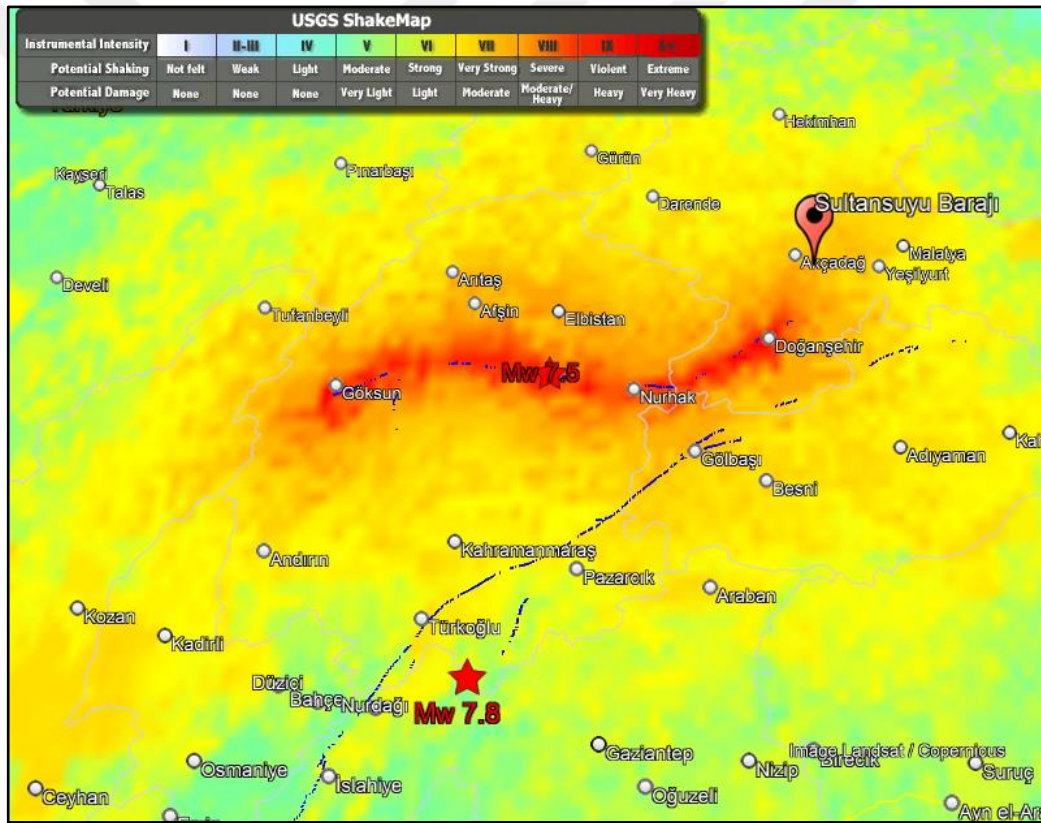
Şekil 6. 49: Baraj kreti Km: 6+200 – 8+120 arası büyük çatlaklar ve memba şev başlangıcında memba yönlü kalıcı hareket ve oturma.



Şekil 6. 50: Baraj kreti Km: 6+200 – 8+120 arası büyük çatlaklar ve memba şev başlangıcında memba yönlü kalıcı hareket ve oturma 1,2 m.

Reyhanlı Barajı en yakın yüzey kırığına 18 km mesafededir. Depremler sırasında rezervuar %14 doluluk oranında boş denebilecek bir seviyededir. Depremler sonrası herhangi bir su sızıntısı tespit edilmemiştir. Km: 6+000'den itibaren gövdede ciddi hasarların oluştuğu görülmektedir. Gövde tip kesitinin değişmesinin hasar alma seviyesinde etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca gövde kesiti aynı olan 2 farklı bölgeden, birinin hasarlı, diğerinin hasarsız olmasında yerel zemin koşulları, eğer zemin koşulları da aynı ise uygulama ve malzeme farklılıkları etkili olmuş olabilir.

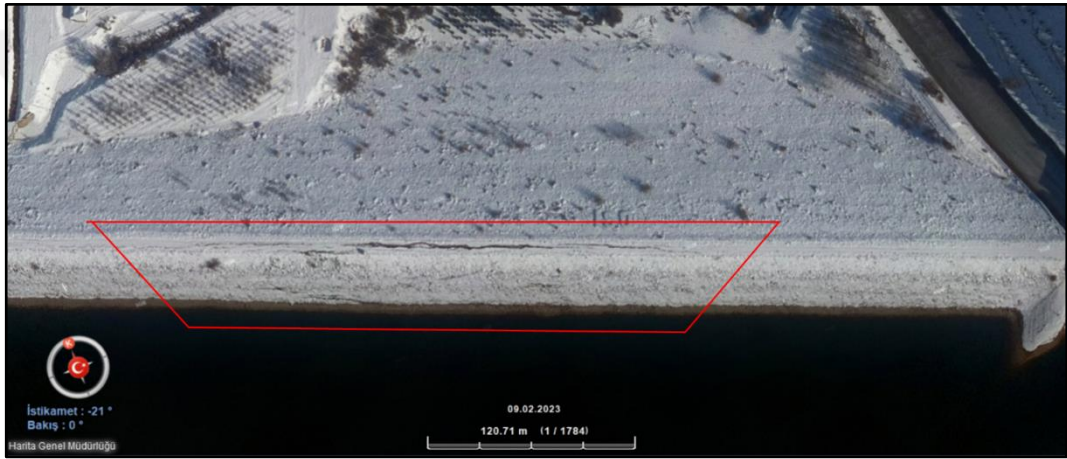
Baraja ait bir en kesit verilmiştir (Şekil 6.55), [DSİ, Kent 2023]. Sultansuyu Barajı'nda oluşan hasarları ve deplasmanları gösteren farklı kaynaklardan elde edilen ilgili fotoğraflar açıklamalarla birlikte bu bölüme eklenmiştir. Sultansuyu Barajı kretinde oluşan açılmalar ve kalıcı yanal deplasmanlar gösterilmiştir (Şekil 6.56-58), [Özçelik, 2023]. Krette ve memba şevinde oluşan kalıcı yanal hareket gösterilmiştir (Şekil 6.59), [DSİ, Kent 2023]. Kalıcı yanal hareketin olduğu memba şevinde görülen sıvılaşma belirtileri gösterilmiştir. (Şekil 6.60), [Çetin, 2023]. Yine memba şevinde oluşan deplasman ve kil çekirdeğe ulaşan kret açılmaları gösterilmiştir (Şekil 6.61-62), [Tosun, 2023].



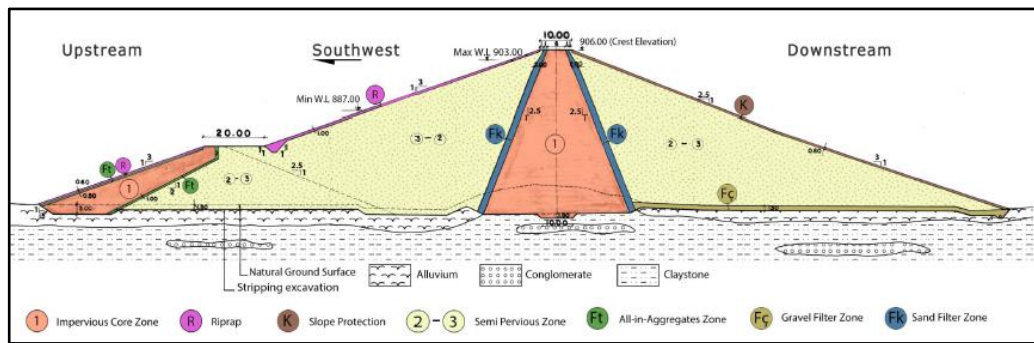
Şekil 6. 52: Elbistan Depremi şiddet haritası ve Sultansuyu Barajı.



Şekil 6. 53: Sultansuyu Barajı uydu görünümü depremler öncesi 2022.



Şekil 6. 54: Sultansuyu Barajının depremler sonrası uydu görünümü 09.02.2023.



Şekil 6. 55: Sultansuyu Barajı maksimum en kesiti.



Şekil 6. 56: Baraj kreti boyunca aksa paralel oluşan memba yönlü yanal hareket G:1|~ 2.5 m, D:1.5~ 4 m.



Şekil 6. 57: Sultansuyu Barajı memba şev başlangıcı memba yönlü yanal hareket 1 m.



Şekil 6. 58: Memba şevi üzerinde oluşan yanal hareket 1.5 m.



Şekil 6. 59: Krette ve Memba şev başlangıcında kalıcı yanıl hareket.



Şekil 6. 60: Memba şevinde kalıcı yanıl hareket ve sıvılaşma belirtileri.



Şekil 6. 61: Krette ve memba şevi üzerinde oluşan memba yönlü yanal hareketler.



Şekil 6. 62: Krette kil çekirdeğe ulaşan derin çatlaklar.

Sultansuyu Barajı en yakın yüzey kırığına 17,60 km mesafededir. Baraj DAFZ'nin kuzey koluna yakın bir mesafede yer almaktadır. Depremler sırasında rezervuar su seviyesi % 60'lar mertebesindedir. Depremler sonrası herhangi bir su sızıntısı tespit edilmemiştir. Kil çekirdekte işlevini yitirecek bir hasar oluşmamıştır. Ciddi hasarların Elbistan Depremi sonrasında olduğu ivme kayıtlarından anlaşılmaktadır. Gövde yerleşimi, aks doğrultusu faya dik olacak şekilde yapılmıştır. Doğrultu atımlı fay zonlarına yakın yerler için yapının uzun olan doğrultusunun faya paralel olacak şekilde yerleşimi, yapıyı depreme karşı daha dirençli hale getirmektedir.

6.1.5 Erkenek Göleti (Malatya)

Erkenek Gölünün konumu ile Pazarcık ve Elbistan Depremlerinin merkez üsleri harita üzerinde birlikte gösterilmiştir (Şekil 6.63), [Google Maps]. Tablo 6.7’de Erkenek Göleti karakteristik bilgileri verilmiştir.

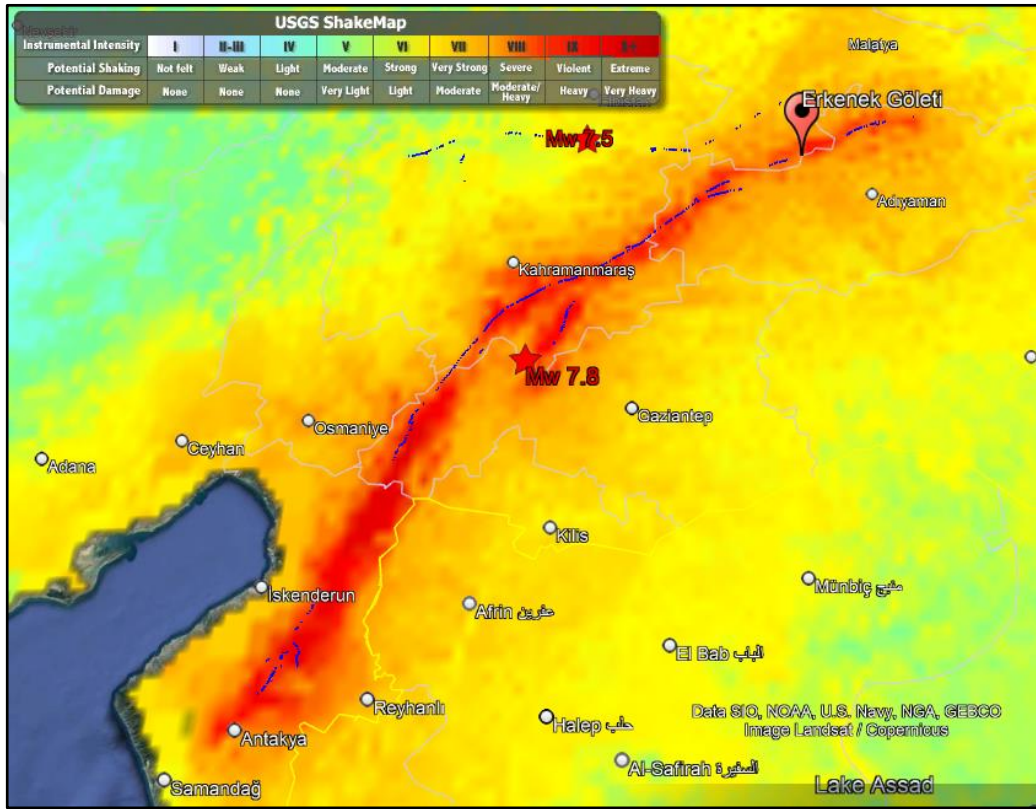


Şekil 6. 63: Erkenek Göleti ve depremlerin konumu.

Tablo 6. 7: Erkenek Göleti Karakteristik Bilgileri.

Proje Yeri	Malatya
Nehir	Kara Dere
İnşaatın Başlama ve Bitiş Tarihi	2015-2022
Amacı	Sulama(913 ha)
Baraj Tipi	Ön Yüzü Membran Kaplı Kaya Dolgu
Baraj Gövde Hacmi	366 000 m ³
Kret Kotu	1591.50 m
Maksimum Su Seviyesi (MSS)	1590.12 m
Kret Uzunluğu	172.57 m
Temelden Yüksekliği	40 m
Rezervuar Hacmi (NSS)	3.17 hm ³
Baraj Doluluk Oranı (%)	6

Pazarcık Depremi şiddet haritasında Erkenek Göletinin konumu gösterilmiş ve mavi çizgiler ile yüzey kırıkları işaretlenmiştir (Şekil 6.64). Deprem öncesi ve sonrası uydu görüntüleri gösterilmeye çalışılmıştır (Şekil 6.65,66), [Google Earth]; [HGM Küre, 2023]. Erkenek Göleti kretinde oluşan hasarları ve deplasmanları gösteren fotoğraflar açıklamalarla birlikte bu bölüme eklenmiştir (Şekil 6.67-69), [MTA, 2023a]; [MTA, 2023b].



Şekil 6. 64: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Erkenek Göleti.



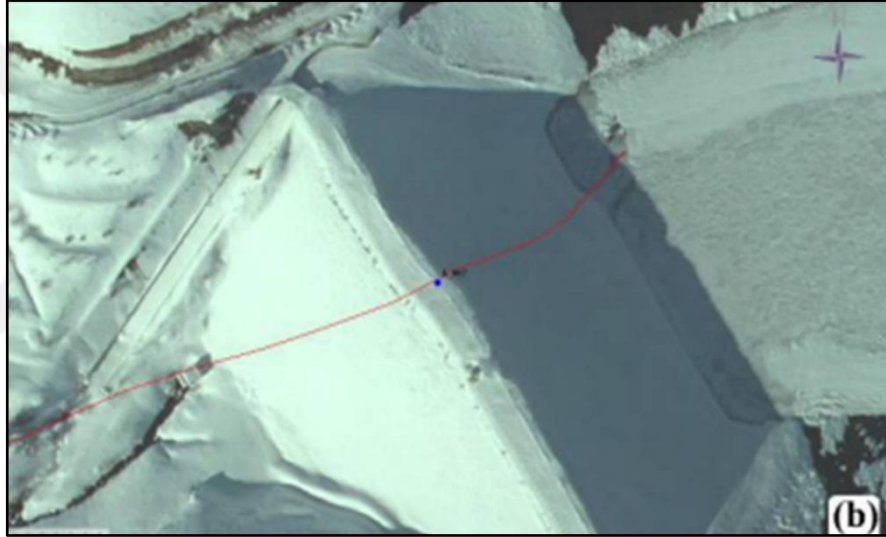
Şekil 6. 65: Erkenek Göleti depremler öncesi uydu görüntüsü.



Şekil 6. 66: Erkenek Göleti depremler sonrası uydu görüntüsü.



Şekil 6. 67: Erkenek Göleti depremler sonrası uydu görüntüsü.



Şekil 6. 68: Erkenek Göleti depremler sonrası uydu görüntüsü.



Şekil 6. 69: Erkenek Göleti depremler sonrası kret görünümü A:347 cm.

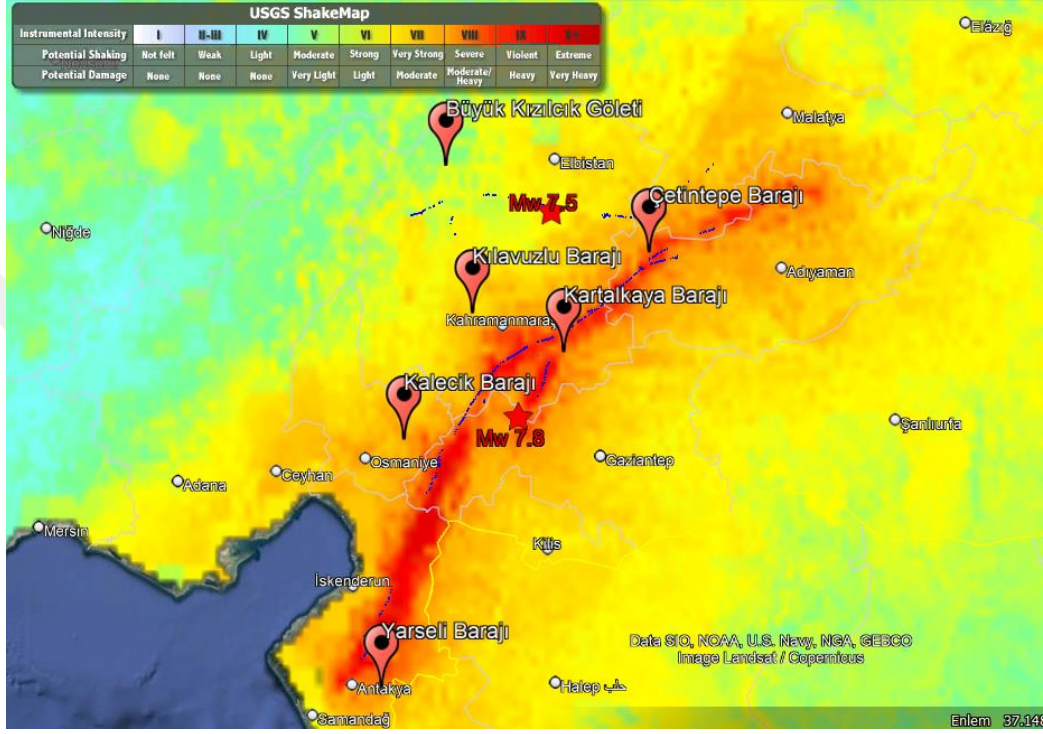
M7.8 büyüklüğündeki depremin yüzey kırığı, baraj eksenini dik keserek baraj gövdesinde 3.4 metrelik bir atım oluşturmuştur (Şekil 6.70), [GEER-EERI, 2023].



Şekil 6. 70: Fay düzlemi ve Erkenek Göleti kreti A:3.4 m.

6.2 Orta Hasarlı Barajlar

Şekil 6. 71’de Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Tablo 6.1’e göre sınıflandırması yapılan orta hasarlı barajların konumu gösterilmiştir.



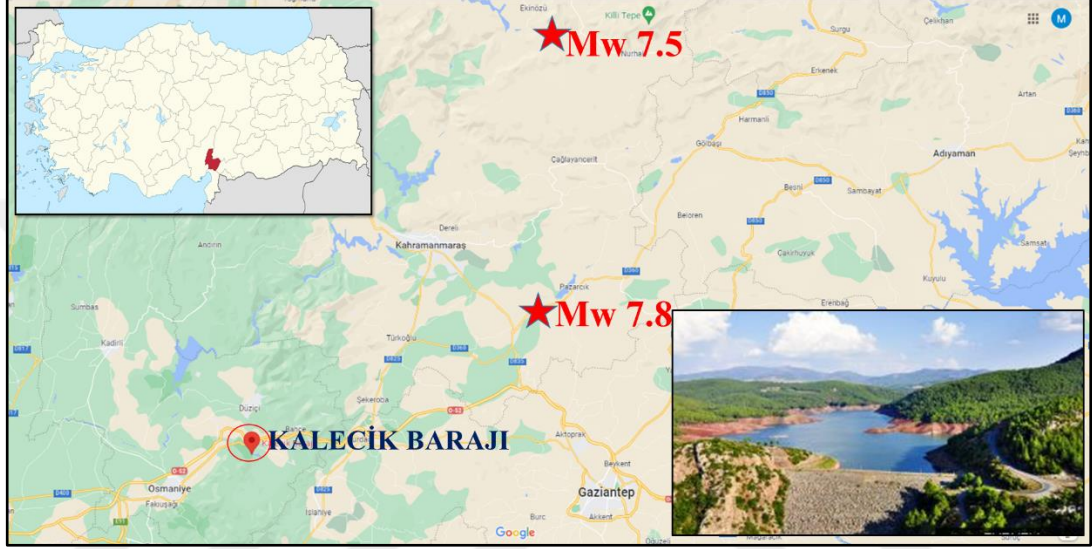
Şekil 6. 71: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve orta hasarlı barajların konumu.

Tablo 6. 8: Orta hasarlı barajların listesi.

Tesisin Adı	Proje Yeri	Tamamlanma Tarihi	Amacı ¹	Tipi ²	Gövde Hacmi (x10 ³ m ³)	Kret Uzunluğu (m)	Temelden Yükseklik (m)	Göl Hacmi (hm ³)	Hasar Tanımı	Hasar Sınıfı
Kalecik	Osmaniye	1985	S	KÇKD	843.00	194.59	80.00	32.75	Mak. 40-50 cm genişliğinde ve 30-150 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	ORTA
Yarseli	Hatay	1989	S	KÇD	3,000.00	960.00	43.50	55.4	Mak. 5-30 cm genişliğinde ve 60-125 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	ORTA
Kartalkaya	Kahramanmaraş	1972	S+E+İ	KÇD	1,452.00	205.00	57.00	195	Mak. 80 cm genişliğinde ve 90-100 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları,	ORTA
Çetintepe	Adıyaman	2023	S+İ	KÇKD	12,700.00	708.00	116.00	460	Mak. 30-40 cm genişliğinde ve 100-120 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	ORTA
Büyük Kızılıçık	Kahramanmaraş	2021	S	KÇKD	282.00	224.90	32.50	1.1	Mak. 20-50 cm genişliğinde ve 50-100 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	ORTA
Kılavuzlu	Kahramanmaraş	2014	S+E	KÇD	3,400.00	556.29	59.00	69	Mak. 30-40 cm genişliğinde ve 100-120 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları,50 cm ot.	ORTA

6.2.1 Kalecik Barajı (Osmaniye)

Kalecik Barajının konumu ile Pazarcık ve Elbistan Depremlerinin merkez üsleri harita üzerinde birlikte gösterilmiştir (Şekil 6.72), [Google Maps]. Tablo 6.9’da Kalecik Barajı karakteristik bilgileri verilmiştir.



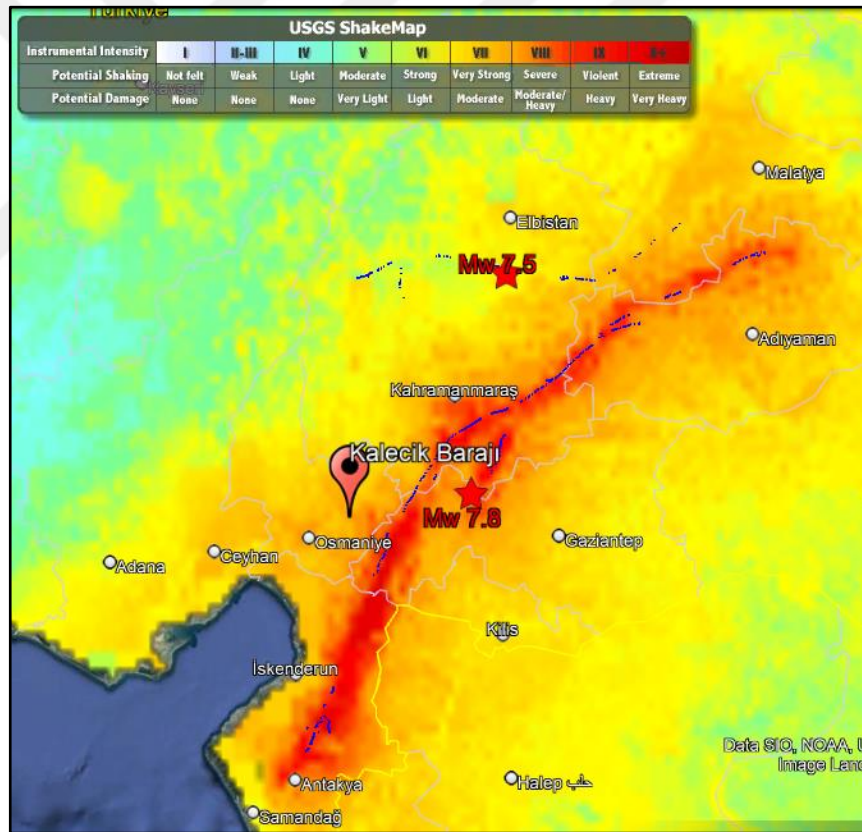
Şekil 6. 72: Kalecik Barajı ve depremlerin konumu.

Tablo 6. 9: Kalecik Barajı karakteristik bilgileri.

Proje Yeri	Osmaniye
Nehir	Kalecik
İnşaatın Başlama ve Bitiş Tarihi	1978-1985
Amacı	Sulama (8 451 ha)
Baraj Tipi	Kil Çekirdek Kaya Dolgu
Baraj Gövde Hacmi	843 000 m ³
Kret Kotu	537 m
Maksimum Su Seviyesi (MSS)	535 m
Kret Uzunluğu	194 m
Temelden Yüksekliği	80 m
Rezervuar Hacmi (NSS)	32.75 hm ³
Baraj Doluluk Oranı (%)	24.4

Pazarcık Depremi şiddet haritasında Kalecik Barajının konumu gösterilmiş ve mavi çizgiler ile yüzey kırıkları işaretlenmiştir (Şekil 6.73). Deprem öncesi ve sonrası uydu görüntüleri gösterilmiştir (Şekil 6.74-75), [Google Earth]; [HGM Küre, 2023]. Baraja ait en kesit verilmiştir (Şekil 6.76), [DSİ, Kent 2023].

Kalecik Barajında oluşan hasarları ve deplasmanları gösteren farklı kaynaklardan elde edilen ilgili fotoğraflar açıklamalarla birlikte bu bölüme eklenmiştir. Kalecik Barajı membası ve mansabı, ayrıca kret ve mansap sevi birleşim bölgesindeki çatlak gösterilmiştir (Şekil 6.77-79), [DSİ, Kent 2023]. Kret boyunca oluşan aksa paralel çatlaklar gösterilmiştir (Şekil 6.80), [Çetin, 2023]. Krette oluşan çatlaklar genişliği ile gösterilmiştir (Şekil 6.81), [Tosun, 2023].



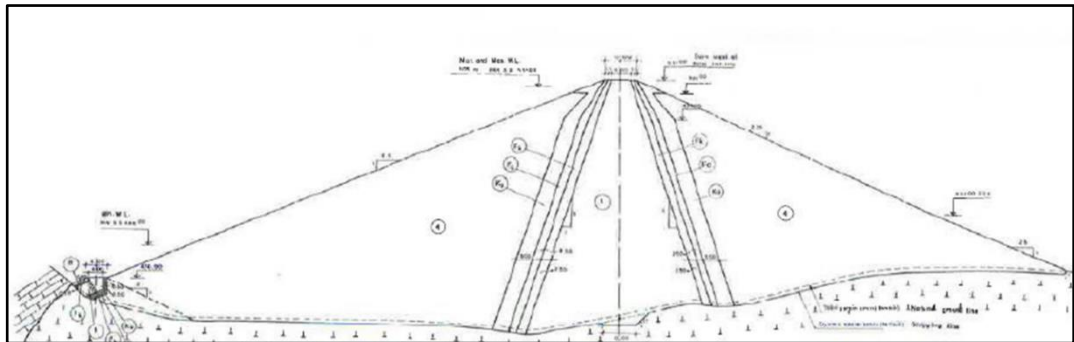
Şekil 6. 73: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Kalecik Barajı.



Şekil 6. 74: Kalecik Barajının depremler öncesi uydu görünümü.



Şekil 6. 75: Kalecik Barajının depremler sonrası uydu görünümü 08.02.2023.



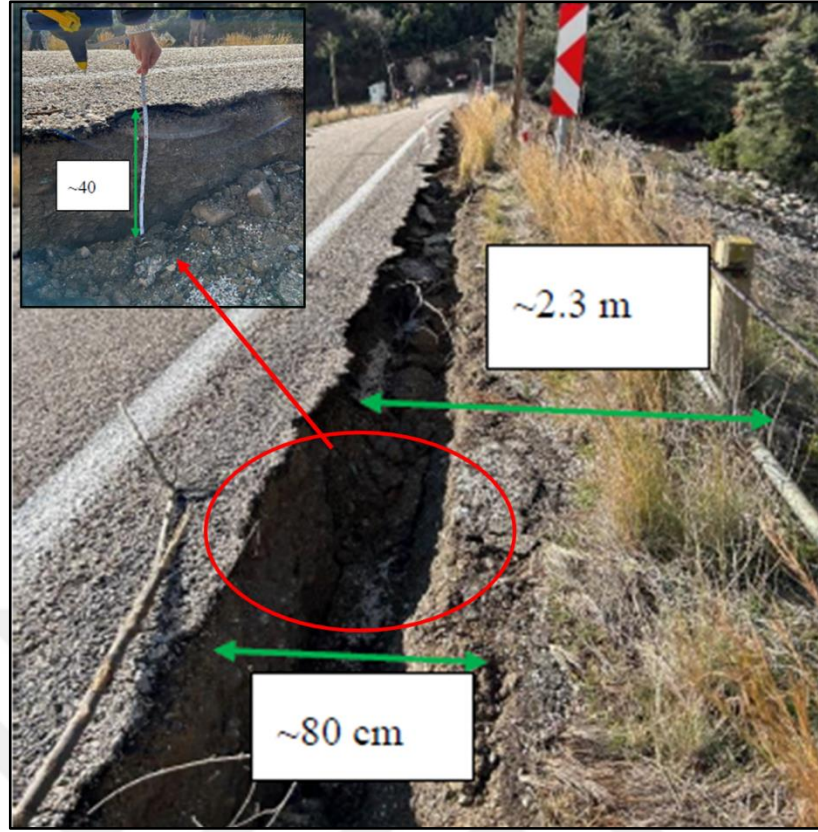
Şekil 6. 76: Kalecik Barajı tipik en kesiti.



Şekil 6. 77: Kalecik Barajı memba şevi görünümü.



Şekil 6. 78: Kalecik Barajı mansap şevi görünümü.



Şekil 6. 79: Kret ve mansap sevi birleşim bölgesindeki çatlak.



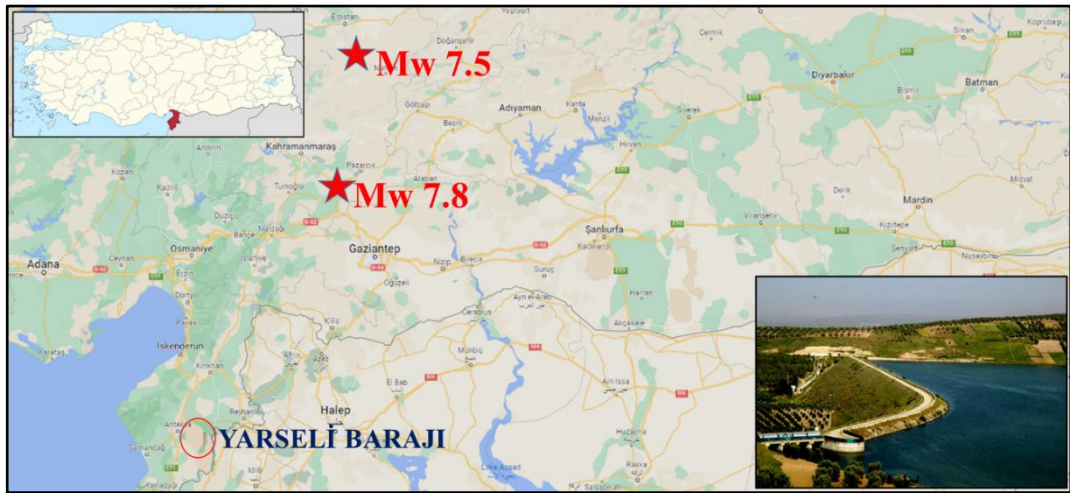
Şekil 6. 80: Kret boyunca oluşan aksa paralel çatlaklar.



Şekil 6. 81: Kret boyunca oluşan aksa paralel çatlaklar G:10 cm D: 150 cm.

6.2.2 Yarseli Barajı (Hatay)

Yarseli Barajının konumu ile Pazarcık ve Elbistan Depremlerinin merkez üsleri harita üzerinde birlikte gösterilmiştir (Şekil 6.88), [Google Maps]. Tablo 6.10’da Yarseli Barajı karakteristik bilgileri verilmiştir.

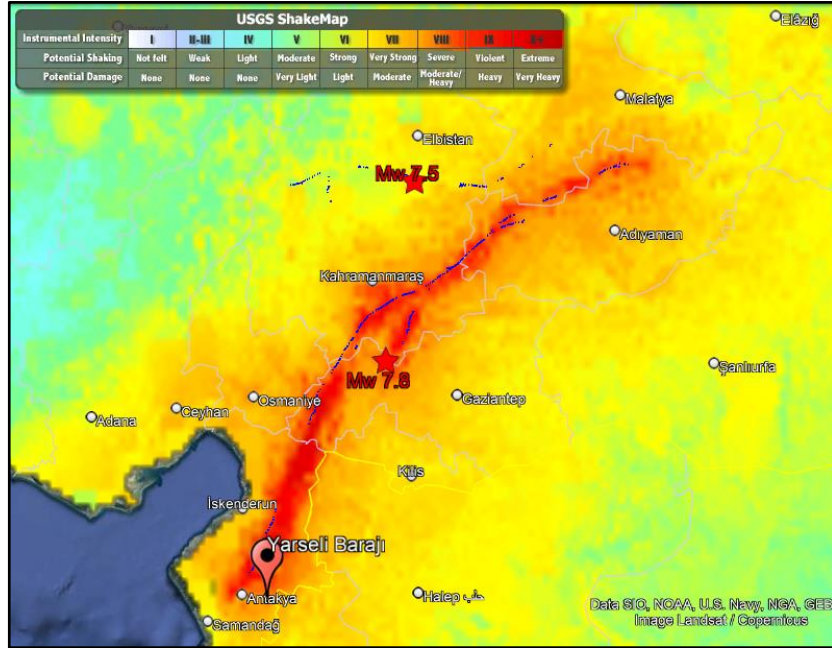


Şekil 6. 82: Yarseli Barajı ve depremlerin konumu.

Tablo 6. 10: Yarseli Barajı karakteristik bilgileri.

Proje Yeri	Hatay
Nehir	Beyazçay
İnşaatın Başlama ve Bitiş Tarihi	1985-1989
Amacı	Sulama (7 300 ha)
Baraj Tipi	Kil Çekirdek Kum Çakıl Dolgu
Baraj Gövde Hacmi	3 000 000 m ³
Kret Kotu	138.50 m
Maksimum Su Seviyesi (NSS)	136 m
Kret Uzunluğu	960 m
Temelden Yüksekliği	43.5 m
Rezervuar Hacmi (NSS)	55.4 hm ³
Baraj Doluluk Oranı (%)	18.4

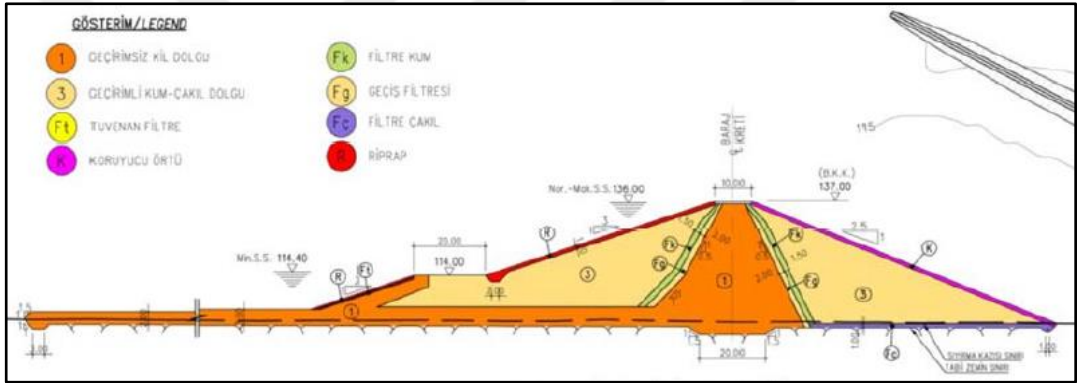
Pazarcık Depremi şiddet haritasında Yarseli Barajının konumu gösterilmiş ve mavi çizgiler ile yüzey kırıkları işaretlenmiştir (Şekil 6.83). Deprem öncesi uydu görüntüsü gösterilmeye çalışılmıştır (Şekil 6.84), [Google Maps]. Baraja ait en kesit verilmiştir (Şekil 6.85), [TRCOLD, 2014]. Yarseli Barajı memba ve mansap görünümü, oluşan hasarlar ve yardımcı tesisleri gösteren ilgili fotoğraflar açıklamalarla birlikte bu bölüme eklenmiştir (Şekil 6.86-91), [DSİ, Cüceoğlu 2023].



Şekil 6. 83: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Yarseli Barajı.



Şekil 6. 84: Yarseli Barajı depremler öncesi uydu görünümü.



Şekil 6. 85: Yarseli Barajı enkesiti.



Şekil 6. 86: Yarseli Barajı memba şevi görünümü.



Şekil 6. 87: Yarseli Barajı mansap sevi görünümü.



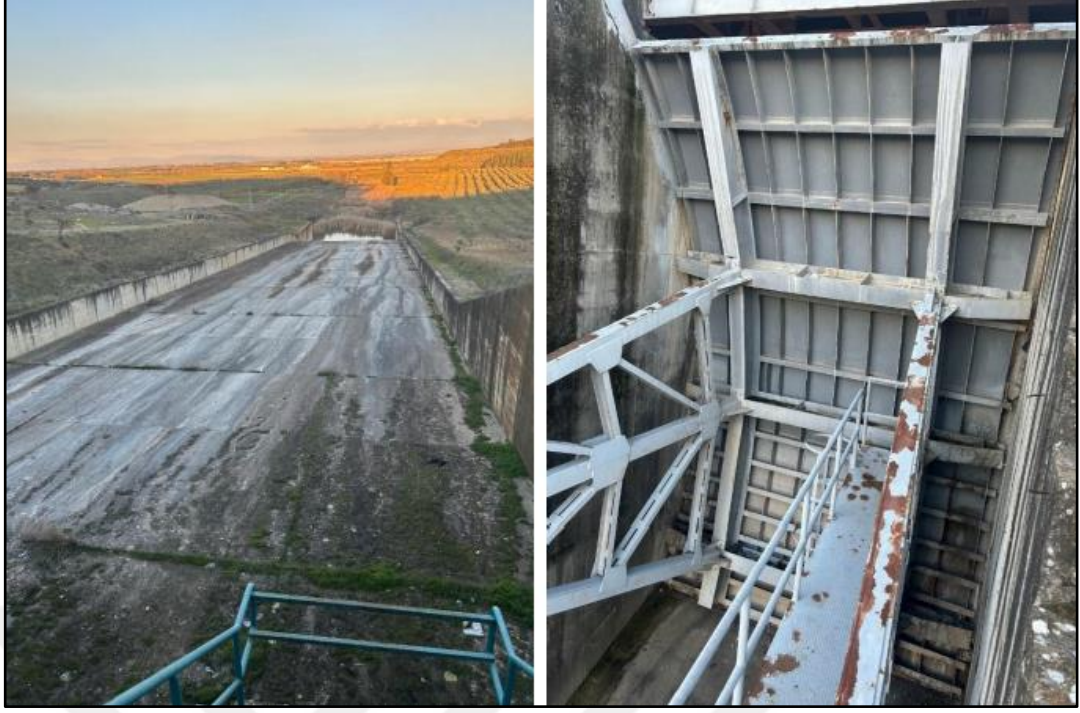
Şekil 6. 88: Mansap topuğu yakınında oluşan kum kaynamaları, sivilaşma.



Şekil 6. 89: Krette memba yönlü yanal kalıcı hareket ve boyuna çatlaklar G:20 cm ~ 125 cm.



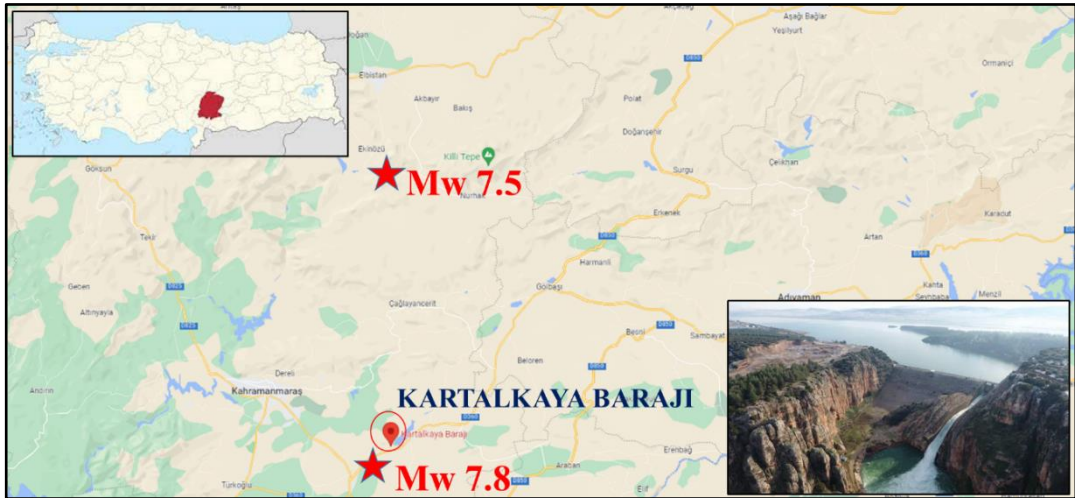
Şekil 6. 90: Kret üzerindeki çatlaklar.



Şekil 6. 91: Dolusavak boşaltım kanalı ve radyal kapaklar.

6.2.3 Kartalkaya Barajı (Kahramanmaraş)

Kartalkaya Barajının konumu ile Pazarcık ve Elbistan Depremlerinin merkez üsleri harita üzerinde birlikte gösterilmiştir (Şekil 6.98), [Google Maps]. Tablo 6.11’de Kartalkaya Barajı karakteristik bilgileri verilmiştir.

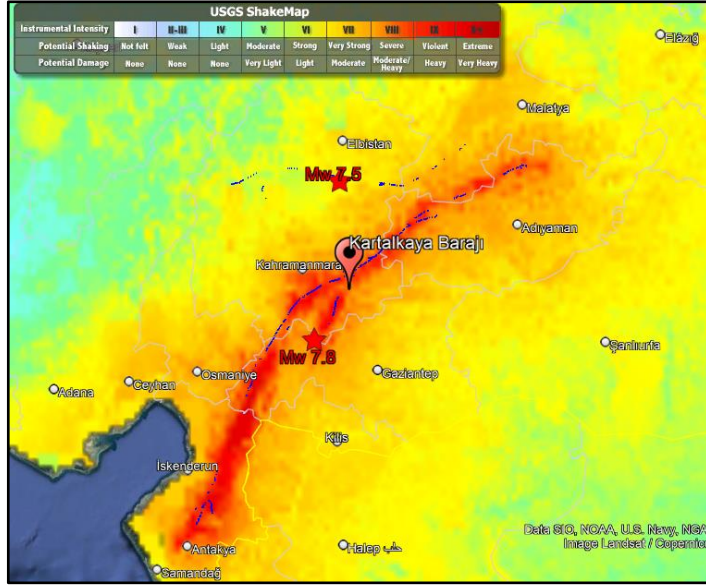


Şekil 6. 92: Kartalkaya Barajı ve depremlerin konumu.

Tablo 6. 11: Kartalkaya Barajı karakteristik bilgileri.

Proje Yeri	Kahramanmaraş
Nehir	Aksu
İnşaatın Başlama ve Bitiş Tarihi	1965-1972
Amacı	Sulama(31 480 ha)+İ.suyu(45 hm ³)+Enerji
Baraj Tipi	Kil Çekirdek Kum Çakıl Dolgu
Baraj Gövde Hacmi	1 452 000 m ³
Kret Kotu	722 m
Maksimum Su Seviyesi (MSS)	717.8 m
Kret Uzunluğu	205 m
Temelden Yüksekliği	57 m
Rezervuar Hacmi (NSS)	195 hm ³
Baraj Doluluk Oranı (%)	18

Pazarcık Depremi şiddet haritasında Kartalkaya Barajının konumu gösterilmiş ve mavi çizgiler ile yüzey kırıkları işaretlenmiştir (Şekil 6.93). Deprem öncesi ve sonrası uydu görüntüleri gösterilmiştir (Şekil 6.94,95), [Google Earth]; [HGM Küre, 2023]. Baraja ait vaziyet planı ve en kesit verilmiştir (Şekil 6.96,97), [DSİ, Akdemir 2023]. Kartalkaya Barajı ilgili tesislerini, oluşan deprem hasarları ve deplasmanlarını gösteren fotoğraflar açıklamalarla birlikte bu bölüme eklenmiştir (Şekil 6.98-113), [DSİ, Akdemir 2023]. Santral binası depremler öncesi ve sonrası uydu görüntüsü eklenmiştir (Şekil 6.114), [Google Maps].



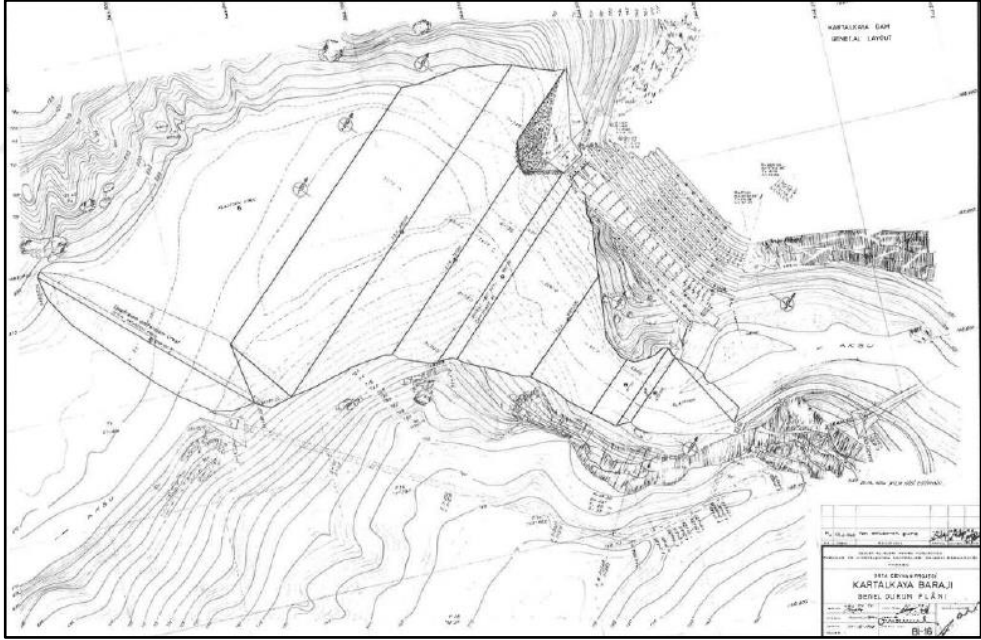
Şekil 6. 93: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Kartalkaya Barajı.



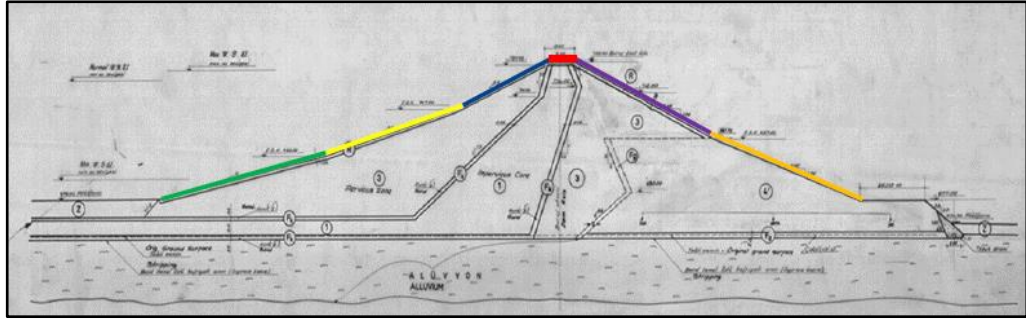
Şekil 6. 94: Kartalkaya Barajı depremler öncesi uydu görünümü.



Şekil 6. 95: Kartalkaya Barajı depremler sonrası uydu görünümü.



Şekil 6. 96: Kartalkaya Barajı genel vaziyet planı.



Şekil 6. 97: Kartalkaya Barajı enkesiti.



Şekil 6. 98: Kartalkaya Barajı memba görünümü.



Şekil 6. 99: Kartalkaya Barajı mansap görünümü.



Şekil 6. 100: Kartalkaya Barajı mansap görünümü.



Şekil 6. 101: Kret üzerindeki çatlaklar ve memba yönlü oturma.



Şekil 6. 102: Kret üzerindeki çatlak G:80 cm D:100 cm.



Şekil 6. 103: Kret üzerindeki çatlak G:80 cm D:100 cm



Şekil 6. 104: Kret memba şev birleşimindeki memba yönlü hareket.



Şekil 6. 105: Krette oluşan enine çatlaklar.



Şekil 6. 106: Kret boyunca oluşan çatlaklar ve mansap şevi görünümü.



Şekil 6. 107: Dolusavak yaklaşım kanalı sağ kanat duvarındaki çatlaklar.



Şekil 6. 108: Dolusavak yaklaşım kanalı sağ kanat duvarındaki çatlaklar.



Şekil 6. 109: Dolusavak boşaltım kanalı sol sahil şevi ve radyal kapaklar.



Şekil 6. 110: Sağ sahilde yer alan dipsavak çıkışı ve santral binası.



Şekil 6. 111: Santral binası çevresi ve kaya düşmeleri.



Şekil 6. 112: Farklı zemin koşullarındaki iki aynı tip yapının davranışı.



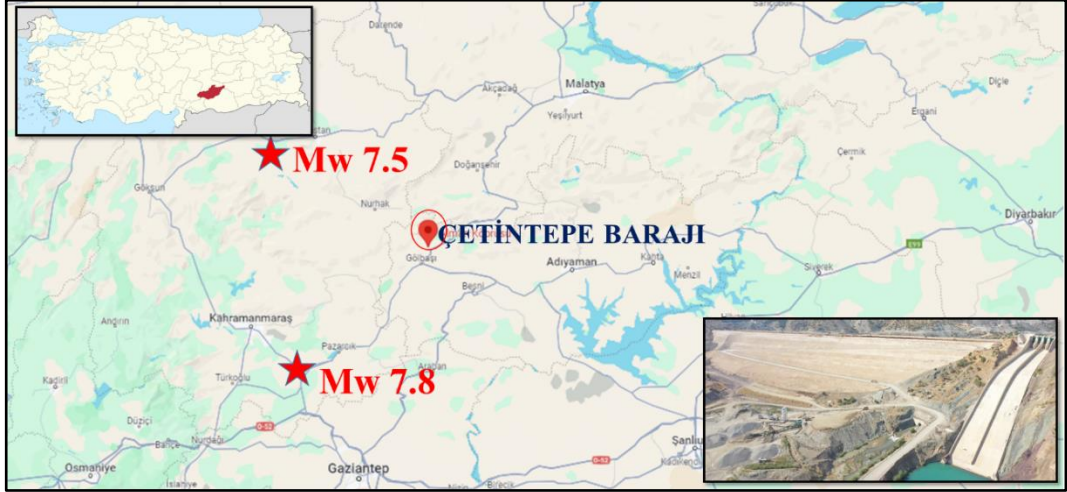
Şekil 6. 113: Farklı zemin koşullarındaki iki aynı tip yapının davranışı.



Şekil 6. 114: Santral binası depremler öncesi ve sonrası uydu görüntüsü.

6.2.4 Çetintepe Barajı (Adıyaman)

Çetintepe Barajının konumu ile Pazarcık ve Elbistan Depremlerinin merkez üsleri harita üzerinde birlikte gösterilmiştir (Şekil 6.115), [Google Maps]. Tablo 6.12’de Çetintepe Barajı karakteristik bilgileri verilmiştir.

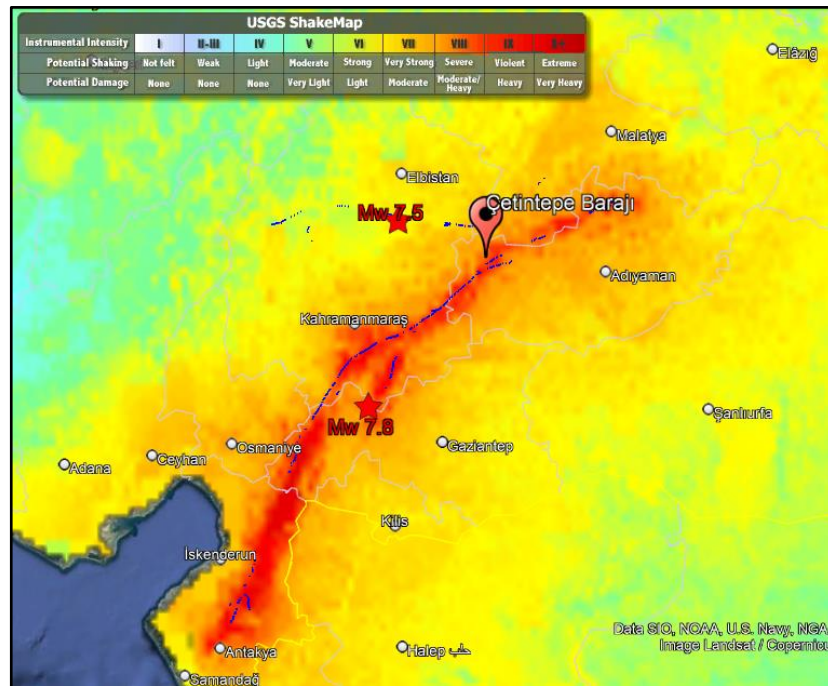


Şekil 6. 115: Çetintepe Barajı ve depremlerin konumu.

Tablo 6. 12: Çetintepe Barajı karakteristik bilgileri.

Proje Yeri	Adıyaman
Nehir	Göksu
İnşaatın Başlama ve Bitiş Tarihi	2013- devam ediyor
Amacı	Sulama(66 816 ha)
Baraj Tipi	Kil Çekirdek Kaya Dolgu
Baraj Gövde Hacmi	12 700 000 m ³
Kret Kotu	910.50 m
Maksimum Su Seviyesi (MSS)	907 m
Kret Uzunluğu	708 m
Temelden Yüksekliği	116 m
Rezervuar Hacmi (NSS)	195 hm ³
Baraj Doluluk Oranı (%)	-

Pazarcık Depremi şiddet haritasında Çetintepe Barajının konumu gösterilmiş ve mavi çizgiler ile yüzey kırıkları işaretlenmiştir (Şekil 6.116). Deprem öncesi ve sonrası uydu görüntüleri gösterilmeye çalışılmıştır (Şekil 6.117,118), [Google Earth]; [HGM Küre, 2023]. Baraja ait maksimum en kesit verilmiştir (Şekil 6.119), [Cüceoğlu ve Aydın, 2022]. Çetintepe Barajında depremler sonrası krette oluşan çatlakları gösteren uydu görüntüsü eklenmiştir (Şekil 6.120), [HGM Küre, 2023].



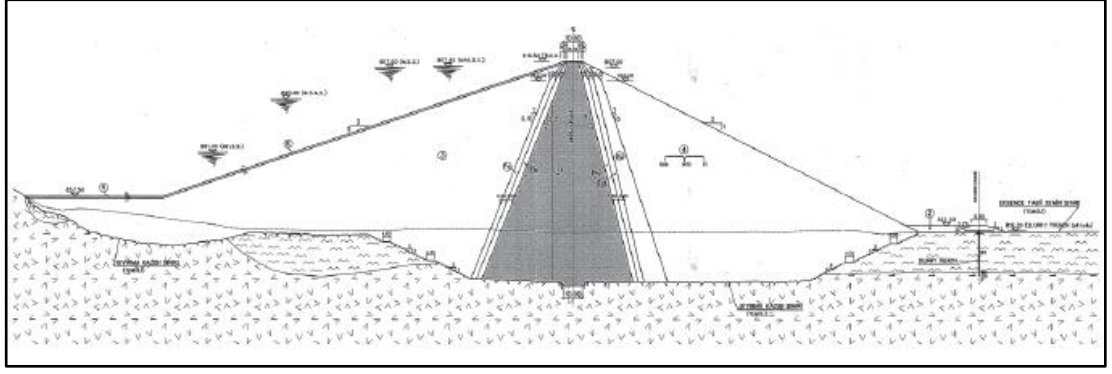
Şekil 6. 116: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Çetintepe Barajı.



Şekil 6. 117: Çetintepe Barajı depremler öncesi uydu görünümü.



Şekil 6. 118: Çetintepe Barajı depremler sonrası uydu görünümü.



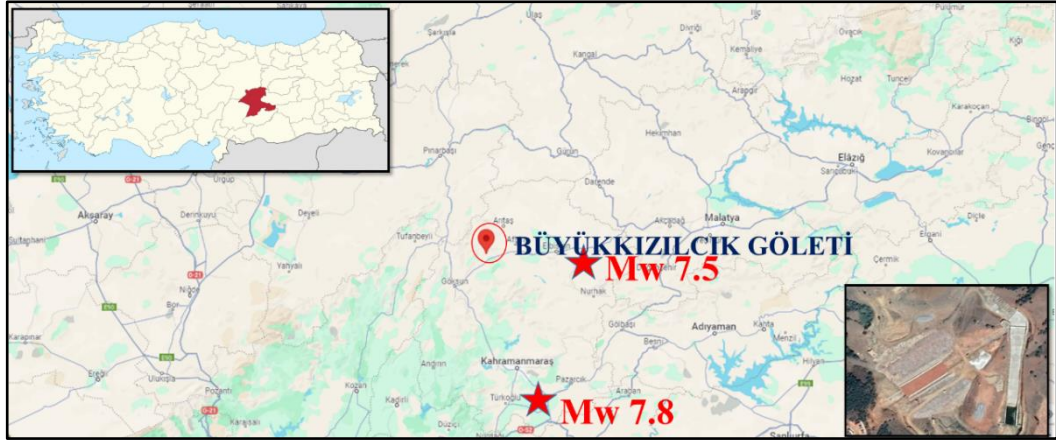
Şekil 6. 119: Çetintepe Barajı gövde maksimum enkesiti.



Şekil 6. 120: Çetintepe Barajı depremler sonrası krette oluşan çatlaklar ve düşen dolusavak köprüsü kirişleri.

6.2.5 Büyükkızılcık Göleti (Kahramanmaraş)

Büyükkızılcık Göleti konumu ile Pazarcık ve Elbistan Depremlerinin merkez üsleri harita üzerinde birlikte gösterilmiştir (Şekil 6.121), [Google Maps]. Tablo 6.13’de Büyükkızılcık Göleti karakteristik bilgileri verilmiştir.

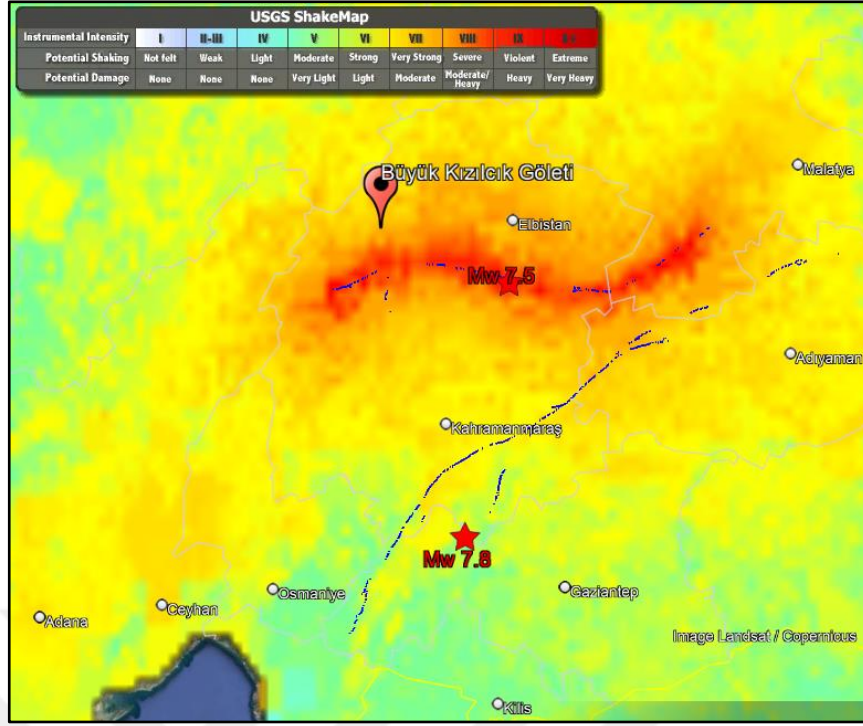


Şekil 6. 121: Büyükkızılcık Göleti ve depremlerin konumu.

Tablo 6. 13: Büyükkızılcık Göleti karakteristik bilgileri.

Proje Yeri	Kahramanmaraş
Nehir	Kızılcık
İnşaatın Başlama ve Bitiş Tarihi	2015- 2021
Amacı	Sulama(186 ha)
Baraj Tipi	Kil Çekirdek Kaya Dolgu
Baraj Gövde Hacmi	282 000 m ³
Kret Kotu	1455 m
Maksimum Su Seviyesi (MSS)	1453 m
Kret Uzunluğu	225 m
Temelden Yüksekliği	32.50 m
Rezervuar Hacmi (NSS)	1.10 hm ³
Baraj Doluluk Oranı (%)	65

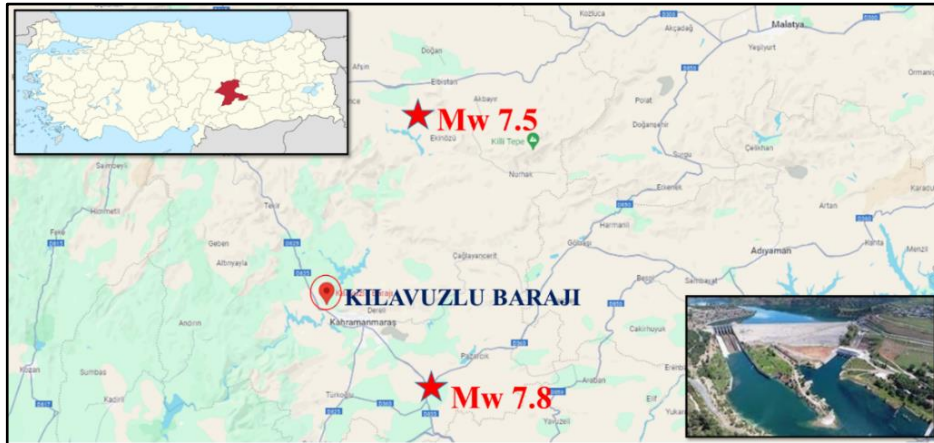
Elbistan Depremi şiddet haritasında Büyükkızılcık Göletinin konumu gösterilmiş ve mavi çizgiler ile yüzey kırıkları işaretlenmiştir (Şekil 6.122).



Şekil 6. 122: Elbistan Depremi şiddet haritası ve Büyükkızılıç Gölü.

6.2.6 Kılavuzlu Barajı (Kahramanmaraş)

Kılavuzlu Barajının konumu ile Pazarcık ve Elbistan Depremlerinin merkez üsleri harita üzerinde birlikte gösterilmiştir (Şekil 6.123), [Google Maps]. Tablo 6.14'te Kılavuzlu Barajı karakteristik bilgileri verilmiştir.

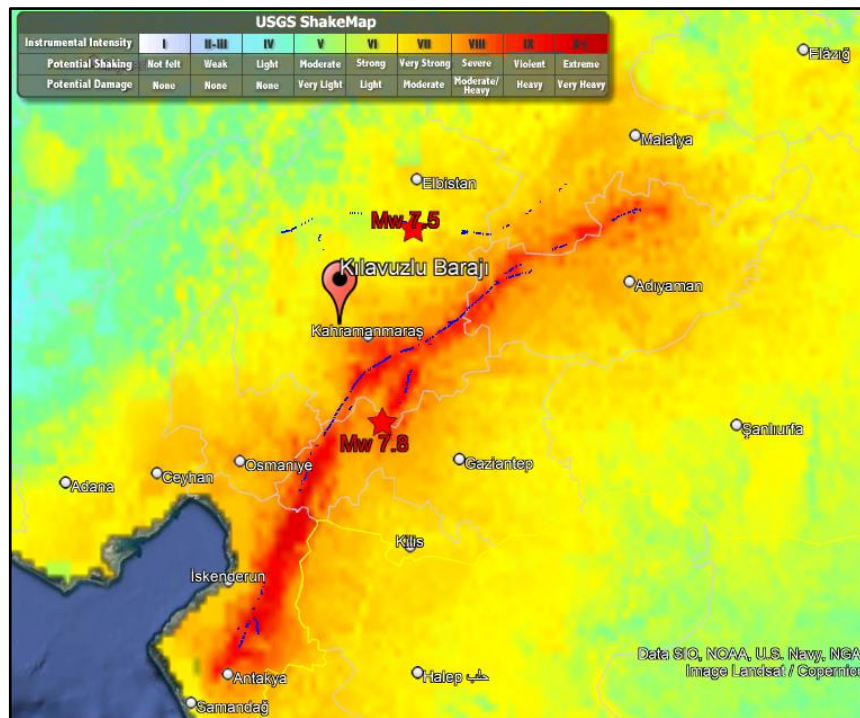


Şekil 6. 123: Kılavuzlu Barajı ve depremlerin konumu.

Tablo 6. 14: Kılavuzlu Barajı Karakteristik Bilgileri.

Proje Yeri	Kahramanmaraş
Nehir	Kızılıçık
İnşaatın Başlama ve Bitiş Tarihi	1994- 2014
Amacı	Sulama(95 750 ha)+Enerji (54 MW)
Baraj Tipi	Kil Çekirdek Toprak Dolgu
Baraj Gövde Hacmi	3.400.000 m ³
Kret Kotu	489 m
Maksimum Su Seviyesi (MSS)	485.50 m
Kret Uzunluğu	556.29 m
Temelden Yüksekliği	59 m
Rezervuar Hacmi (NSS)	69 hm ³
Baraj Doluluk Oranı (%)	90

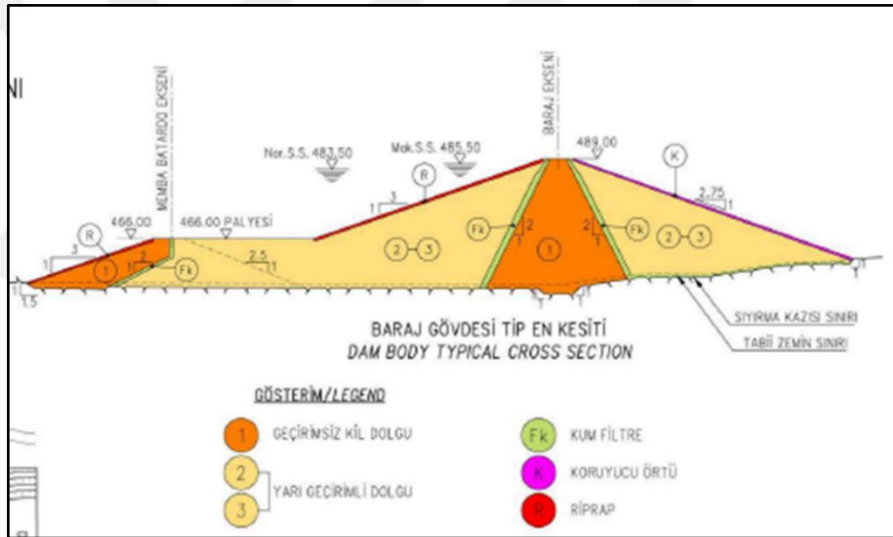
Pazarcık Depremi şiddet haritasında Kılavuzlu Barajının konumu gösterilmiş ve mavi çizgiler ile yüzey kırıkları işaretlenmiştir (Şekil 6.124). Deprem öncesi uydu görüntüsü gösterilmeye çalışılmıştır (Şekil 6.125), [Google Earth]. Kılavuzlu Barajı enkesit görünümü gösterilmiştir (Şekil 6.126), [TRCOLD, 2014]. Baraj kretinde oluşan oturma ve memba yönlü yanal hareket gösterilmiştir (Şekil 6.127), [GEER-EERI, 2023].



Şekil 6. 124: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve Kılavuzlu Barajı.



Şekil 6. 125: Kılavuzlu Barajı uydu görünümü.



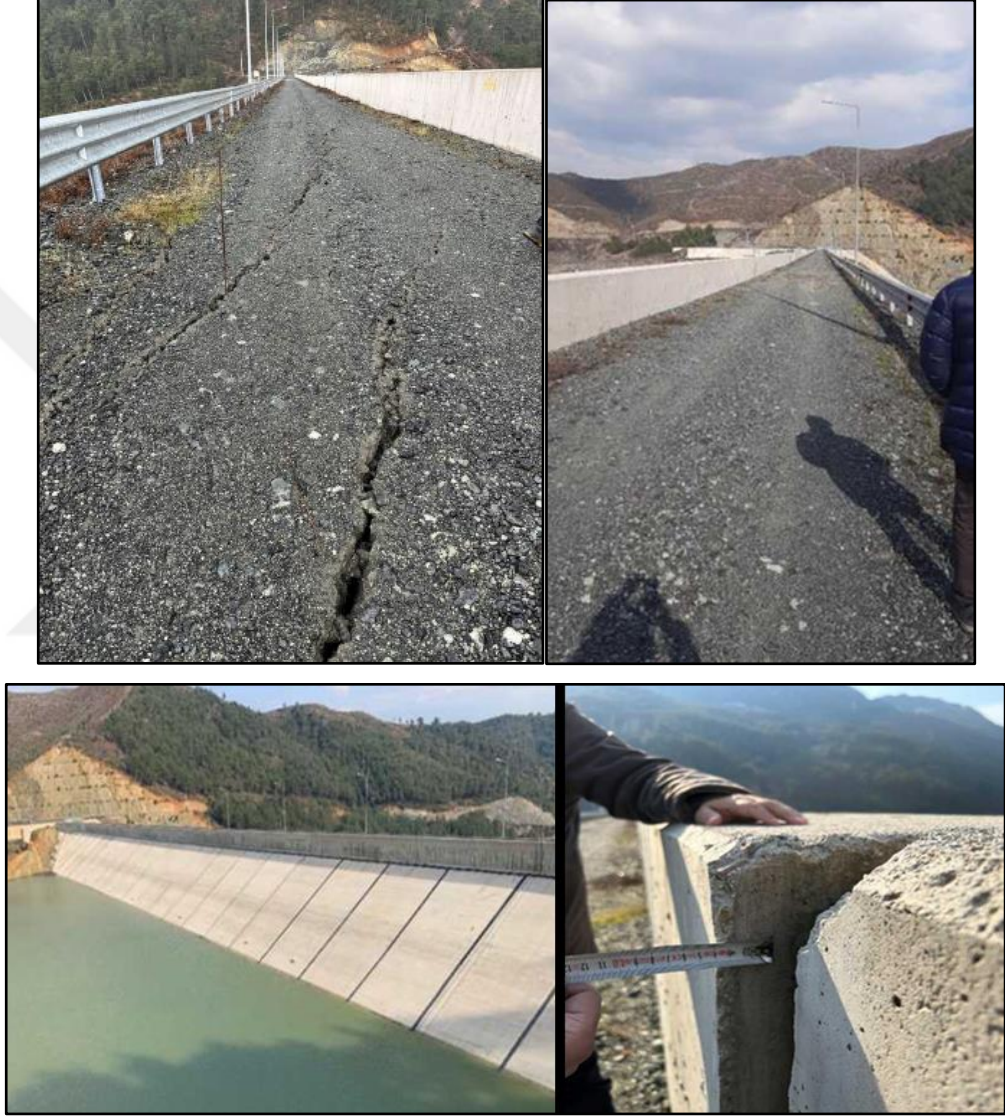
Şekil 6. 126: Kılavuzlu Barajı enkesit görünümü.



Şekil 6. 127: Kılavuzlu Barajı kretinde oluşan oturma ve memba yönlü yanal hareket.

6.3 Hafif Hasarlı Barajlar

Şekil 6.128’de Büyük Karaçay Barajı ile ilgili fotoğraflar gösterilmiştir [DSİ, Kent 2023].



Şekil 6. 128: Büyük Karaçay Barajı, Hatay.

Şekil 6.129’da Hassa Demrek Göleti ile ilgili kret fotoğrafları gösterilmiştir [DSİ, Kent 2023].



Şekil 6. 129: Hassa Demrek Göleti, Hatay.

Şekil 6.130'da Çat Barajı ile ilgili kret fotoğrafları gösterilmiştir [Tosun, 2023].



Şekil 6. 130: Çat Barajı, Malatya.

Şekil 6.131’de Sürgü Barajı ile ilgili kret fotoğrafları gösterilmiştir [DSİ, Kent 2023].



Şekil 6. 131: Sürgü Barajı, Malatya.

Şekil 6.132’de Sürgü Barajı ile ilgili kret fotoğrafları gösterilmiştir [Tosun, 2023].



Şekil 6. 132: Sürgü Barajı, Malatya.

Şekil 6.133’de Nurdağı Hamidiye Göleti ile ilgili kret fotoğrafları gösterilmiştir [Çetin, 2023].



Şekil 6. 133: Nurdağı Hamidiye Göleti, Gaziantep.

Kandil Barajı Elbistan Depreminin merkez üssüne 7.16 km mesafede en yakın olan barajdır. Baraj sahasında yer alan ivmeölçer kayıtları ve barajın Maraş Depremlerine olan uzaklıkları Tablo 6.15’te verilmiştir. Baraj kretinde 4 cm genişliğinde çatlaklar oluşmuştur (Şekil 6.134,135), [DSİ, Kent 2023].

Tablo 6. 15: Kandil Barajı, ivme kayıtları ve Repi mesafeleri.

Barajın Adı	Pazarcık R km	Elbistan R km	SGM Yeri	Pazarcık M _w 7.8	Elbistan M _w 7.5
Kandil	87.81	7.16	Kret	0.17	1.464
			Anakaya	0.067	0.834



Şekil 6. 134: Kandil Barajı, Kahramanmaraş.



Şekil 6. 135: Kandil Barajı, Kahramanmaraş

6.4 Hasarsız Baraj ve Yapı Örnekleri

Şekil 6.136’da Kapıkaya Barajı ile ilgili kret fotoğrafları gösterilmiştir [Tosun, 2023].



Şekil 6. 136: Kapıkaya Turgut Özal Barajı, Malatya.

Şekil 6.137’de Polat Barajı ile ilgili kret fotoğrafları gösterilmiştir [Tosun, 2023].



Şekil 6. 137: Polat Barajı, Malatya.

Şekil 6.138’de Boztepe Recai Kutan Barajı ile ilgili kret fotoğrafları gösterilmiştir [Çetin, 2023].



Şekil 6. 138: Boztepe Recai Kutan Barajı, Malatya.

Şekil 6.139’da Nurdağı Hamidiye Göleti ile ilgili kret fotoğrafları gösterilmiştir [Çetin, 2023].



Şekil 6. 139: Hamidiye Göleti sağ sahil Gaziantep.

Şekil 6.140’da Kurtlusöğüksü Göleti kret sağ sahili ile ilgili fotoğraf gösterilmiştir [Çetin, 2023].



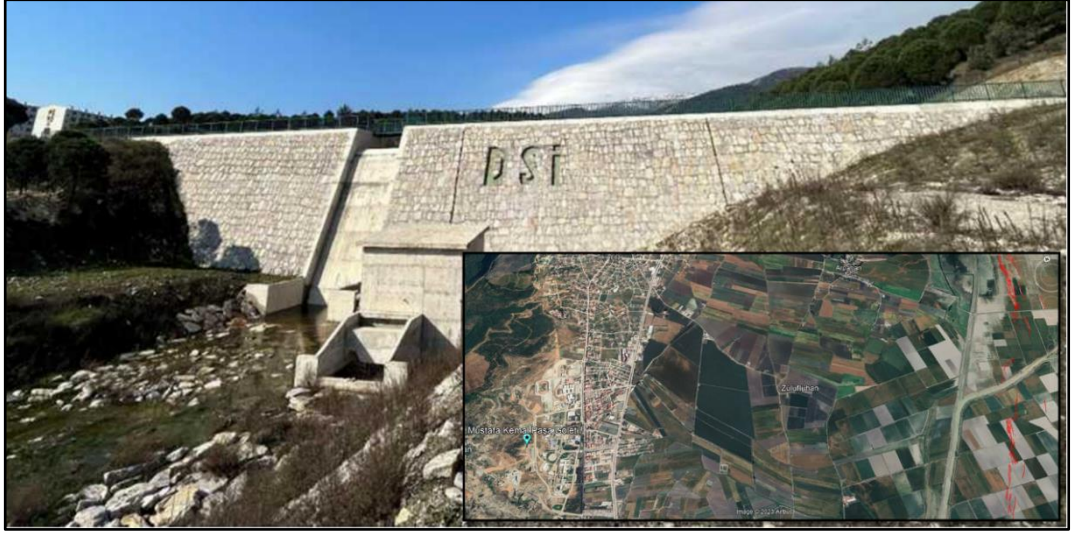
Şekil 6. 140: Kurtlusoguksu Göleti kret sağ sahil, Hatay.

Şekil 6.141’de Kartalkaya Barajı, dolusavak, dipsavak ve santral binası, fotoğrafları gösterilmiştir [DSİ, Aydemir 2023].



Şekil 6. 141: Kartalkaya Barajı, dolusavak, dipsavak ve santral binası, Maraş.

Şekil 6.142’de Mustafa Kemal Paşa Göleti ile ilgili fotoğraflar gösterilmiştir [Google Maps, 2023].



Şekil 6. 142: Mustafa Kemal Paşa Göleti, Hatay.

Şekil 6.143'te Tahtaköprü Barajı ile ilgili kret ve memba şevi fotoğrafları gösterilmiştir [Tosun, 2023].



Şekil 6. 143: Tahtaköprü Barajı, Hatay.

Şekil 6.144'te Kandil Barajı Dolusavak Yapısı ile ilgili fotoğraflar gösterilmiştir [DSİ, Kent 2023].



Şekil 6. 144: Kandil Barajı Dolusavak Yapısı, Kahramanmaraş.

Şekil 6.145’te Menzelet Barajı ile ilgili fotoğraflar gösterilmiştir [GEER-EERI, 2023].



Şekil 6. 145: Menzelet Barajı, Kahramanmaraş.

7. AZALIM İLİŞKİLERİ DENKLEMLERİ İLE KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİ VE BARAJLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

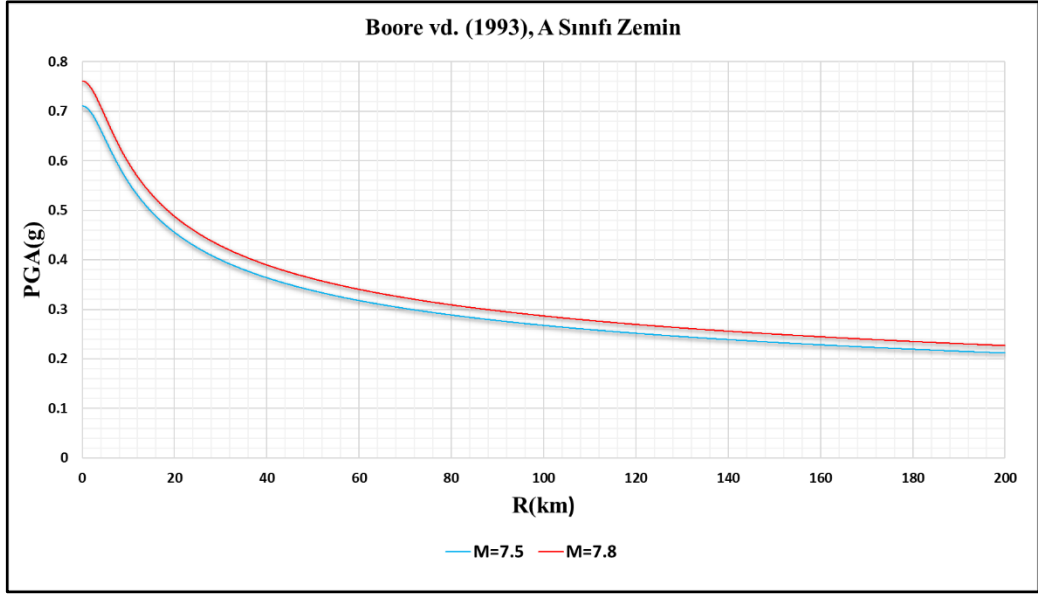
Azalım ilişkileri deprem mühendisliğinde kullanılan önemli bir hesaplama yöntemidir. Genellikle istatistiksel analizler veya deneyler sonucunda elde edilen verilere dayanarak oluşturulur. Belirli bir bölgedeki veya farklı zemin koşullarındaki depremlerin beklenen etkilerini tahmin etmek için kullanılan bir araç olarak önemlidir.

Zemin hareketi tahmin denklemlerini yani azalım ilişkilerini kullanarak 7.8 büyüklüğündeki Pazarcık Depreminin ve 7.5 büyüklüğündeki Elbistan Depreminin 200 km mesafeye kadar pik yer ivme değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda Boore vd.(1993) ile Chiou & Youngs (2014) azalım ilişkisi denklemleri kullanılmıştır.

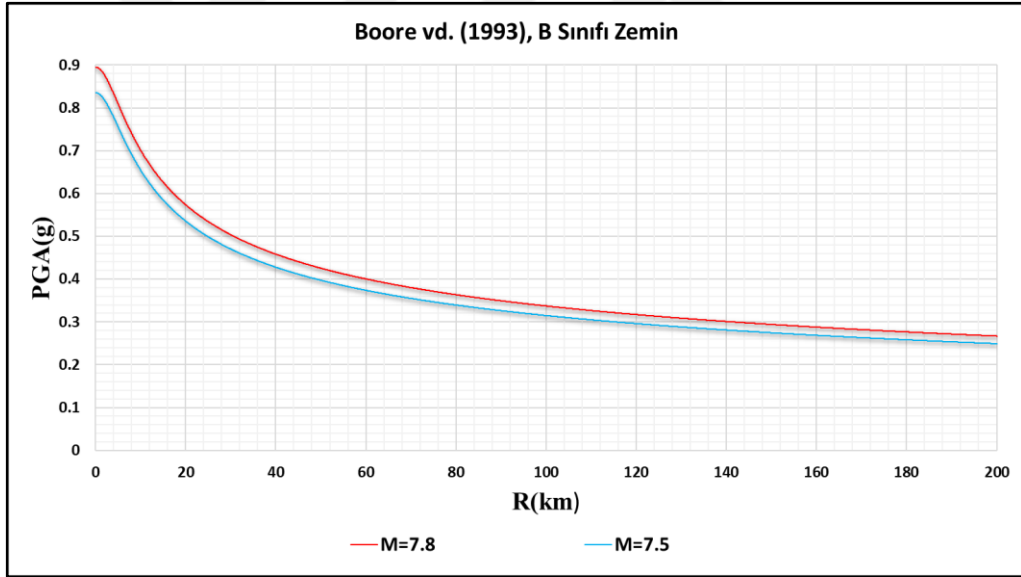
Boore vd.(1993) azalım ilişkisi denklemleri için sahanın durumuna göre 3 farklı zemin sınıfı tanımlanmıştır. Her bir zemin sınıfı için ayrı hesaplama yapılarak grafikler oluşturulmuştur.

Tablo 7. 1: Boore vd. (1993) azalım denklemleri için zemin sınıfı tanımları.

Arazi Sınıfı	Vs30
A	> 750 m/s
B	360 -750 m/s
C	180 -360 m/s



Şekil 7. 1: Pazarcık (Mw 7.8) ve Elbistan (Mw 7.5) depremleri için azalım ilişkisi grafiği, A sınıfı zemin.

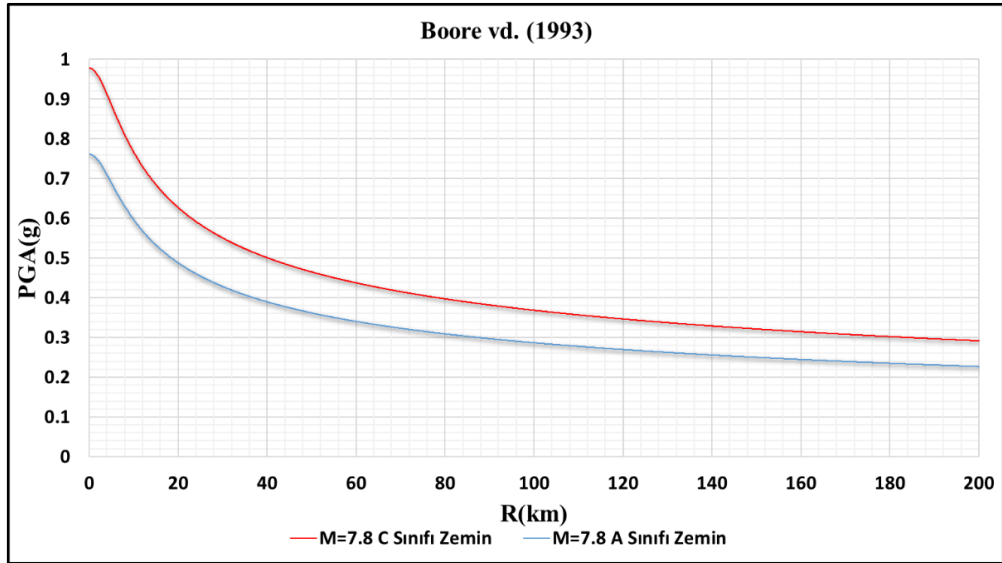


Şekil 7. 2: Pazarcık (Mw 7.8) ve Elbistan (Mw 7.5) depremleri için azalım ilişkisi grafiği, B sınıfı zemin.



Şekil 7. 3: Pazarcık (Mw 7.8) ve Elbistan (Mw 7.5) depremleri için azalım ilişkisi grafiği, C sınıfı zemin.

Şekil 7.4 te Pazarcık (Mw 7.8) Depremine eşit uzaklıkta yer alan A ve C sınıfı zemin koşullarındaki pik yer ivmesi değerleri gösterilmiştir. C sınıfı zayıf zemin koşullarındaki pik yer ivmesi, A sınıfı zemin koşullarındaki pik yer ivmesinden çok daha fazladır. Yerel zemin koşulları depreme yönelik yapıların tasarımında çok büyük önem arz etmektedir.



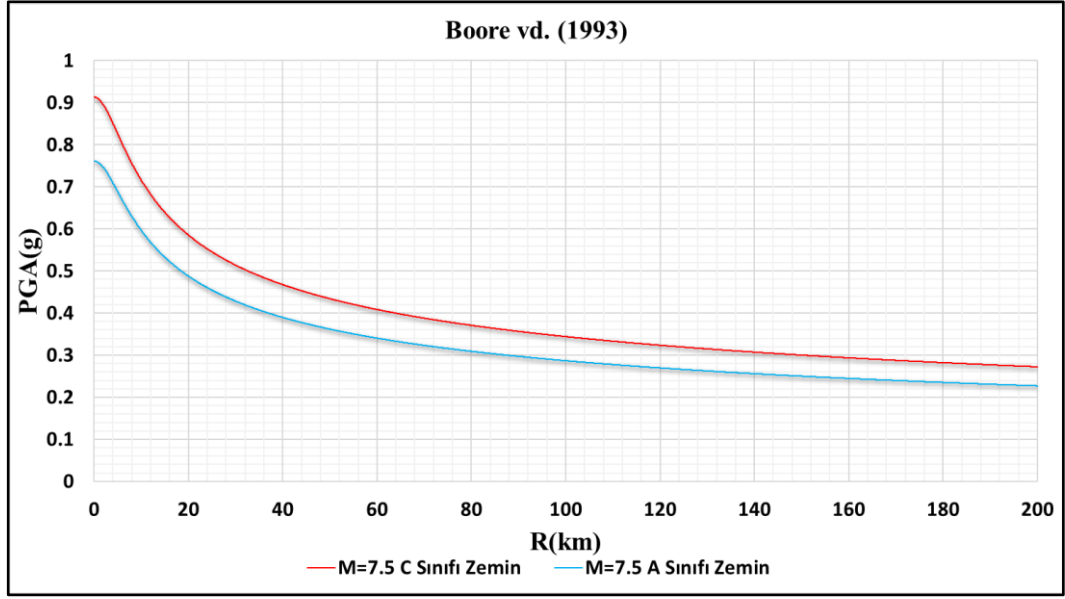
Şekil 7. 4: Pazarcık (Mw 7.8) Depremine eşit uzaklıkta yer alan A sınıfı ve C sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği.

Şekil 7.5’de Pazarcık Depremi merkez üssüne aynı uzaklıkta olan iki aynı tip yapı gösterilmektedir. Ana kaya (A sınıfı) üzerinde yer alan yapı hiç hasar almamış hasarsızken, baraj gövde dolgusu üzerinde yer alan yapı ağır hasar almıştır. Ayrıca baraj dolgusunun sarsıntının şiddetini büyüüttüğü, kret yakınındaki ivme değerlerinin genellikle en yüksek olduğu birçok çalışmada ortaya konulmuştur [Pells ve Fell, 2002]; [Kavruk, 2003].

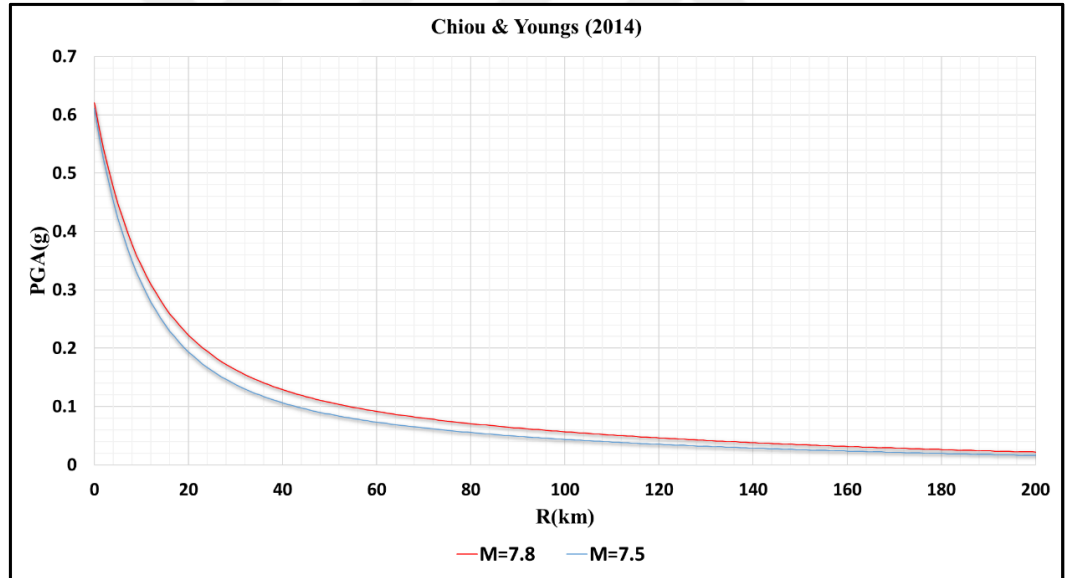


Şekil 7. 5: Yapı-zemin etkileşimi farklı zemin koşullarındaki iki aynı tip yapının davranışı, Kartalkaya Barajı, Pazarcık, Kahramanmaraş.

Şekil 7.6 da Elbistan (Mw 7.5) Depremine eşit uzaklıkta yer alan A ve C sınıfı zemin koşullarındaki pik yer ivmesi değerleri gösterilmiştir. C sınıfı zayıf zemin koşullarındaki pik yer ivmesi, A sınıfı zemin koşullarındaki pik yer ivmesinden çok daha fazladır.



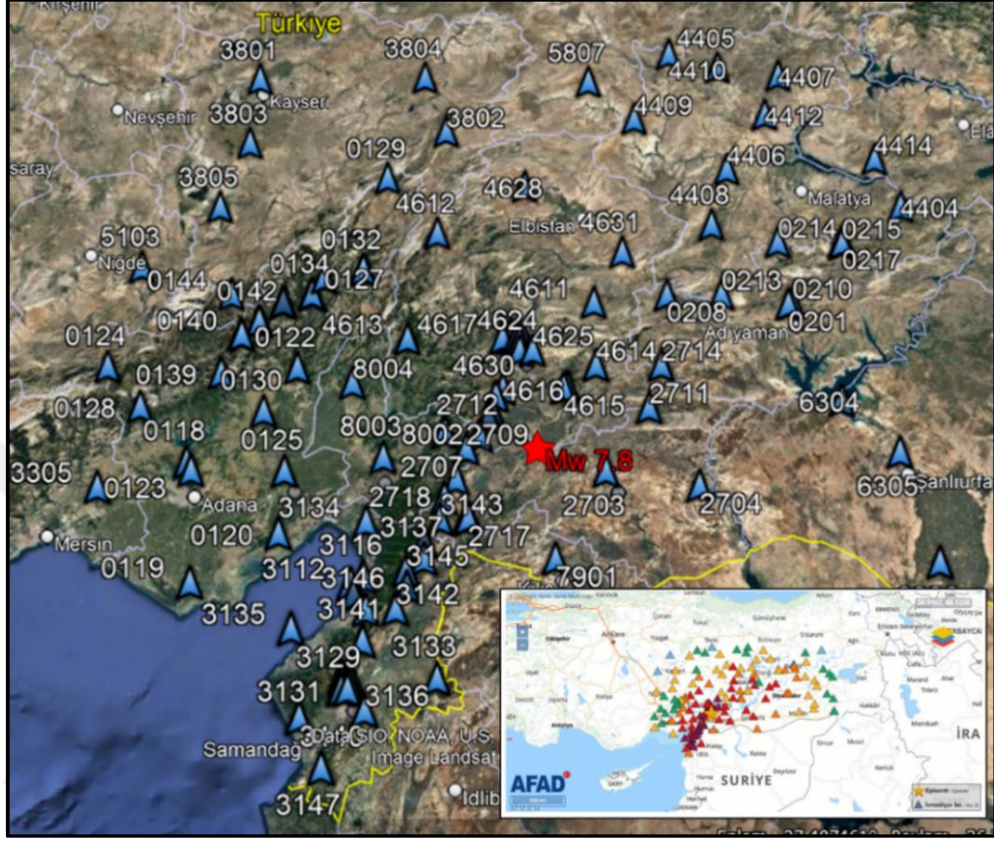
Şekil 7. 6: Pazarcık (Mw 7.8) Depreminin A sınıfı ve C sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği.



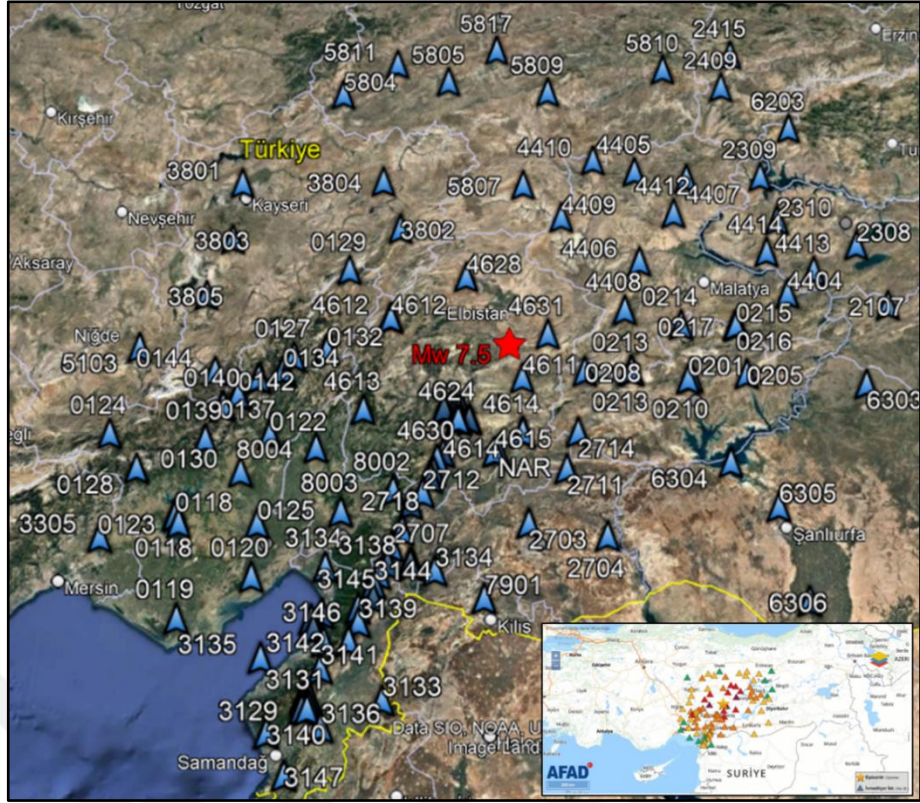
Şekil 7. 7: Pazarcık (Mw 7.8) ve Elbistan (Mw 7.5) depremleri için azalım ilişkisi grafiği, Chiou & Youngs (2014).

Deprem bölgesinde yer alan istasyon verileri AFAD'ın web sayfasından alınarak, 110 istasyon haritaya işlenmiştir (Şekil 7.10). İstasyonlardan alınan ivme kayıtlarının

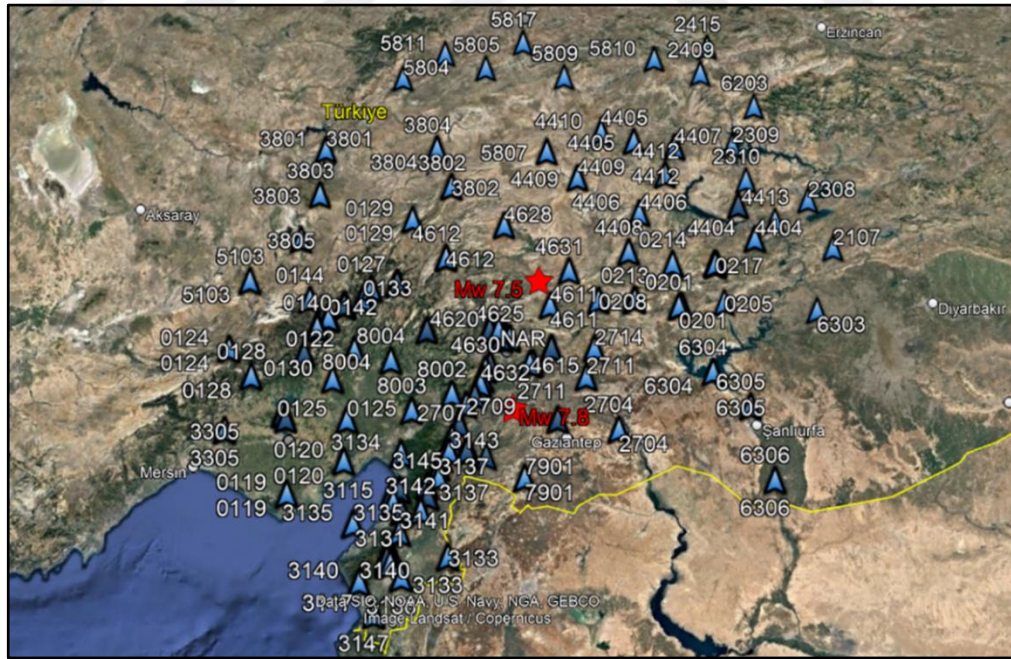
Boore vd.(1993) ile Chiou & Youngs (2014) azalım ilişkisi denklemleri ile karşılaştırmasının yapılabilmesi için aynı grafik üzerinde gösterilmiştir.



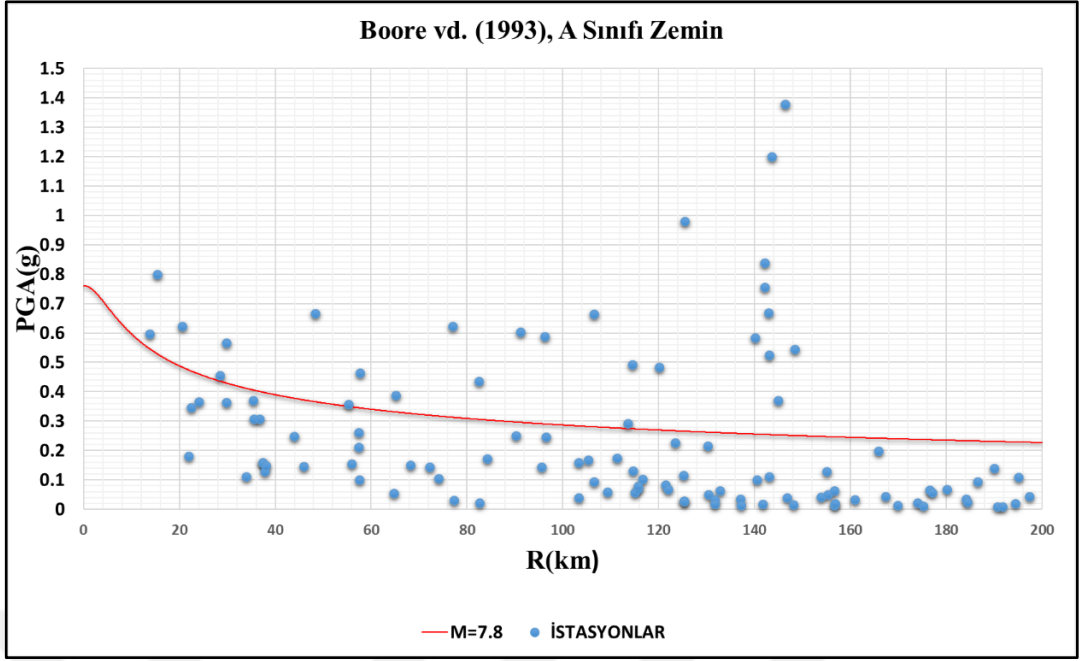
Şekil 7. 8: Pazarcık Depremi için haritaya işlenen istasyon yerleri.



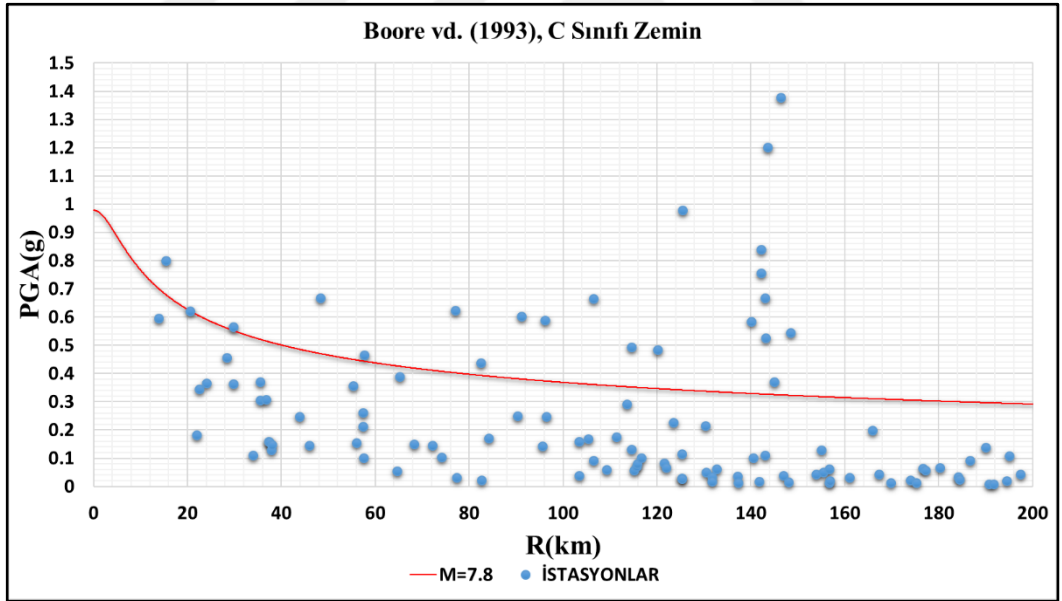
Şekil 7. 9: Elbistan Depremi için haritaya işlenen istasyon yerleri.



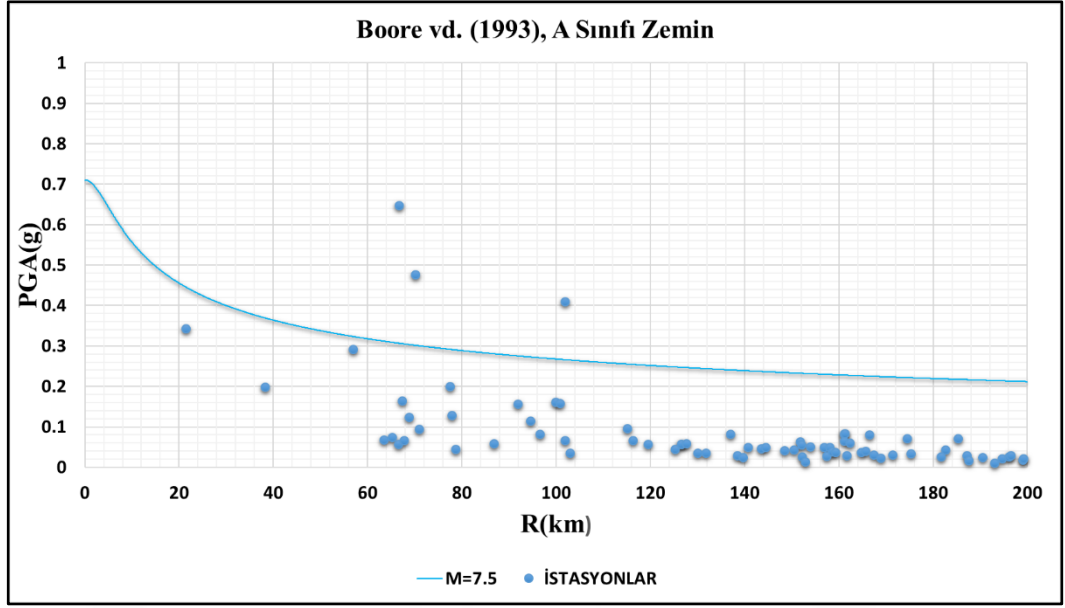
Şekil 7. 10: Maraş Depremleri için haritaya işlenen 110 istasyon.



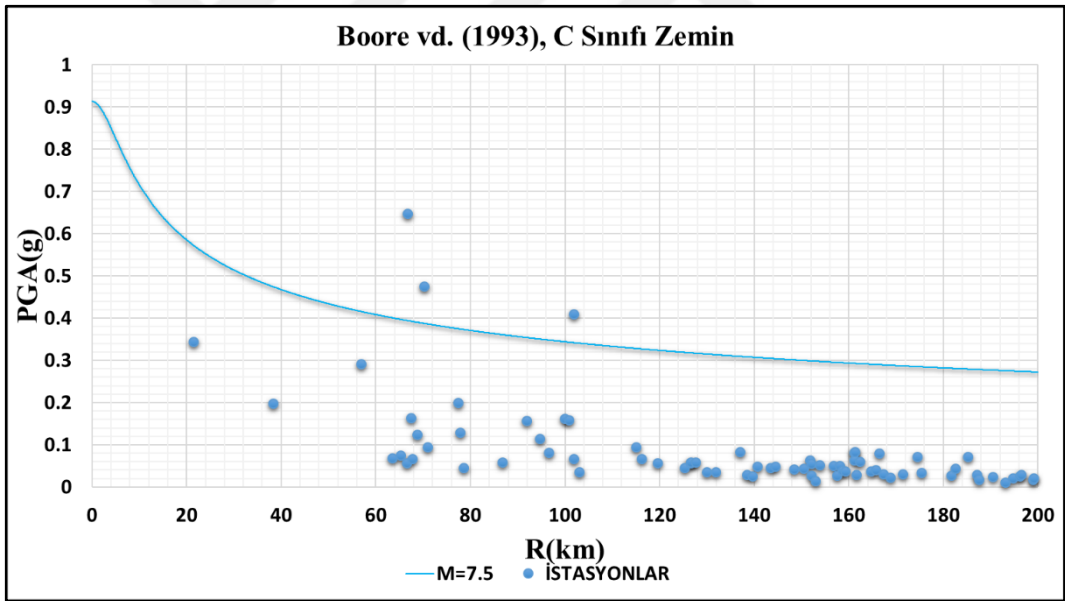
Şekil 7. 11: Pazarcık (Mw 7.8) Depremi istasyon pik yer ivmeleri ve A sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği karşılaştırması.



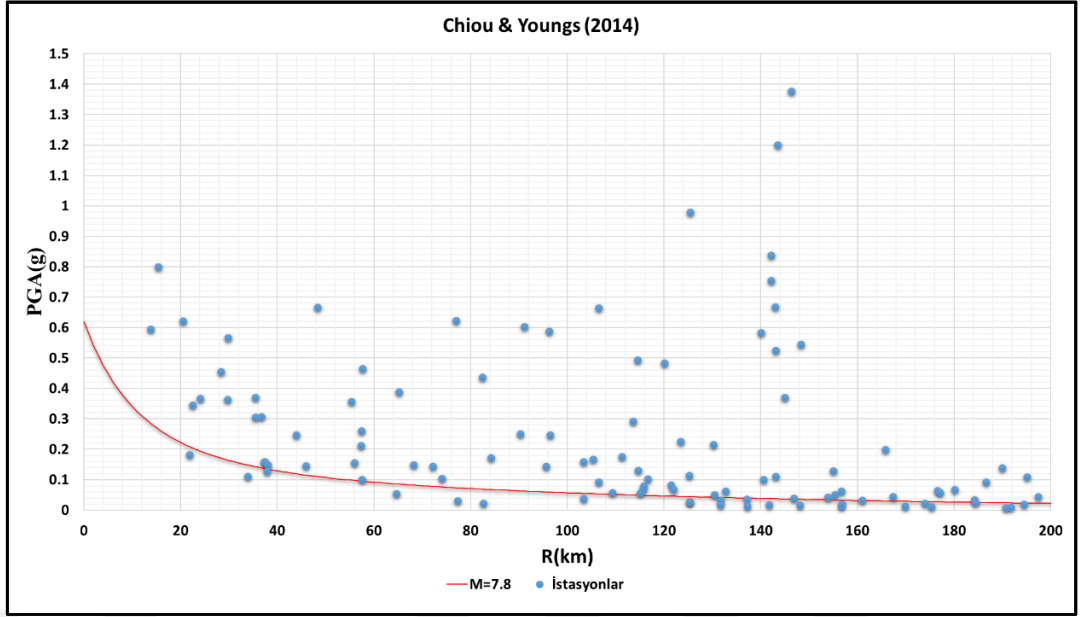
Şekil 7. 12: Pazarcık (Mw 7.8) Depremi istasyon pik yer ivmeleri ve C sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği karşılaştırması.



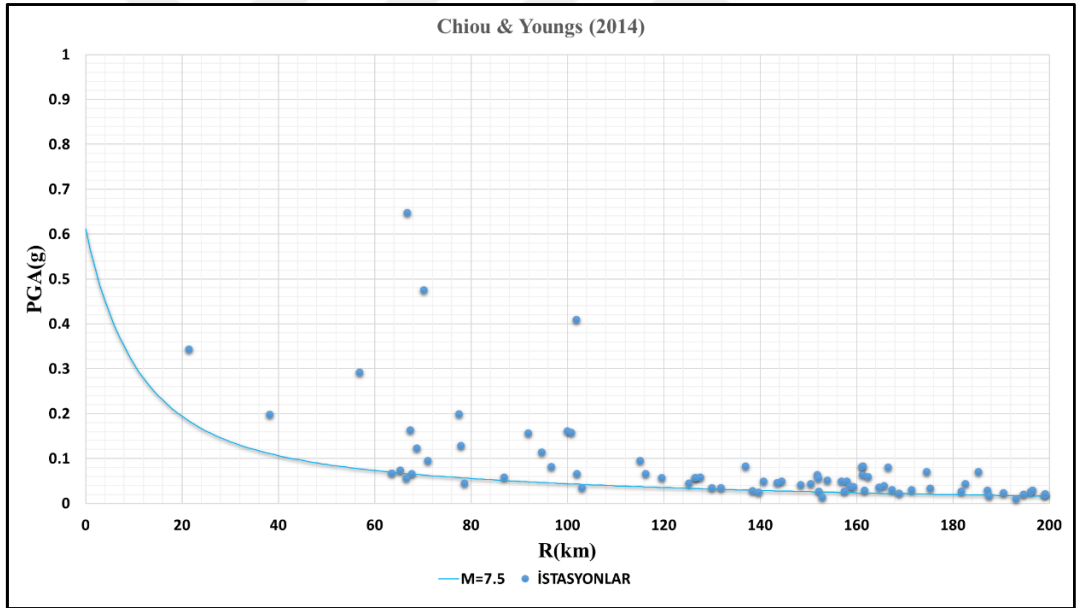
Şekil 7. 13: Elbistan Depremi (Mw 7.5) istasyon pik yer ivmeleri ve A sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği karşılaştırması.



Şekil 7. 14: Elbistan Depremi (Mw 7.5) istasyon pik yer ivmeleri ve C sınıfı zemin koşullarındaki azalım grafiği karşılaştırması.



Şekil 7. 15: Pazarcık (Mw 7.8) Depremi istasyon pik yer ivmeleri karşılaştırması.



Şekil 7. 16: Elbistan Depremi (Mw 7.5) istasyon pik yer ivmeleri karşılaştırması.

Büyüklüğü 7.5 olan Elbistan Depremi için çizilen eğriler ile istasyon verileri karşılaştırıldığında zaman her iki azalım ilişkisinin de makul değerler verdiği söylenebilir.

Büyükülüğü 7.8 olan Pazarcık Depremi için çizilen eğriler ile istasyon verileri karşılaştırıldığı zaman Boore vd.(1993) nin verileri, Chiou & Youngs (2014) e göre daha anlamlı sonuçlar vermektedir.

Ayrıca büyükülüğü 7.5 ve daha üzeri olan büyük depremler için Boore vd.(1993) azalım denklemlerinin daha yakın ve anlamlı sonuçlar verdiği söylenebilir.

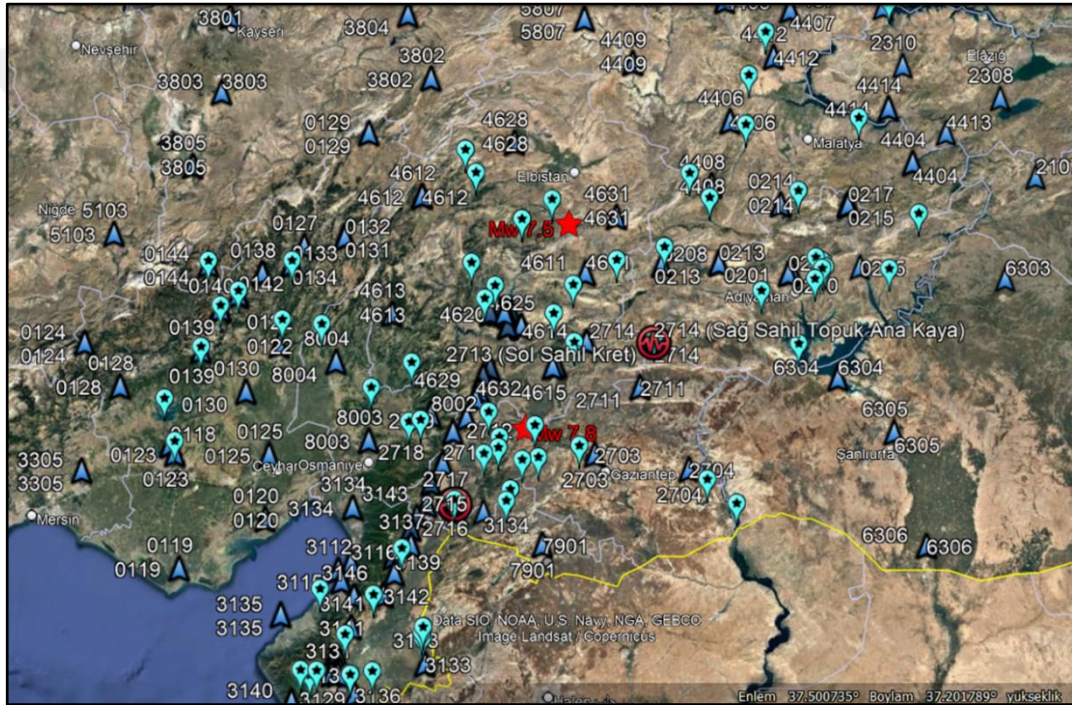
Bilgileri derlenen 68 barajın Pazarcık ve Elbistan Depremlerinin merkez üssüne olan uzaklıkları harita üzerinde tespit edilmiş ve tabloya kaydedilmiştir (Şekil 7.17), (Tablo 7.18). İncelemesi yapılacak barajda ivmeölçer var ise bu ivmeölçere ait kayıt dikkate alınmıştır. Baraja ait bir ivmeölçer kaydına ulaşılamamış veya barajda ivmeölçer cihazı yok ise baraja en yakın istasyon tespit edilerek, bu istasyondaki Kuzey-Güney veya Doğu- Batı yönündeki ivme değerlerinden hangisi daha büyükse o değer barajın deprem ivme kaydı olarak dikkate alınmıştır. Bu işlem her iki deprem için de yapılarak mevcut azalım ilişkileri grafiklerine işlenmiştir, Pazarcık Depremi (Mw 7.8) (Şekil 7.19), Elbistan Depremi (Mw 7.5) (Şekil 6.20).



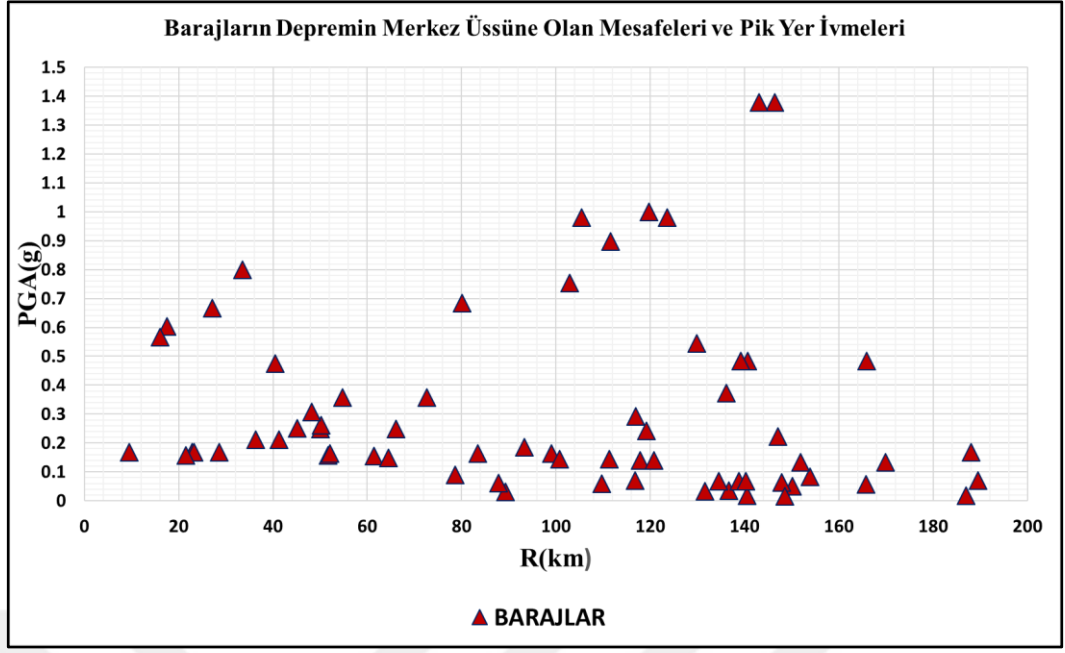
Şekil 7. 17: Değerlendirmesi yapılan 68 barajın lokasyonları ve Maraş Depremleri.

Tablo 7. 2: Değerlendirmesi yapılan 68 barajın merkez üslerine olan uzaklıkları.

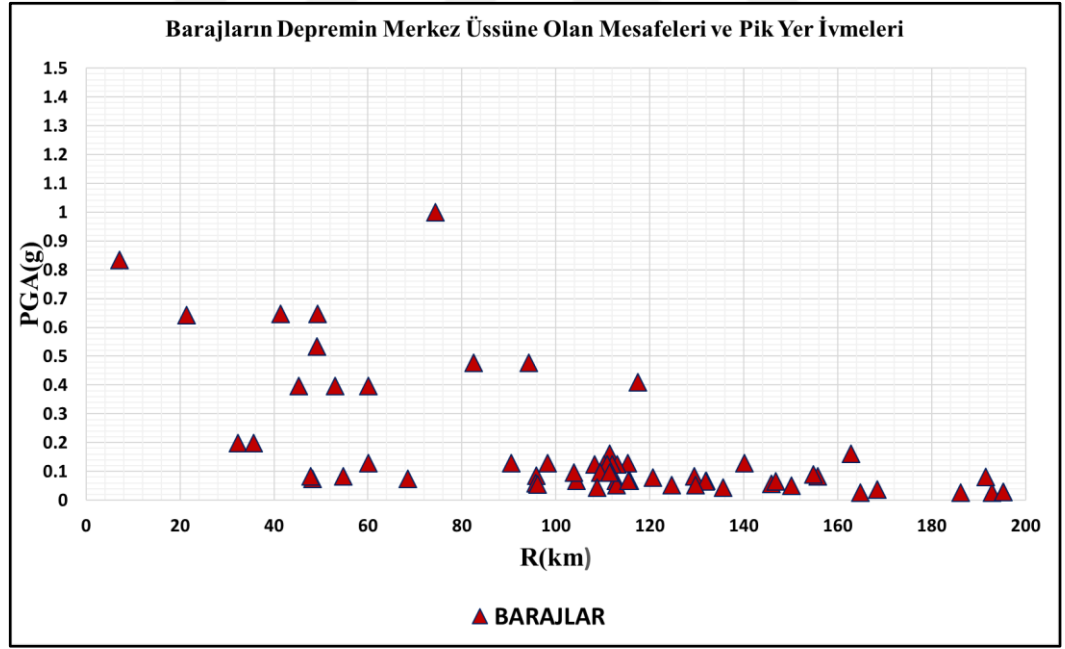
No	Tesisin Adı	B/G	Proje Yeri	Amacı ¹	Tipi ²	Temelden Yükseklik (m)	Göl Hacmi (hm ³)	R (km) M7.8	R (km) M7.5
1	Bahçe Anklıkış	G	Osmaniye	S	HTD	32.50	1.67	45.07	112.75
2	Büyük Karaçay	B	Hatay	S+E+İ+T	ÖYBK	105.00	57.3	147.03	230.27
3	Hassa Demrek	G	Hatay	S	HTD	29.60	1.995	80.13	164.8
4	Bayraktepe	G	Osmaniye	S	KÇD	41.40	2.81	27.15	112.96



Şekil 7. 18: Barajların ve istasyonların bir arada konumu.



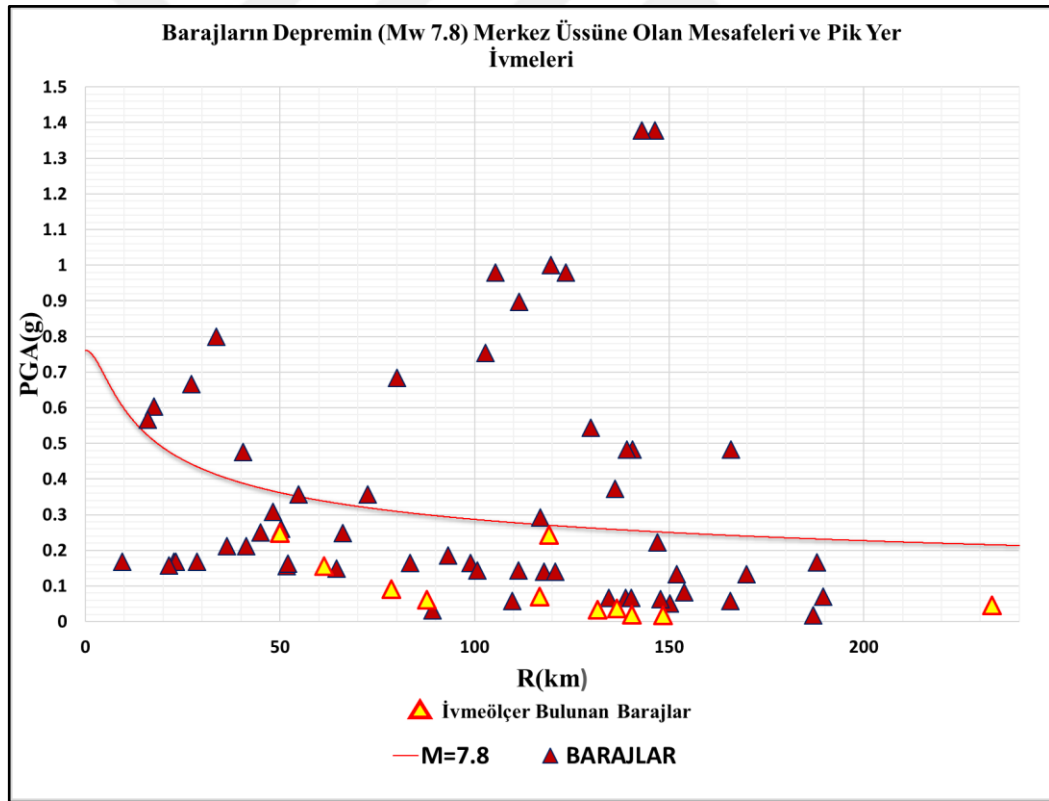
Şekil 7. 19: Barajların Pazarcık Depremi (Mw 7.8) merkez üssüne olan mesafeleri ve baraj sahası pik yer ivme değerleri.



Şekil 7. 20: Barajların Elbistan Depremi (Mw 7.5) merkez üssüne olan mesafeleri ve baraj sahası pik yer ivme değerleri.

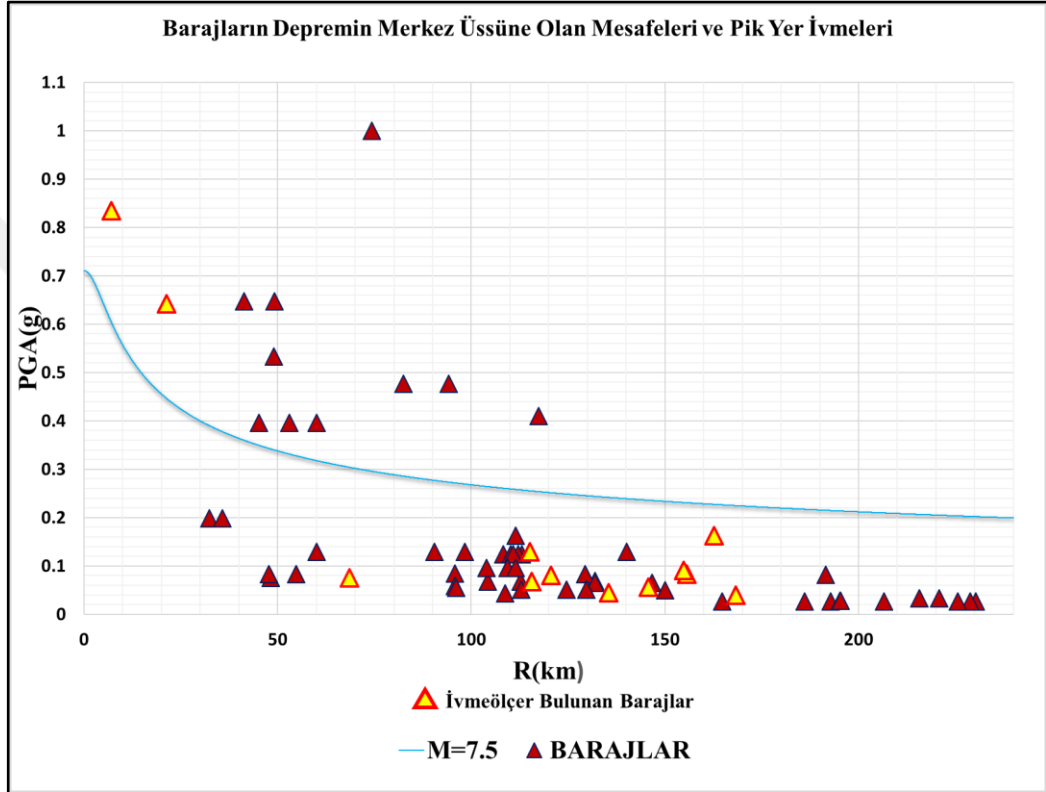
İncelemesini yaptığımız 68 barajın 11 inde ivmeölçer bulunduğu tespit edilmiştir. Bu 11 barajın 8'i özel sektör tarafından işletilen depolamalı HES projesidir. İvmeölçer bulunan barajlar grafikte farklı bir lejant ile gösterilmiştir (Şekil 7.21), (Şekil 7.22). Barajların oturduğu temelin yerel zemin koşullarının iyi olması ve ana kayaya inşa edilmeleri sebebiyle bu durumu daha iyi yansıtabileceği düşüncesiyle Boore vd.(1993) azalım ilişkisi A sınıfı zemin koşulları kullanılmıştır.

İvmeölçer bulunan barajlardaki Pazarcık Depremi (Mw 7.8) kayıtlarının, azalım ilişkileri ile uyumlu olduğu düşünülmektedir. Baraja yakın istasyonlardan alınan kayıtlarda ise çok büyük ivme değerleri göze çarpmaktadır. Bu durum istasyonun bulunduğu yerel zemin koşulları veya istasyona yakın meydana gelen yüzey kırıkları ile ilgili olabilir (Şekil 7.21).



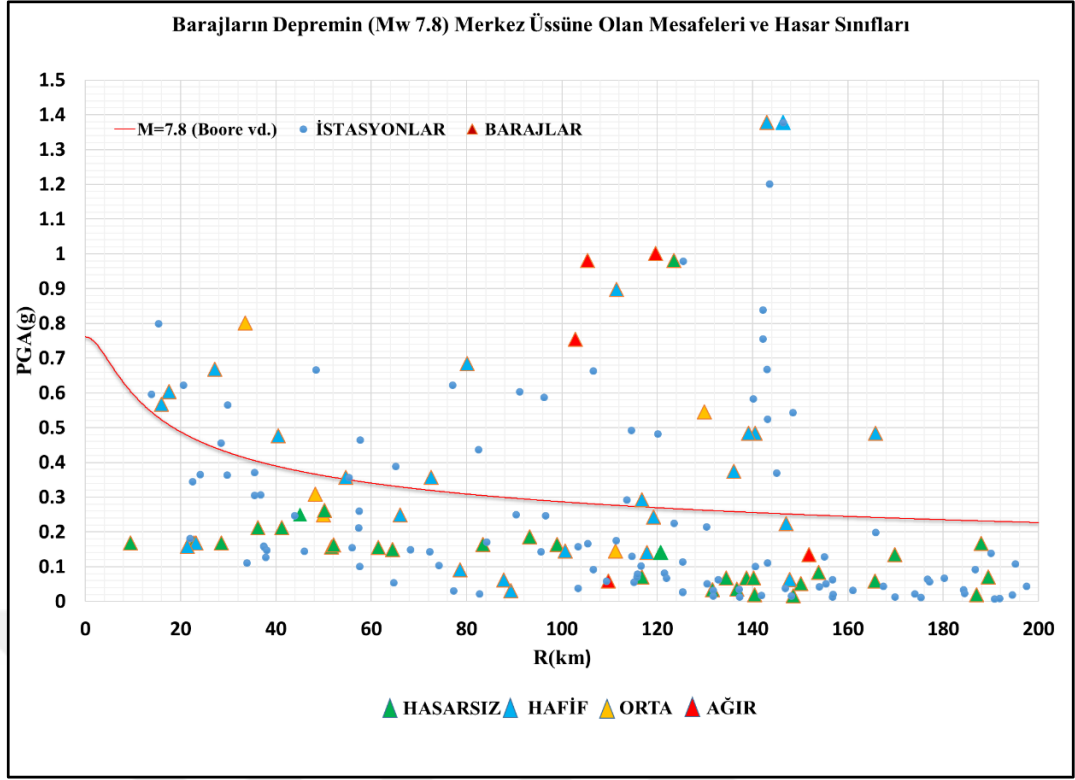
Şekil 7. 21: Barajların Pazarcık Depremi (Mw 7.8) merkez üssüne olan mesafeleri ve baraj sahası pik yer ivme değerleri ile Boore vd.(1993) azalım denklemi eğrisi.

İvmeölçer bulunan barajlardaki Elbistan Depremi (Mw 7.5) kayıtlarının, azalım ilişkileri ile uyumlu olduğu düşünülmektedir. Depremin merkez üssüne 7.16 km mesafede olan Kandil Barajı ve 21 km mesafede bulunan Sarıgözel Barajındaki ivmeölçer kayıtları yakın kaynak etkisi nedeniyle oluşan yüksek ivme değerlerini gözlemlemek açısından önemlidir (Şekil 7.22).



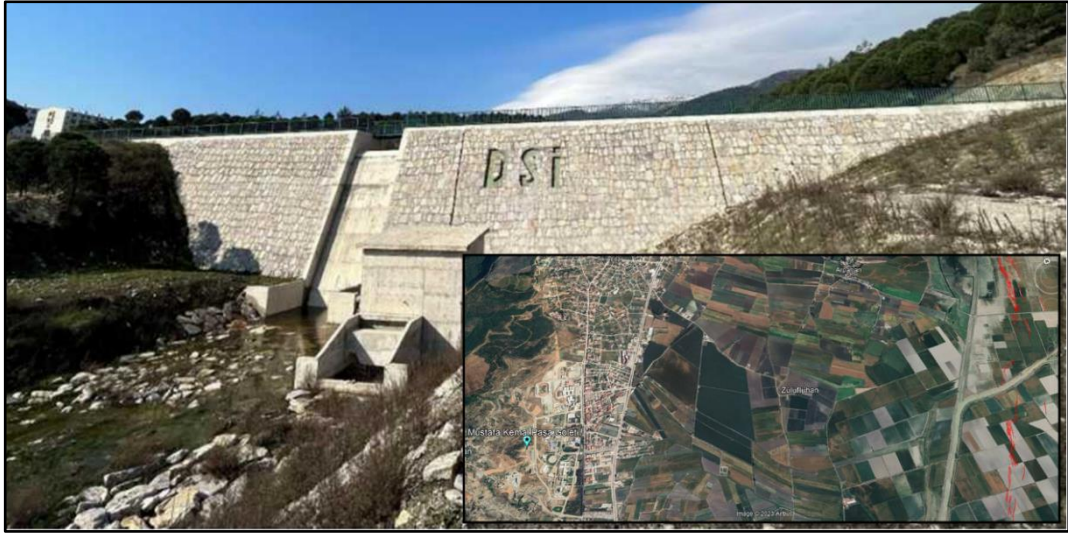
Şekil 7. 22: Barajların Elbistan Depremi (Mw 7.5) merkez üssüne olan mesafeleri ve baraj sahası pik yer ivme değerleri ile Boore vd.(1993) azalım denklemi eğrisi.

Azalım ilişkileri denklemleri ile elde ettiğimiz ivme değerleri ile istasyon kayıtlarını kullanarak barajların hasar durumları arasında bir ilişki olup olmadığı grafik üzerinde gösterilmeye ve değerlendirilmeye çalışılmıştır (Şekil 7.23).

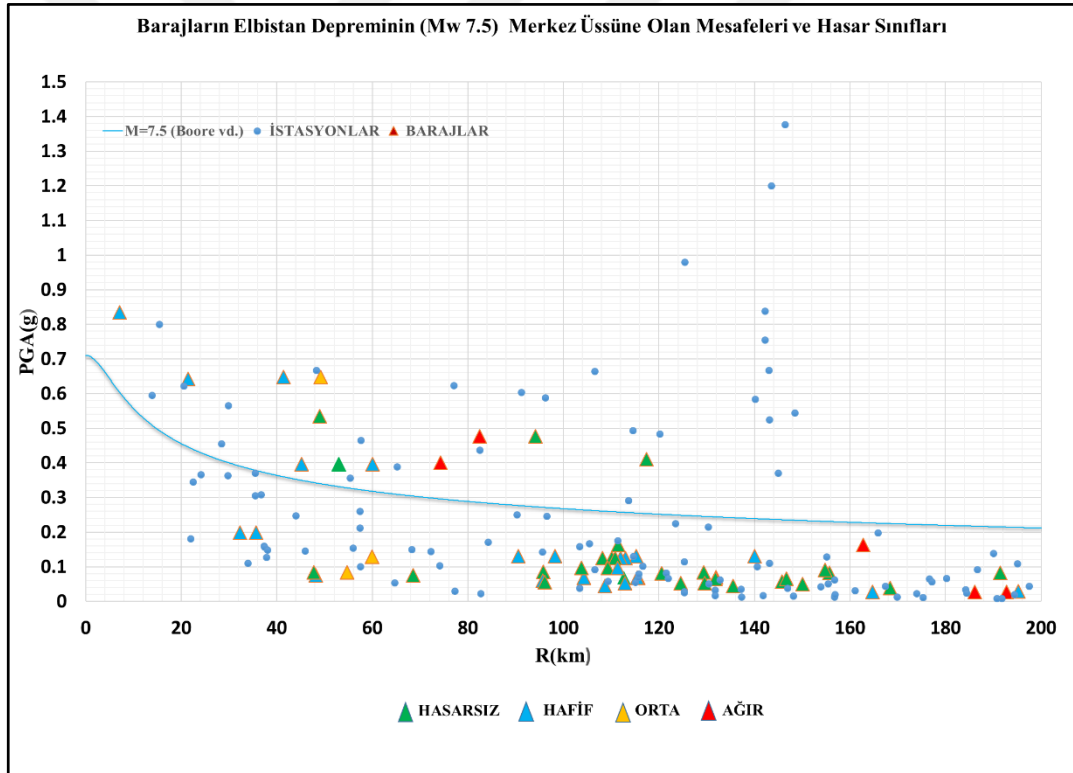


Şekil 7. 23: Pazarcık Depremi (Mw 7.8) istasyon kayıtları ve baraj sahası pik yer ivme değerleri ile baraj hasar sınıfları.

Pazarcık Depremi (Mw 7.8) Boore vd. (1993) azalım ilişkisi eğrisi üzerinde kalan tüm barajlarda hasar oluşmuştur. Sadece Mustafa Kemal Paşa Göleti depremde hasar almamıştır. Gölet temelden 14 m yükseklikte ve kargir beton tipinde inşa edilmiştir. Hesaplanan en yakın istasyon ivme değeri 0.98 g mertebesindedir. Yerçekimine denk yer ivmelerine maruz kalmasına ve yüzey kırığına 5.5 km mesafede olmasına rağmen bu yapının hasar almamasında gövde tipinin, zemin koşullarının, rezervuar su seviyesinin ve göletin aks doğrultusunun fayın doğrultusuna paralel olmasının etkili olabileceği düşünülmektedir (Şekil 7.24), [Google Earth, 2023].



Şekil 7. 24: Mustafa Kemal Paşa Göleti ve yüzey kırıklarının konumu Rrup:5.5 km.



Şekil 7. 25: Elbistan Depremi (Mw 7.5) istasyon kayıtları ve baraj sahası pik yer ivme değerleri ile baraj hasar sınıfları.

6 Şubat 2023 tarihinde 9 saat arayla iki büyük deprem olmuştur. Pazarcık Depremi (Mw 7.8) saat 04:17 de, Elbistan Depremi (Mw 7.5) ise saat 13:24 de meydana

gelmiştir. Bu iki büyük depremden baraj yapılarının nasıl etkilendiğini ayırt edebilmek doğru bir analiz yapabilmek açısından önemli olacaktır. Yapılan araştırmalar ışığında oluşturulan kayıtlardan, (Şekil 7.22) ve (Şekil 7.24), (Tablo 7.2) ile birlikte değerlendirildiği zaman barajların hasarları hangi yıkıcı depremden sonra aldığına dair yorum yapılabilmektedir.

Bahçe Arıklıkış Göleti, Kurtlusoguksu Göleti ve Reyhanlı Barajı Pazarcık Depreminin (Mw 7.8) merkez üssüne, Elbistan Depreminin (Mw 7.5) merkez üssünden çok daha yakındır. Pazarcık Depremi (Mw 7.8) sonrası oluşan ve uydu görüntüleriyle de teyid edilen yüzey kırıkları bu 3 tesise çok yakın konumlanmıştır. Yüzey kırıkları harita üzerinde kırmızı ile gösterilmiştir (Şekil 7.25).

Ayrıca yakın istasyonlardan alınan ivme değerlerinin büyüklüğü bu üç barajın Pazarcık Depremi (Mw 7.8) sonrası ağır hasar aldığını göstermektedir (Tablo 7.3).

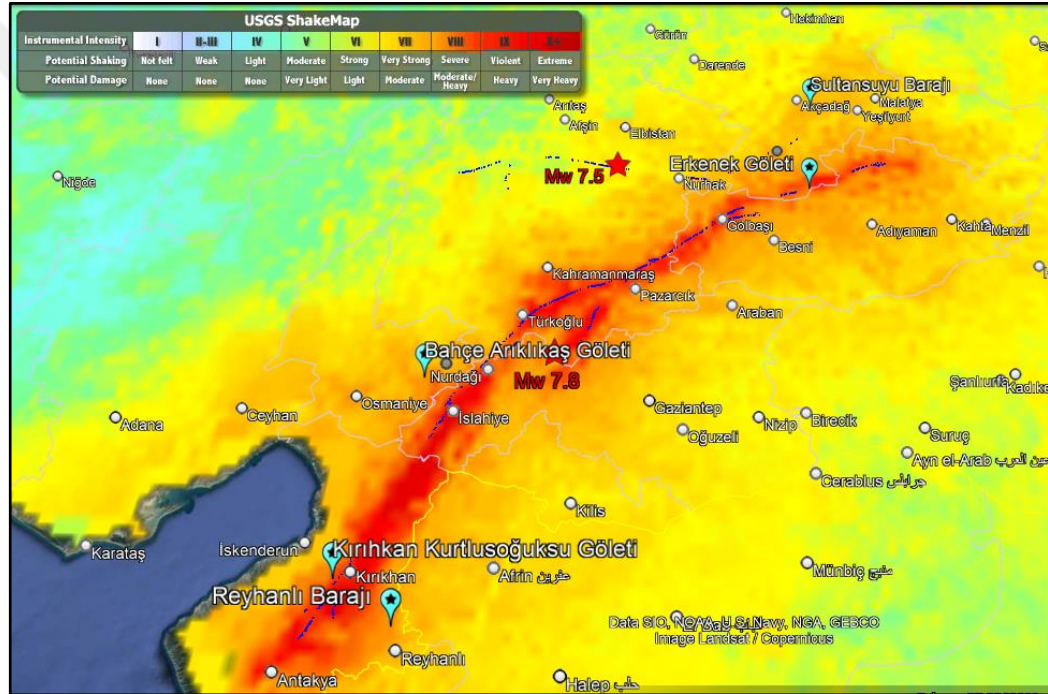
Sultansuyu Barajı ile ilgili yapılan çalışmalara göre, bu baraj Elbistan Depreminin (Mw 7.5) merkez üssüne, Pazarcık Depremine (Mw 7.8) göre daha yakındır. Elbistan Depreminde (Mw 7.5) Sultansuyu Baraj yerinde oluşan spektral ivme değerleri daha büyüktür (Tablo 7.3). İlk depremden de Sultansuyu Barajının etkilendiğini varsayabiliriz. Fakat ağır hasarı Elbistan Depremi (Mw 7.5) sonrası aldığı düşünülmektedir.

Erkenek Göletinin bulunduğu konum, Pazarcık Depremini (Mw 7.8) üreten fay kuşağında yer almaktadır. Bu sebeple aks yerinde oluşan memba mansap yönlü atımın, Pazarcık Depremi (Mw 7.8) sonrası oluştuğu düşünülmektedir. MTA tarafından yapılan bir çalışmada Erkenek Segmentinin Pazarcık Depremi (Mw 7.8) sonrasında kırıldığı ortaya konulmuştur [MTA, 2023].

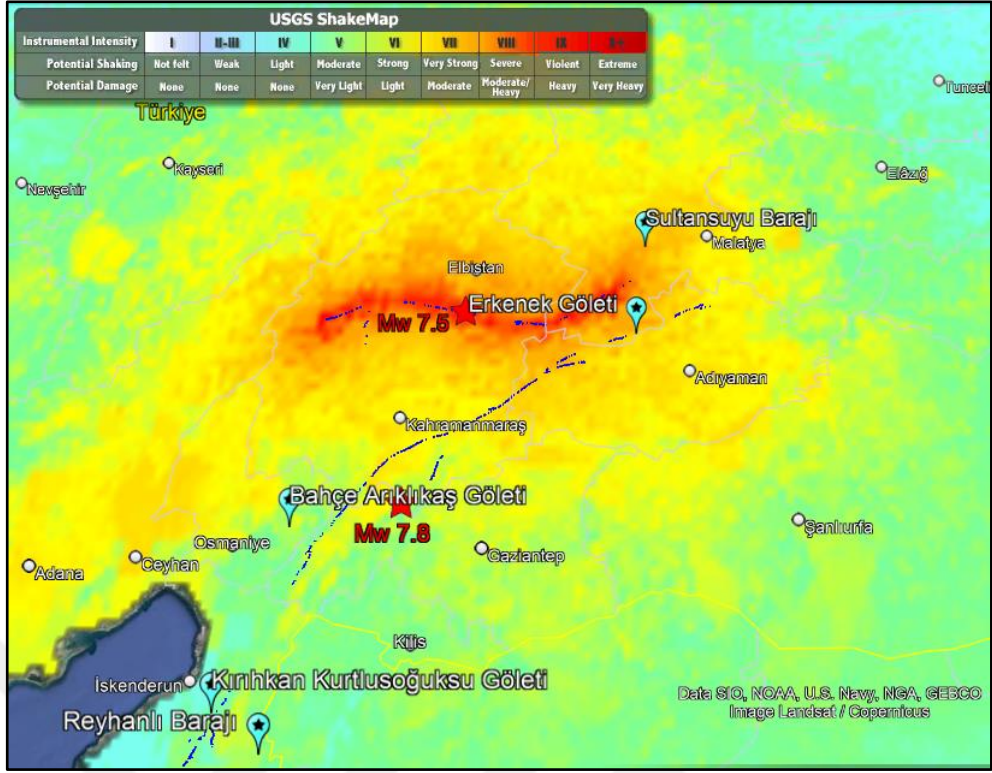
Ağır ve orta hasarlı barajların her iki deprem için oluşturulan şiddet haritalarındaki konumları gösterilmiştir (Şekil 7.26,27,28,29).

Tablo 7. 3: Ağır hasarlı barajların Repi ve hesaplanan Sa değerleri.

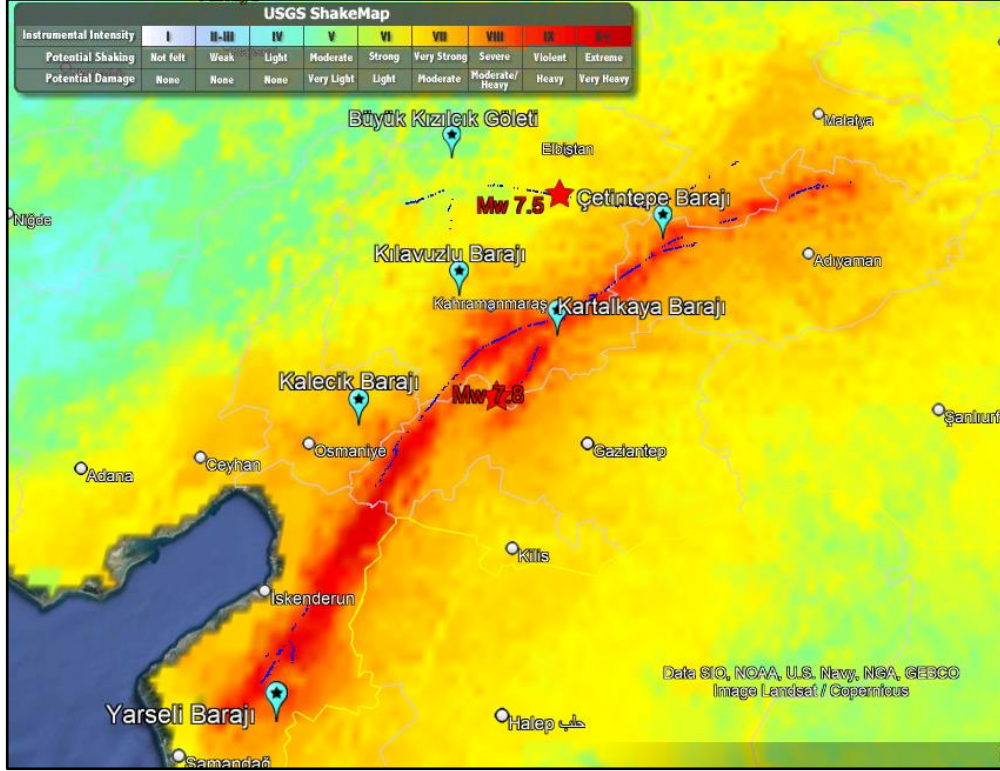
No	Tesisin Adı	Proje Yeri	Tipi ²	PGA(g) Mw 7.8	PGA(g) Mw 7.5	R (km) M7.8	R (km) M7.5	Hasar Sınıfı
1	Bahçe Arıklıkış	Osmaniye	HTD	0.250	0.067	45.07	112.75	AĞIR
2	Kurtuluşoğusku	Hatay	KÇKD	0.754	0.026	102.88	186.12	AĞIR
3	Reyhanlı	Hatay	HTD	0.980	0.026	105.42	192.85	AĞIR
4	Sultansuyu	Malatya	KÇD	0.134	0.476	151.91	82.52	AĞIR
5	Erkenek	Malatya	ÖMKD	1.000	0.400	119.66	74.32	AĞIR



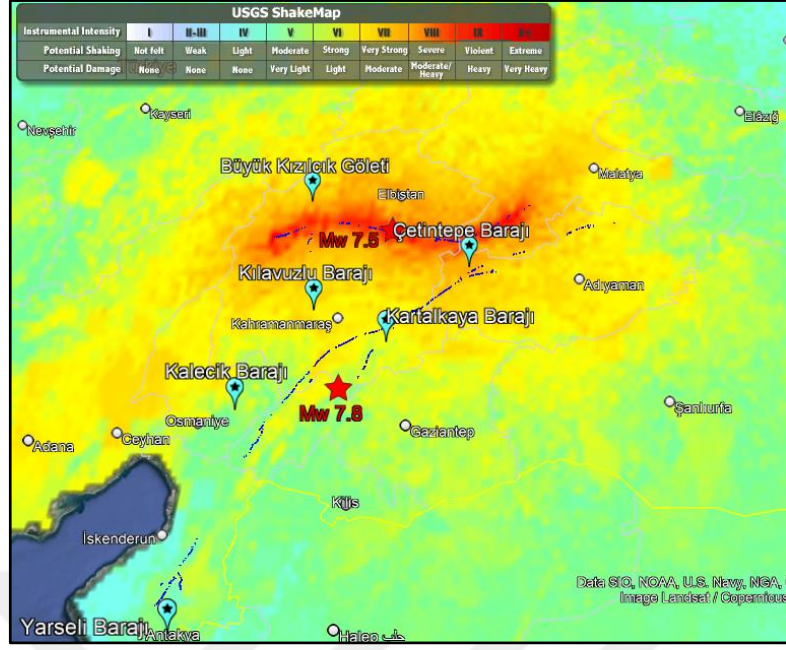
Şekil 7. 26: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve ağır hasarlı barajlar.



Şekil 7. 27: Elbistan Depremi şiddet haritası ve ağır hasarlı barajlar.

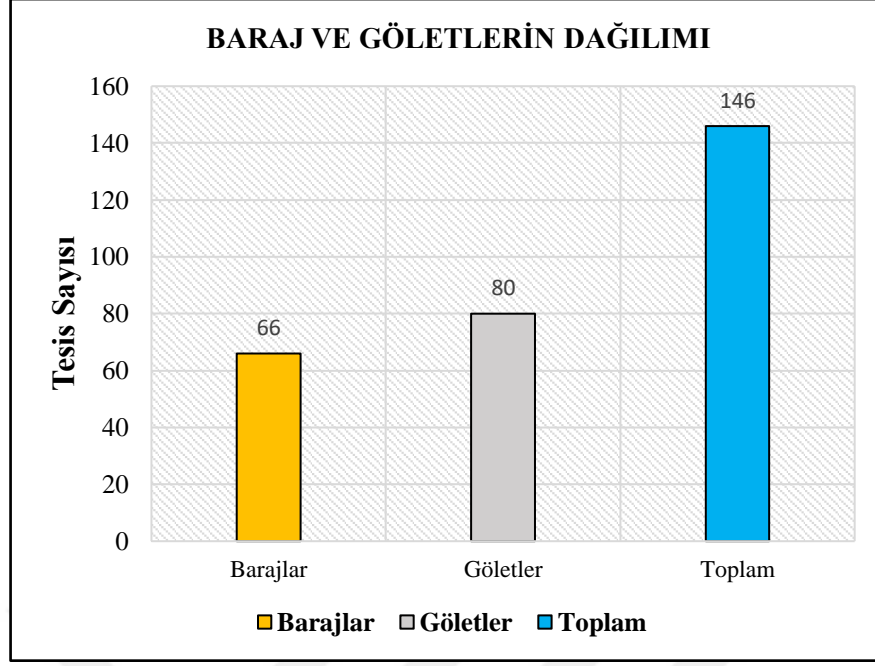


Şekil 7. 28: Pazarcık Depremi şiddet haritası ve orta hasarlı barajlar.



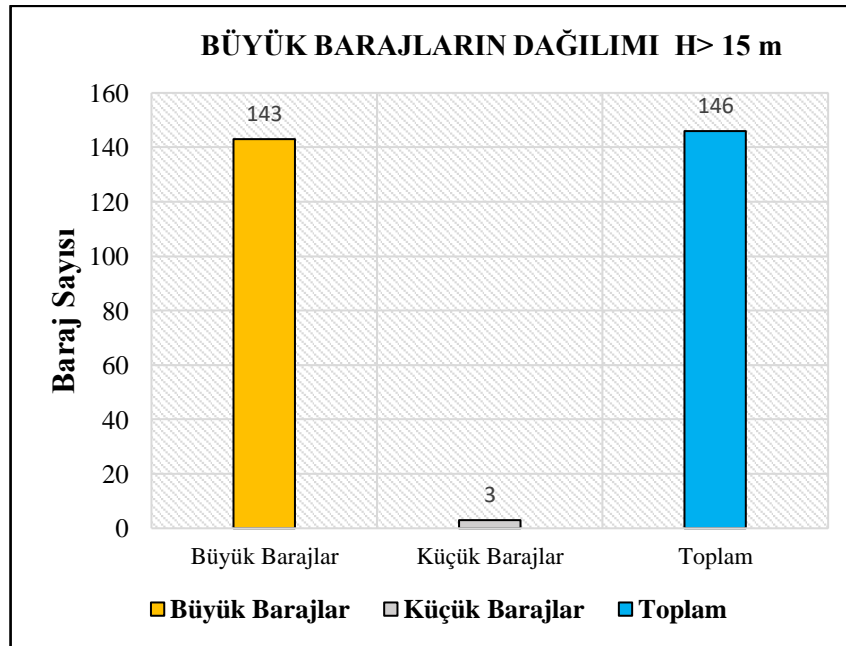
Şekil 7. 29: Elbistan Depremi şiddet haritası ve orta hasarlı barajlar.

Ülkemizde çoğunlukla sulama amacıyla yapılan, depolama hacmi baraj kadar büyük olmayan tesisler gölet olarak adlandırılmaktadır. Şekil 7.30’da görüldüğü gibi Deprem Bölgesindeki depolamalı tesislerin çoğunluğu göletlerden oluşmaktadır.

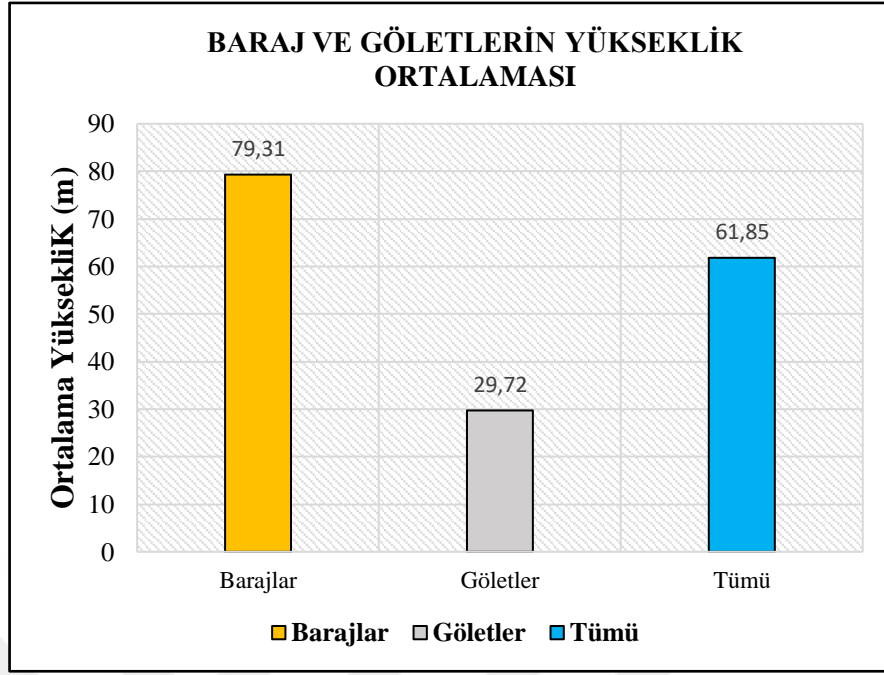


Şekil 7. 30: Depolamalı tesislerin Baraj ve Gölet olarak dağılımı.

Deprem Bölgesindeki 146 depolamalı tesis, 3 gölet dışında ICOLD kriterlerine göre büyük baraj kategorisinde yer almaktadır (Şekil 7.31). Bölgede yer alan baraj ve göletlerin yükseklik ortalamaları Şekil 7.32’de gösterilmiştir.

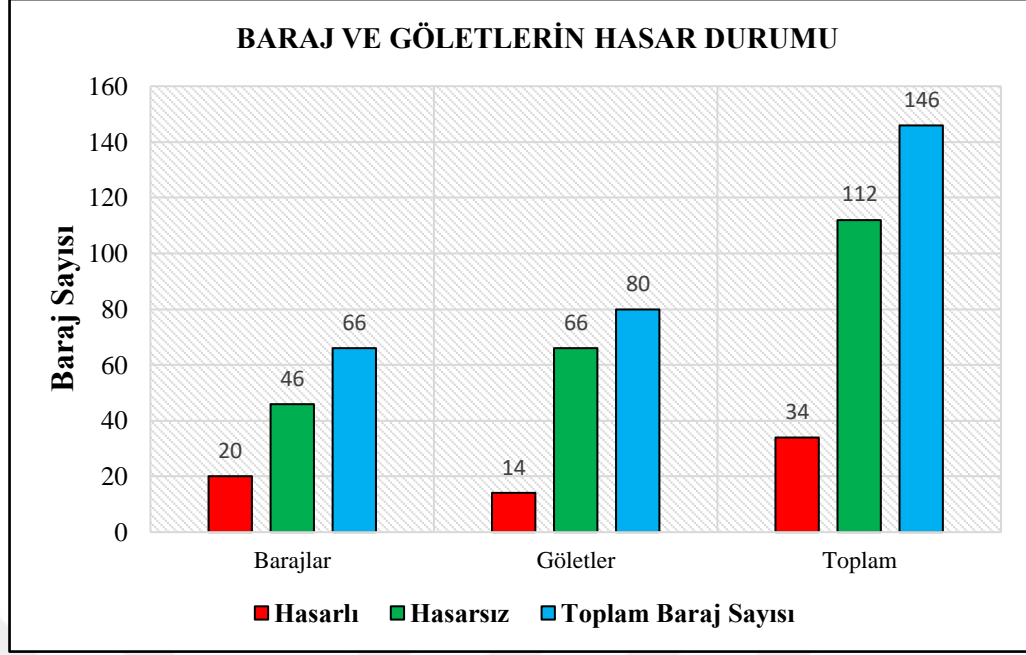


Şekil 7. 31: Deprem Bölgesindeki büyük barajların dağılımı.

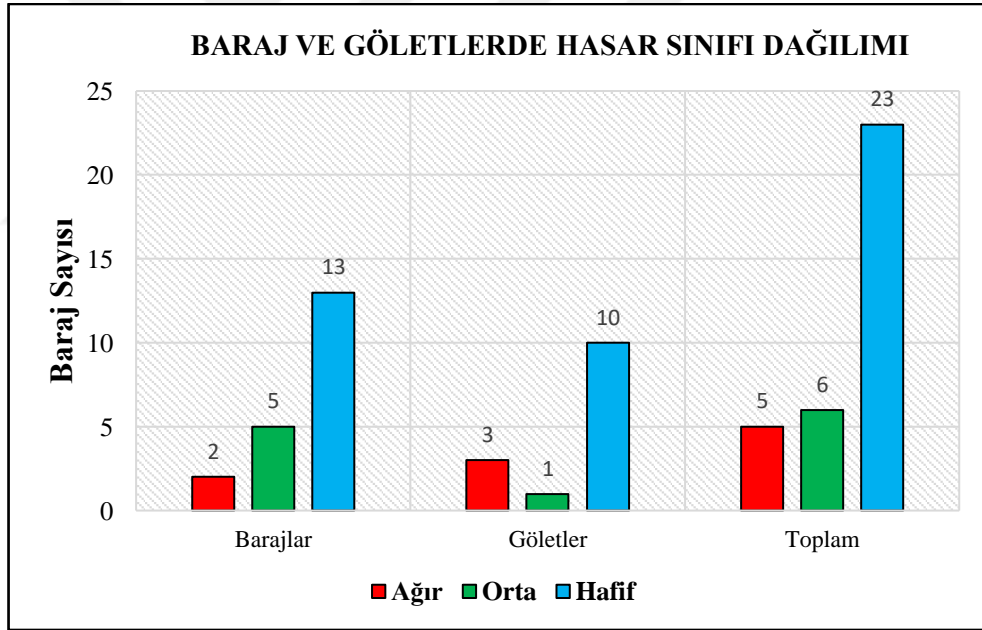


Şekil 7. 32: Baraj ve göletlerin yükseklik ortalamaları.

Hasarlı tesis oranı barajlarda daha yüksekken, ağır hasarlı tesis oranı göletlerde daha yüksek olduğu için yıkıcı büyük depremlere karşı göletler daha kırılgan gözükmemektedir (Şekil 7.33), (Şekil 7.34).



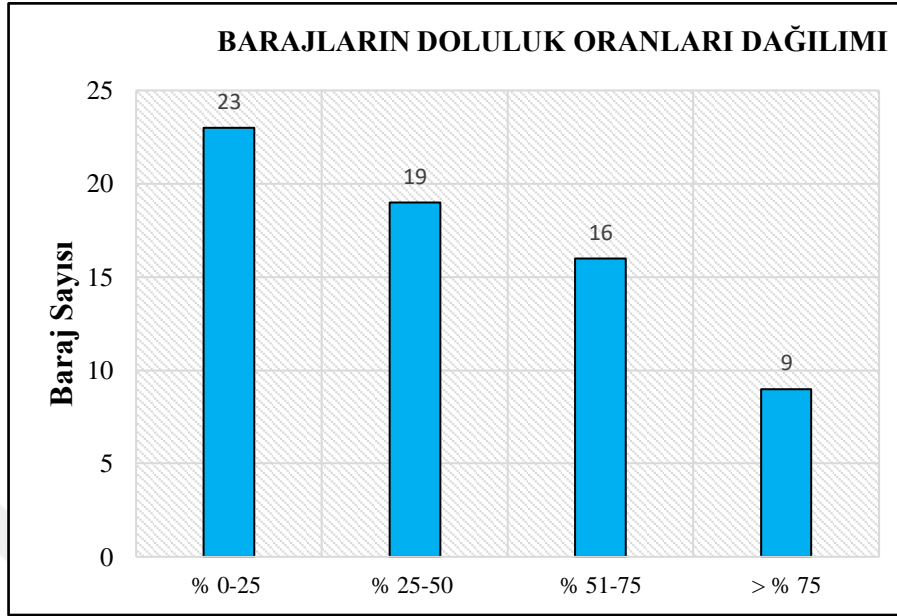
Şekil 7. 33: Deprem Bölgesindeki baraj ve göletlerin hasar durumu.



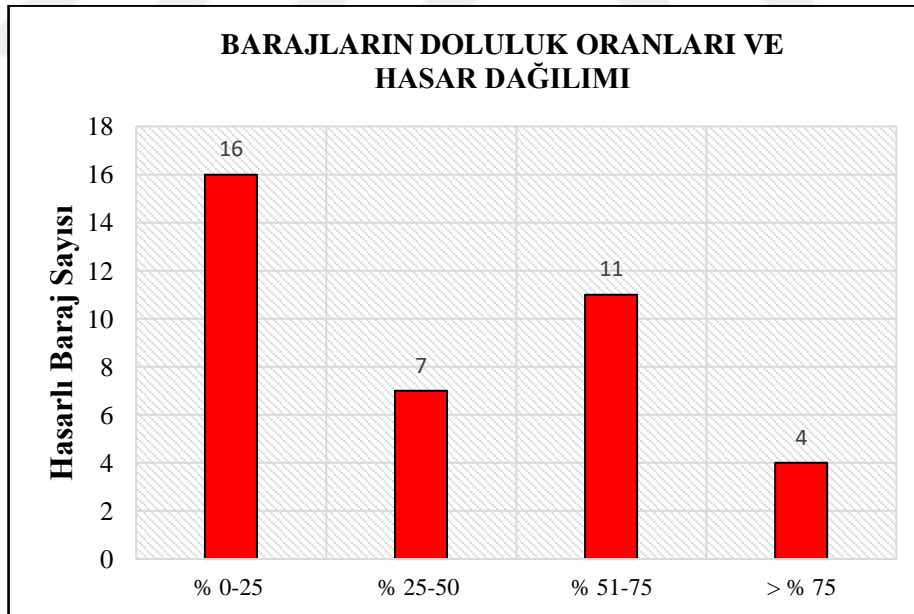
Şekil 7. 34: Baraj ve göletlerde hasar sınıfı dağılımı.

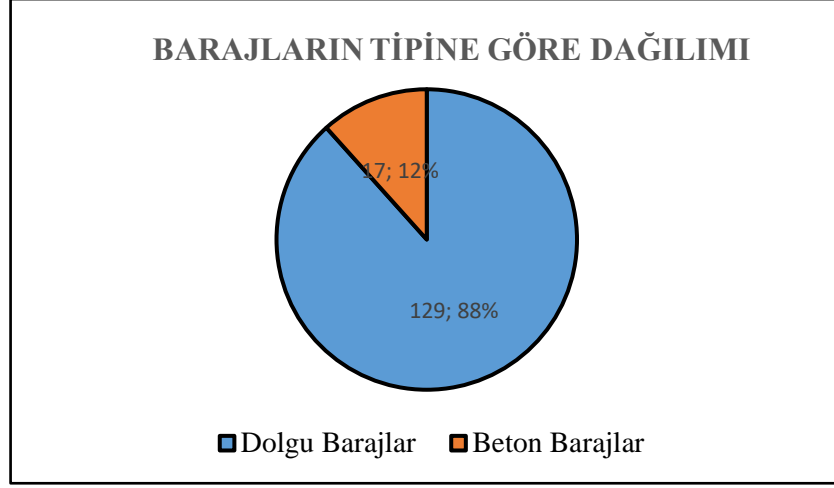
Baraj doluluk oranları 68 baraj için doluluk oranlarının aritmetik ortalaması alınarak hesaplandığında % 41 mertebelerindedir. Kurak bir sezonda olunması nedeniyle depremler sırasında baraj doluluk oranlarının oldukça düşük seviyelerde olduğu söylenebilir (Şekil 7.35).

Deprem Bölgesinde yer alan 146 barajın, 129'u yani %88'i dolgu baraj tipinde, 17'si ise beton baraj tipinde inşa edilmiştir (Şekil 7.36), (Şekil 7.37).

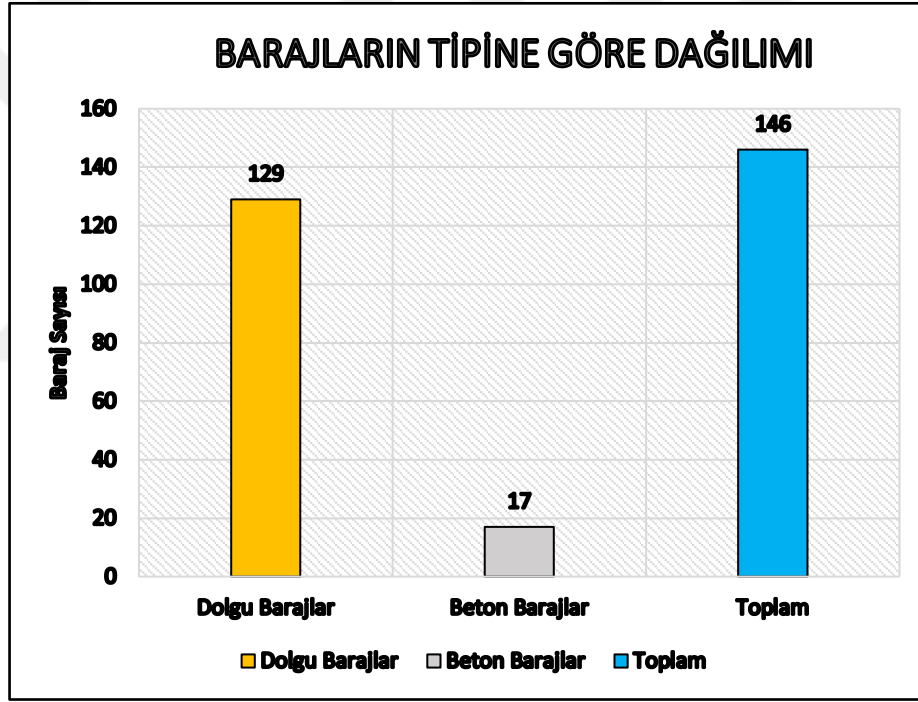


Şekil 7. 35: 68 Barajın doluluk oranları.



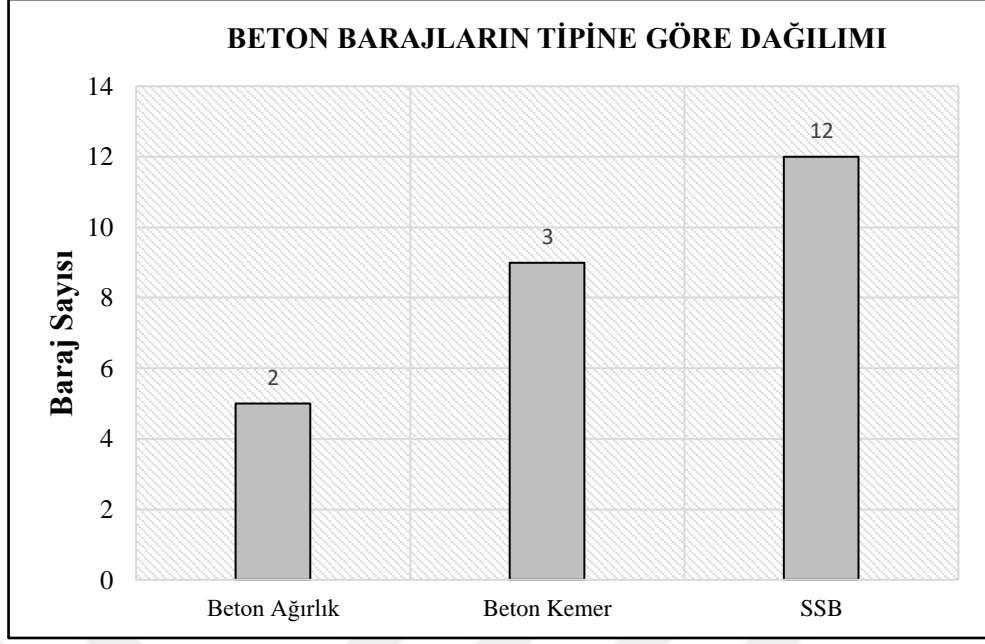


Şekil 7. 36: Deprem Bölgesindeki barajların tipine göre dağılımı.



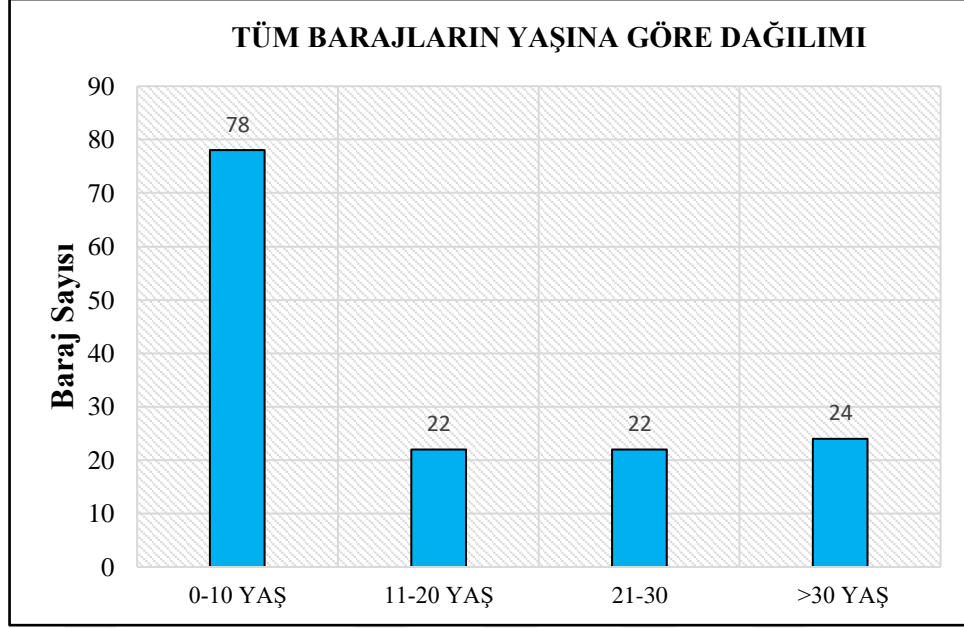
Şekil 7. 37: Deprem Bölgesindeki barajların tipine göre dağılımı.

17 beton baraj tipine göre sınıflandırılarak gösterilmiştir. Beton barajların %70 i SSB baraj tipinde inşa edilmiştir (Şekil 7.38).

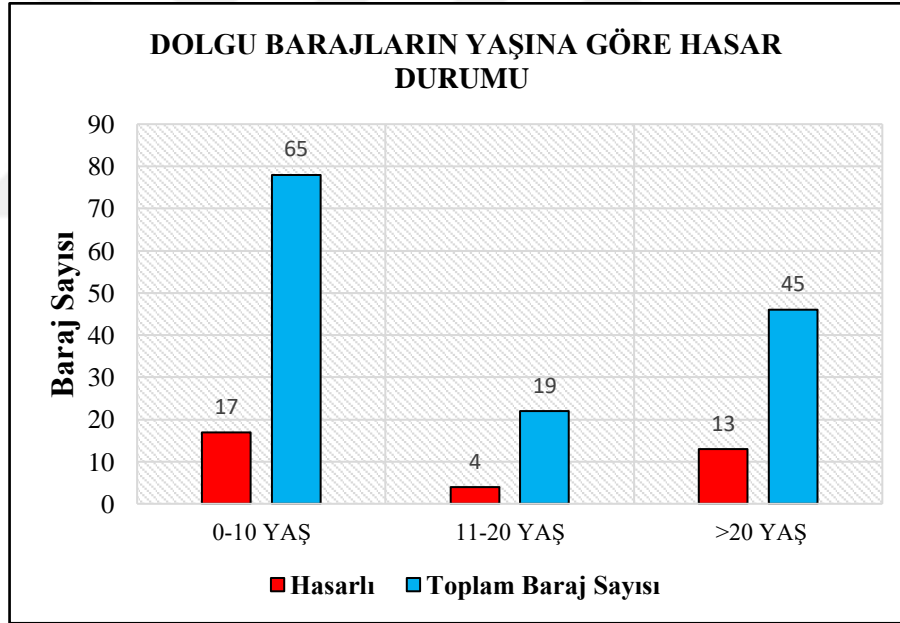


Şekil 7. 38: Deprem Bölgesindeki beton barajların tipine göre dağılımı.

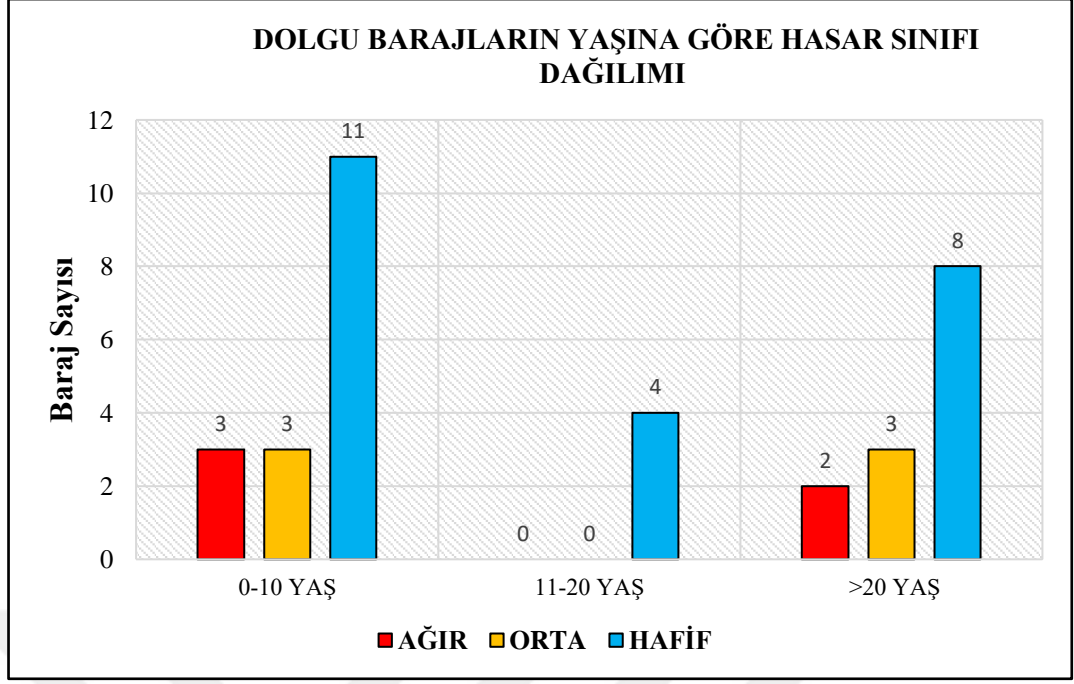
Barajlar yaşına göre sınıflandırıldığı zaman deprem bölgesinde yeni yapılan tesislerin çoğunlukta olduğu gözükmemektedir. Hasar alan barajlar yaşına göre sınıflandırıldığı zaman, yeni yapılan 0-10 yaş aralığındaki dolgu barajların hasar oranının en yüksek olduğu gözükmemektedir (Şekil 7.39,40,41).



Şekil 7. 39: Deprem Bölgesindeki tüm barajların yaşına göre dağılımı.

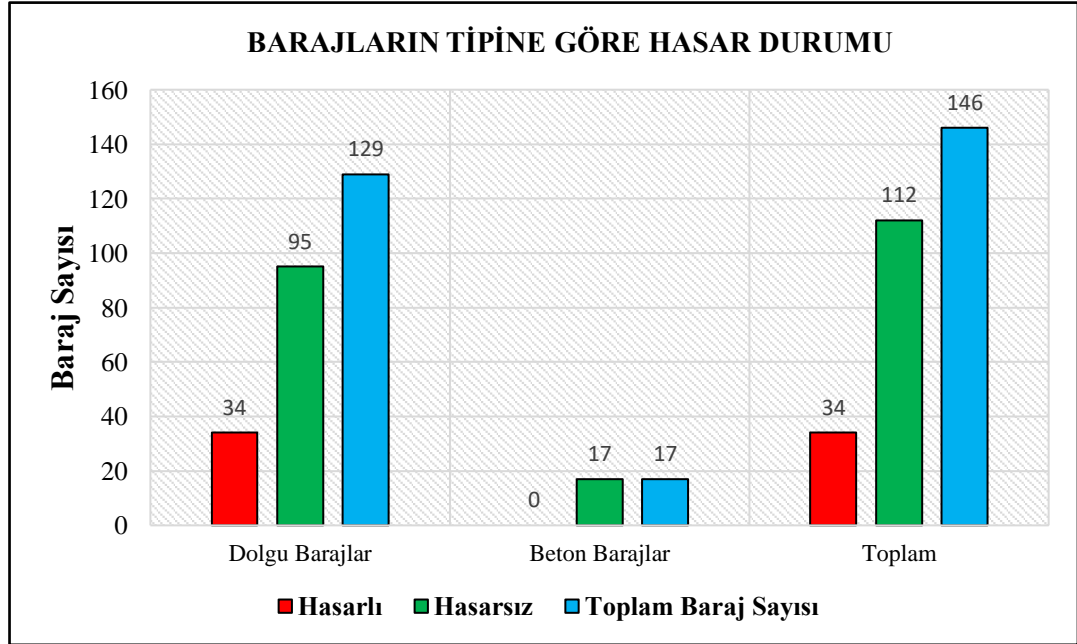


Şekil 7. 40: Deprem Bölgesindeki dolgu barajların yaşına göre hasar durumu.

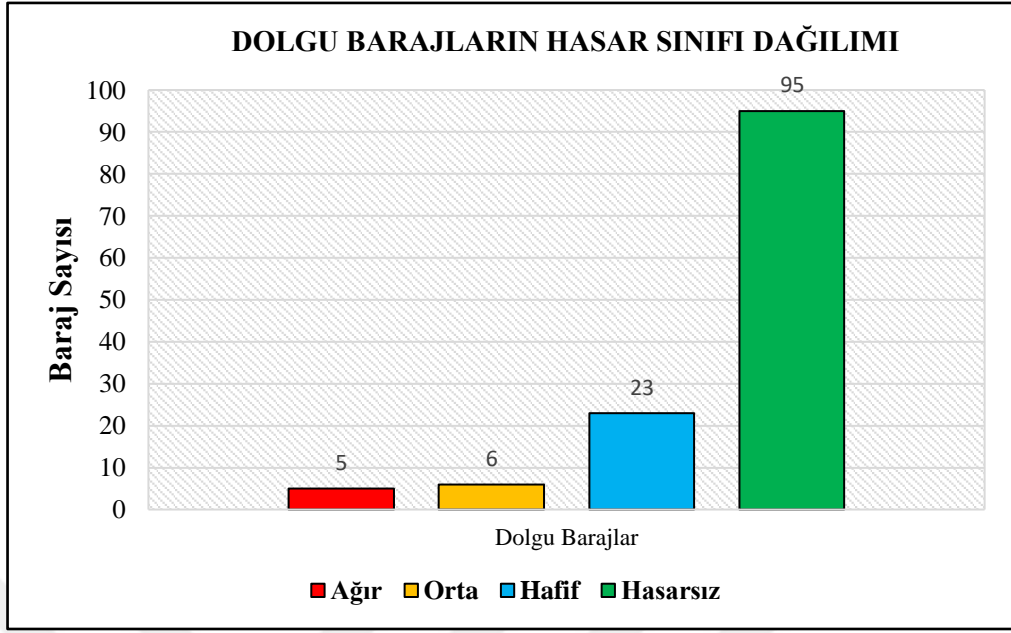


Şekil 7. 41: Deprem Bölgesindeki dolgu barajların yaşına göre hasar sınıfı dağılımı.

Bölgede yer alan beton barajların hiçbiri depremde hasar almamıştır. Hasar alan barajların tümü dolgu baraj tipinde inşa edilmiştir (Şekil 7.42), (Şekil 7.43).

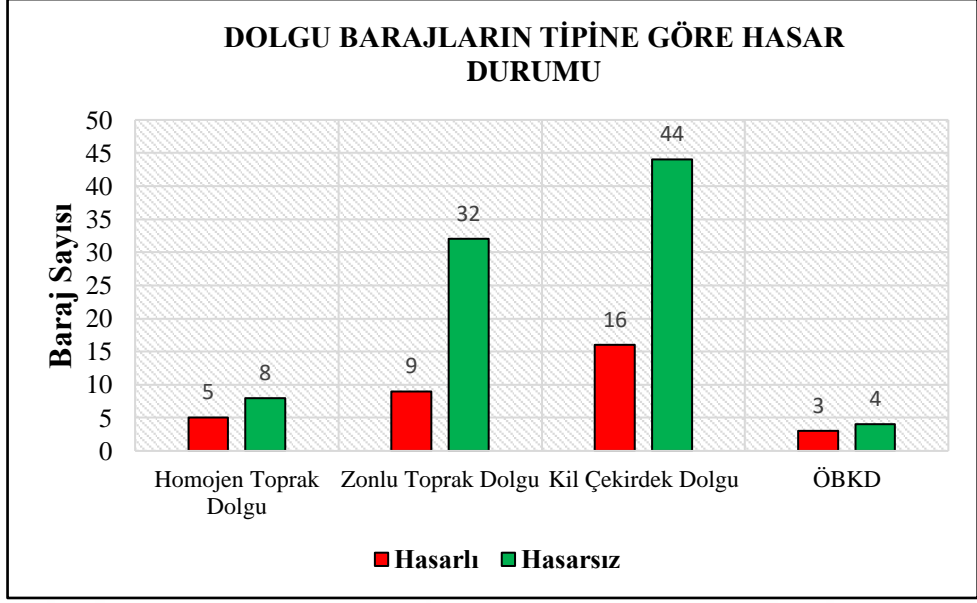


Şekil 7. 42: Deprem Bölgesindeki barajların tipine göre hasar durumu.

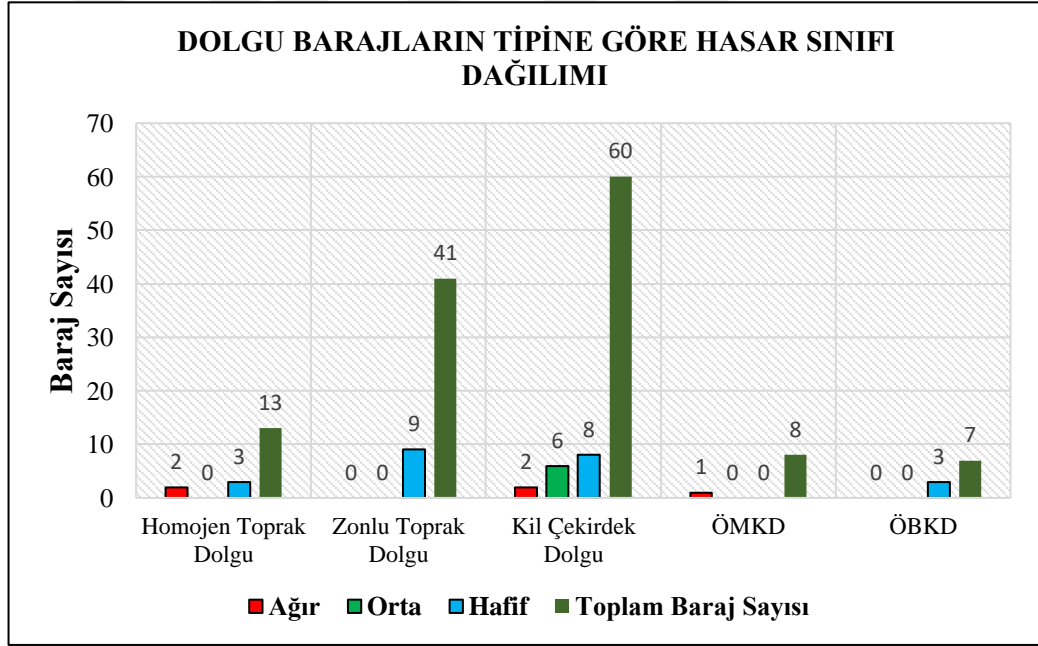


Şekil 7. 43: Deprem Bölgesindeki dolgu barajların hasar sınıfı dağılımı.

Homojen toprak dolgu barajlar diğer tiplere nazaran depreme karşı daha kötü performans gösteren dolgu baraj tipi olarak gözükmektedir. Önyüzü beton kaplı dolgu ve zonlu toprak dolgu barajlar ise depreme karşı en iyi performans gösteren baraj tipi olarak gözükmektedir (Şekil 7.44), (Şekil 7.45).

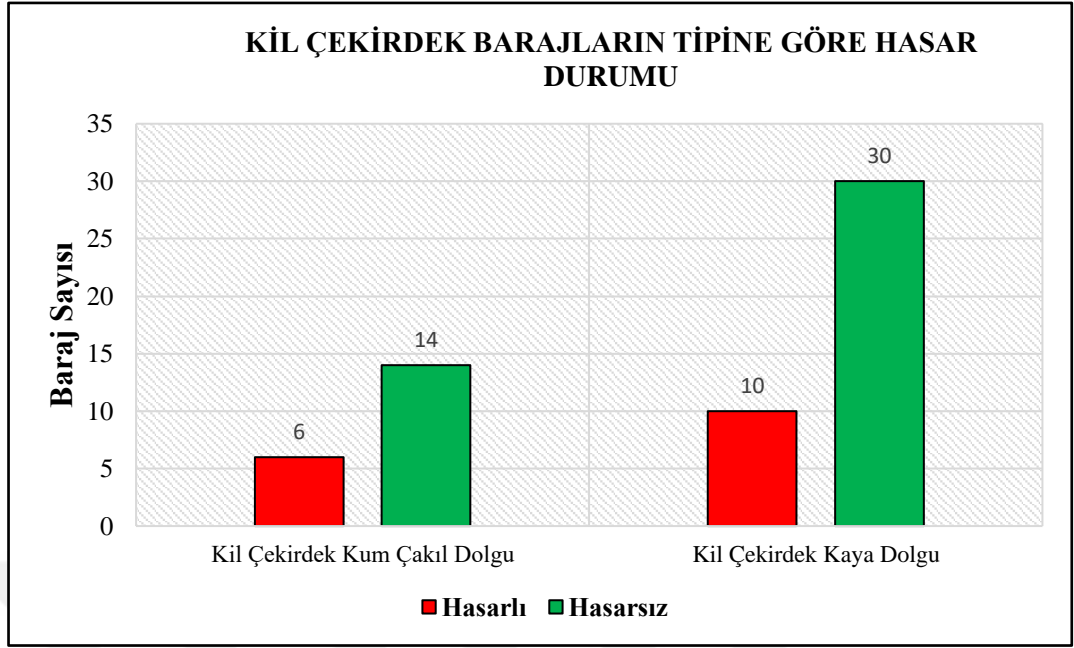


Şekil 7. 44: Deprem Bölgesindeki dolgu barajların tipine göre hasar durumu.

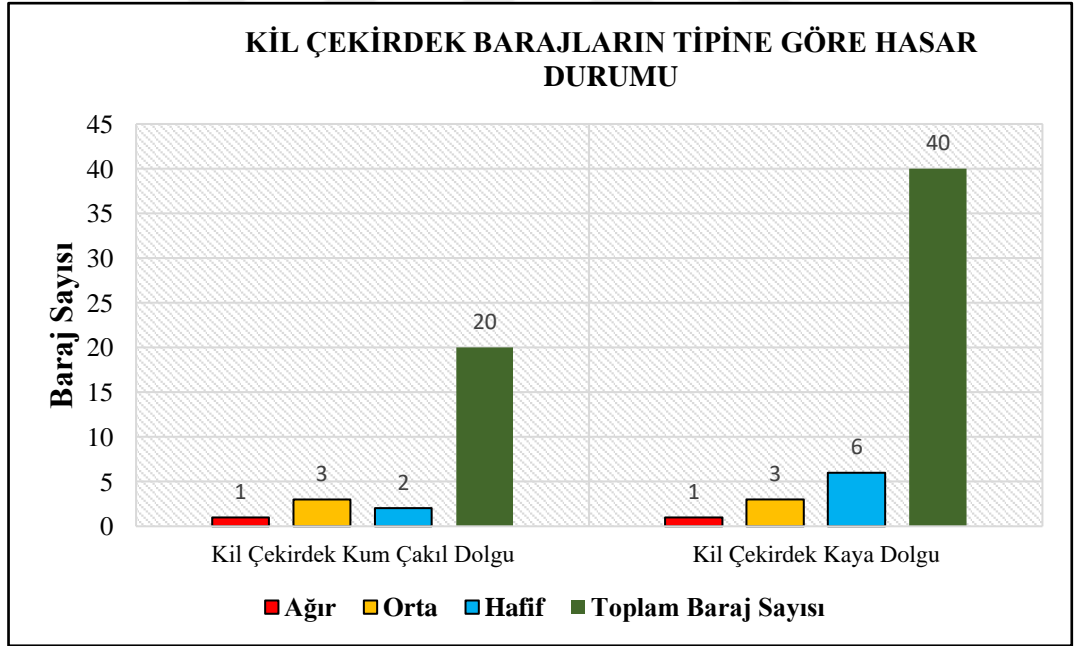


Şekil 7. 45: Deprem Bölgesindeki dolgu barajların hasar tipine göre hasar sınıfı.

Kil çekirdek dolgu barajlar depreme karşı iyi performans sergilemiştir. Kil çekirdek kaya dolgu barajlar, kil çekirdek kum çakıl dolgu barajlara göre depremlerde daha iyi performans sergilemiştir (Şekil 7.46), (Şekil 7.47).

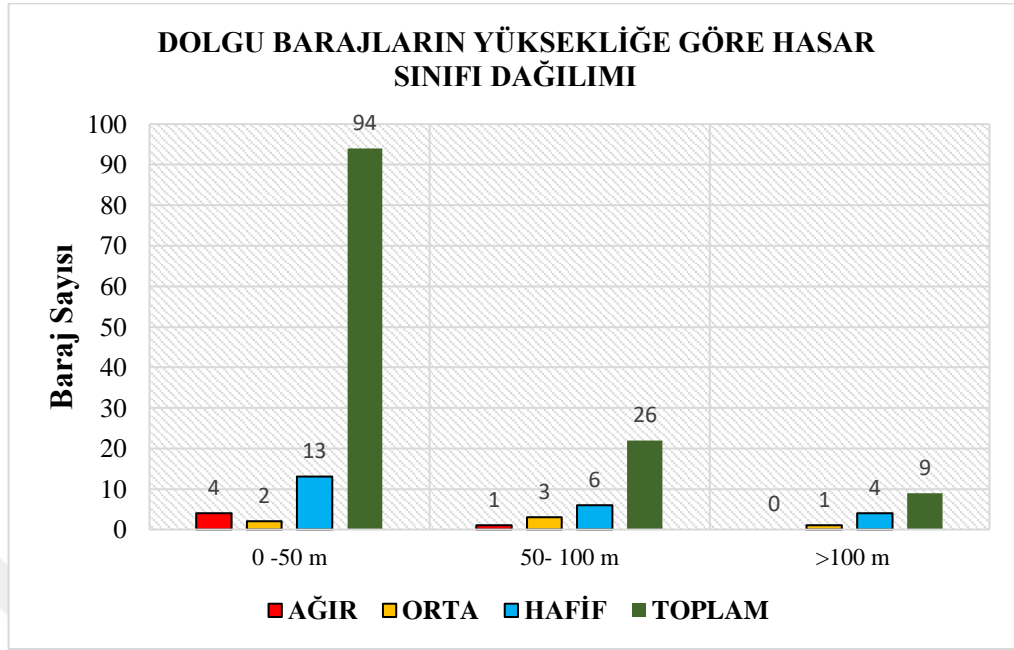


Şekil 7. 46: Deprem Bölgesindeki kil çekirdek barajların hasar durumu.



Şekil 7. 47: Kil çekirdek dolgu barajların tipine göre hasar durumu.

Dolgu barajlarda yükseklik arttıkça depreme karşı performansın daha iyi olduğu görülmektedir. Dolgunun kendi ağırlığının artmasına bağlı daha iyi sıkışması, gövdede olması muhtemel zaafı kapatmada etkili olmuş olabilir (Şekil 7.48).



Şekil 7. 48: Dolgu barajların yüksekliğe göre hasar sınıfı dağılımı.

8. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında tespit edilen deprem bölgesindeki 146 barajın büyük bir çoğunluğu ard arda gelen iki yıkıcı büyük depreme rağmen genel olarak iyi performans göstermiştir. Yaptığımız değerlendirme ve sınıflamaya göre 146 barajdan 5'i ağır hasar almış, 135 baraj az hasarlı ya da hasarsız olarak değerlendirilmiştir. Bazı barajlar ciddi sismik yükleme altında kalıcı deformasyonlara uğramış olsalar bile, su tutma kabiliyetini kaybetmemiş ve kontrolsüz su boşalımı olmamıştır. Böyle yıkıcı depremler serisi için bu tip baraj hasarları olabilmektedir.

Deprem Bölgesinde yer alan 146 barajın, 129'u yani %88'i dolgu baraj tipinde, 17'si ise beton baraj tipinde inşa edilmiştir. Bölgede yer alan 17 beton baraj hasar almamıştır. Bu durum beton barajların depremlere karşı iyi performans gösterdiği bilgisini desteklemektedir. Beton barajların yerel zemin koşulları dolgu barajlara göre daha iyidir. Ayrıca Ülkemizde ki baraj stoğu düşünüldüğü zaman, beton barajlar dolgu barajlara nazaran büyük depremlerle daha az test edilmiştir.

Hasar alan barajların tümü dolgu baraj tipinde inşa edilmiştir. Hasar alan dolgu barajlar yaşına göre sınıflandırıldığı zaman, yeni yapılan 0-10 yaş aralığındaki dolgu barajların hasar oranının en yüksek olduğu gözükmektedir. Homojen toprak dolgu barajlar diğer dolgu baraj tiplerine göre depreme karşı en zayıf performans gösteren dolgu baraj tipi olarak gözükmektedir. Önyüzü beton kaplı dolgu ve zonlu toprak dolgu barajlar ise depreme karşı en iyi performans gösteren dolgu baraj tipi olarak gözükmektedir.

Kil çekirdek dolgu barajlar depreme karşı genel olarak iyi performans sergilemiştir. Kil çekirdek kaya dolgu barajlar, kil çekirdek kum çakıl dolgu barajlara göre depremlerde daha iyi performans sergilemiştir.

Dolgu barajlarda, gövde yüksekliği arttıkça depreme karşı performansın daha iyi olduğu görülmektedir. Bu bilgi de büyük barajların depreme karşı daha dirençli olduğu yaklaşımını desteklemektedir.

Depremlerin olduğu tarihlerde kurak bir sezon ve yağışların çok az olması nedeniyle depremler sırasında çoğu rezervuar depreme kapasitesinin çok altında bir dolulukta maruz kalmıştır. Özellikle dolgu barajlar için rezervuarın dolu olması durumunda barajın gövdesine etki edecek deprem yükleri çok daha yüksek olacaktır. Bu nedenle minimum su seviyesinde bir barajın depremi hasarsız atlatmış olması barajın deprem performansının çok iyi olduğu anlamına gelmemeli, yeni bir dinamik analize gerek olup olmadığı noktasında hasar durumları tek parametre olarak kullanılmamalıdır. Her bir baraj kendine has karakteristiklere, farklı zemin koşullarına ve farklı bir geçmişe sahiptir. Buna göre barajların ayrı ayrı değerlendirilip, dinamik analizlerinin yapılması daha uygun olacaktır. Yeni yapılan veya yapılmakta olan barajlara ait mevcut dinamik analizlerin de güncel deprem veri kayıtlarıyla teyid edilmesi ya da revize edilmesi gerekebilir.

Her yıl düzenli olarak deprem ve barajların deprem davranışı ile ilgili eğitimlerin düzenlenmesi ve baraj deprem hasar tespit tatbikatlarının yapılması çok faydalı olacaktır. Gelişen teknolojiyle birlikte, gerekirse geçmiş depremlerin simülasyonları ve senaryoları oluşturulup sanal ortamda baraj mühendislerine sunularak sınırlı bir süre içerisinde sonuç çıkarmaları istenebilir. Farklı tiplerdeki barajlar ele alınıp, farklı uzman heyetlerce incelenip vaka analizleri yapılarak sonuçların karşılaştırılması ve bu tecrübelerin görevli baraj mühendisleriyle paylaşılması verimli olacaktır.

Geçmişte bazı barajların depremden (ana şoktan) yaklaşık 24 saat sonra yıkıldığı ve bu durumun, borulanma ile ilgili olduğu rapor edilmiştir [Pells ve Fell, 2002]. Her bir barajın özellikle deprem, sel vb. afet durumlarında ilgililerin özellikle hasar tespitinde görevli baraj mühendislerinin hızlıca ulaşabileceği bir veri tabanının olması çok önemlidir. Elektrik, internet, iletişim ve ulaşım alt yapısının işlevini yitirmesi ihtimali de göz önünde bulundurularak bu veri tabanında barajla ilgili karakteristiklerin yanısıra, yakın çevrede olan geçmiş depremler, barajın aldığı hasarlar, yapılan iyileştirmeler, ilave imalatlar vb. bigilerin yer alması incelemeyi yapan baraj mühendislerinin işini kolaylaştıracaktır. Büyük depremlerden sonra birçok barajın kısa bir süre içinde incelenmesi gerekmektedir. Baraj hasar tespitinde görev alacak uzman mühendislere teknik destek olacak dron ve sualtı kamerası gibi donanımların olması bir afet anında hızlı ve doğru karar verebilmeye çok yardımcı olacaktır.

Deprem mühendisliği çok genç bir bilim dalıdır. KAF zonunun varlığı bilim adamlarınca 1939 Erzincan Depremi'nden sonra anlaşılmıştır. Yine DAF zonunun varlığı ilk olarak 1969'da Allen tarafından anlaşılmıştır. Ülkemizde 100 yıl içinde büyüklüğü Mw 7.5 ve üzeri olan 4 büyük deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden son ikisi Kahramanmaraş'ta 6 Şubat 2023 tarihinde aynı gün oluşmuştur. Depremler sonrası 41 tanesi 5 ile 6 arası, 450 tanesi ise 4 ile 5 arası büyüklükte toplam 7 binin üzerinde artçı sarsıntı meydana gelmiştir. Bu kayıtlar deprem mühendisliği açısından çok değerlidir. Bu kayıtların işlenmesi, ulusal ivmeölçer veritabanının güncellenmesi ve ülkemiz yerel zemin kouşullarına çok daha uygun yer hareketi azalım ilişkileri tahmin denklemlerinin hazırlanması yaşadığımız acıların tekrarlanmaması adına çok önemli bir adım ve kazanım olacaktır.

Büyük barajlara yerleştirilen klasik ölçüm aletleri uzun dönem için çok iyi ve önemli bir veri akışı sağlasa da, deprem gibi ani gelişen olaylar için yeterli ve sağlıklı kayıt alamamaktadırlar. Günümüzde sismik ivmeölçerler deprem kayıtlarını alabilmek için oldukça gelişmiştir. Uzaktan erişim imkânları bulunmaktadır. Spektral veya kritik bir ivme değerı baraj sahası ya da baraj gövdesi için aşıldığında uyarı vermek için kullanılabilirler. Bu nedenle, barajın gövdesine yerleştirilen ivmeölçerler bir erken uyarı ve hızlı müdahale sisteminin önemli bileşenleri olup, mansapta yaşayan nüfusa zamanında uyarı gönderilmesini ve binlerce hayatın kurtarılmasını sağlayabilir [Wieland vd., 2008]. Her bir baraja biri ana kayada biri gövdede olmak üzere iki ivmeölçer konulması tavsiye edilmektedir. Büyük barajlar için ise en az 3 ivmeölçer cihazının olması gerektiği vurgulanmaktadır. Rehberlerde krete, barajın sağ ve sol sahiline (yamaçlara) ve baraj topuğuna deprem etkilerini ölçmek amacıyla yerleştirilmesi istenmektedir [DSİ, 2014a]. Bu sayı barajın özelliklerine ve bulunduğu yerin depremselliğine göre arttırılabilir. Deprem Bölgesinde sismik izolatörlü (deprem yalıtımlı) 11 hastanenin yer aldığı ve bu hastanelerden sadece 2'sinde yapı sağlığı izleme sisteminin olduğu ve deprem sırasında sadece 1'inin çalıştığı belirtilmiştir [Ülker, 2023]. Bu tip yapılardaki ivmeölçer kayıtlarının binanın(yapının) depreme karşı performansını detaylı bir şekilde incelemede ve analiz etmede sağlayacağı faydalara dikkat çekilmiştir [GEER-EERI, 2023]. Aynı durum barajlar için de geçerli olup, elde edilecek veriler ışığında performans dayalı tasarım için önemli ilerlemeler kaydedilebilecektir.

KAYNAKLAR

- Abbas, M. (2008). "Rudbar Lorestan Dam Design and Local Faults". *The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17*,. Beijing, China: Academic members, Dep. of Civil Eng. Power and Water University of Technology, Tehran, Iran.
- AFAD. (2023). "06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7, Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 Depremlerine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu". Ankara: Deprem Dairesi Başkanlığı.
- Allen, C. R. (1969). "Active faulting in northern Turkey". *Division of Geological Sciences, California Institute of Technology, U.S.A.*, Contribution no. 1577.
- Babbitt, D. H., & Charlwood, R. G. (2009). "Wenchuan Earthquake Report". USSD Newsletter, July.
- Bonnard, C. H. (2006). "Technical And Human Aspects Of Historic Rockslide Dammed Lakes And Landslide Dam Breaches". *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, Special Issue 1.
- Boore, D. M. (1993). "Estimation of response spectra and peak accelerations from western North American earthquakes: An interim report". USGS.
- Bray, J., Elderidge, T., Frost, D., Hashash, Y., Kayen, R., Ledezma, C., & Moss, R. a. (2010). "Geo-Engineering Reconnaissance of the February 27, 2010 Maule, Chile Earthquake ". Maule: Geotechnical Extreme Events Reconnaissance, Version 2: May 25, 2010, Sections 11&15.
- Chen, S. S. (2008). "Impact of the "5.12" Wenchuan Earthquake on Zipingpu Concrete Face Rock-fill Dam and its Analysis". Nanjing, China: Nanjing Hydraulic Research Institute,.
- Chiou, B., & Youngs, R. R. (2014). "Update of the Chiou and Youngs NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra". *Earthquake Spectra*, 30(3):1117-1153.
- Cüceoğlu, F., & Aydın, S. (2022). "Çetintepe Barajının Sismik Performansının Değerlendirilmesi". *Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 18. Ulusal Konferansı* (s. 843-854). Kayseri: Erciyes Üniversitesi.
- Çetin, K. Ö. (2014). "Dolgu barajlar için sismik tasarım ve performans kriterleri". *IV. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu*, (s. <https://hdl.handle.net/11511/9254>). Elazığ, Türkiye.
- Çetin, K. Ö. (2023). "6 Şubat, 2023 Kahramanmaraş Depremlerine Genel Bakış: İyi-Kötü-Çok Kötü Davranış Örnekleri". *Yapı-Deprem Mühendisliği Açısından 06 Şubat 2023 Depremleri Paneli*. İstanbul: İMO, İstanbul Şubesi.

Çetin, K. Ö., İlgaç, M., Cüceoğlu, F., Aydın, S., Ayhan, B. U., Moss, R. E., & Sağnak, M. (2023). "Reconnaissance Report On February 6 2023 Kahramanmaraş-Pazarcik Mw7.7 and Elbistan Mw7.6 Earthquakes, Chapter 6: Performance of Earth Dams". <https://www.researchgate.net/publication/369093645>: Türkiye Earthquake Reconnaissance and Research Alliance.

Dams, W. R. (2023). "Purposes Of Dams". *World Register Of Dams*.

Dong, G. (2017). "Ancient Landslide-Dam Events In The Jishi Gorge, Upper Yellow River Valley, China". *Quaternary Research*, Volume 81 Issue 3.

DSİ. (2014a). "Dolgu Barajlar Tasarım Rehberi". Ankara: DSİ.

DSİ. (2014b). "Barajlarda Sismik Parametrelerin Tayini Rehberi". Ankara.

DSİ. (2023, 5 18). www.dsi.gov.tr. DSİ Genel Müdürlüğü Web Sitesi: <https://www.dsi.gov.tr/Haber/Detay/8960> adresinden alındı

DSİ, & Akdemir, İ. (2023). "Performance Of Dams During February 6, 2023 Kahramanmaraş-Türkiye Earthquake Sequence". *91st Annual Meeting Symposium Management For Safe Dams 13-14 June*. Gothenburg: ICOLD.

DSİ, & Cüceoğlu, F. (2023). "Performance Of Dams During February 6, 2023 Kahramanmaraş-Türkiye Earthquake Sequence". *91st Annual Meeting Symposium Management For Safe Dams 13-14 June*. Gothenburg: ICOLD.

DSİ, & Kent, M. Ç. (2023). "Performance Of Dams During February 6, 2023 Kahramanmaraş Türkiye Earthquake Sequence". *91st Annual Meeting Symposium Management For Safe Dams 13-14 June*. Gothenburg: ICOLD.

Duman, Y. T. (2009). "The largest landslide dam in Turkey: Tortum landslide". *Engineering Geology*, 104, p: 66–79.

Elnashai, A., Gencturk, B., Kwon, O.-S., Al-Qadi, I., Hashash, Y., Roesler, J., . . . Dukes, J. a. (2010). "The Maule (Chile) Earthquake of February 27, 2010: Consequence Assessment and Case Studies,". Mid-America Earthquake Center.

Foster, M., Fell, R., & Spannagle, M. (2000). "The Statistics of embankment dam failures and accidents". *Canadian Geotechnical Journal*, 37(5), 1000–1024. doi:10.1139/t00-030.

GEER, Geotechnical Extreme Events Reconnaissance. (2001). "Initial Geotechnical Observations of the Bhuj, India, Earthquake of January 26, 2001". http://www.geerassociation.org/GEER_Post%20EQ%20Reports/, Berkeley, CA: GEER.

GEER-EERI. (2023). "February 6, 2023 Türkiye Earthquakes: Report on Geoscience and Engineering Impacts". GEER Association Report 082.

Hancox, G. T., Mcsaveney, M. J., Manville, V. R., & Davies, T. R. (2005,). "The October 1999 Mt Adams rock avalanche and subsequent landslide dam-break flood and effects in Poerua River, Westland, New Zealand". *New Zealand Journal of Geology & Geophysics*, Vol. 48: 683–705.

Hansen, K., & Nuss, L. (2011). "Lessons Learned From The Earthquake Performance Of Concrete Dams". *Water Power and Dam Construction*, Magazine 27 September 2011.

HGM. (2023, 03 01). *Harita Genel Müdürlüğü Küre Uygulaması*. Harita Genel Müdürlüğü Küre Uygulaması Web Sitesi: <https://kure.harita.gov.tr/> adresinden alındı

Hinks, J. (2015). "Dams and Earthquakes". *Proceedings of the 2015 Conference of the Society of Earthquake and Civil Engineering Dynamics: Earthquake Risk and Engineering towards Resilient World 9-10 July.*, Cambridge.: Homerton College.

Hinks, J., Wieland, M., & Matsumoto, N. (2012). "Seismic Behaviour of Dams". *International Symposium On Dams For A Changing World* (s. 12-29). Kyoto, Japan: CIGM ICOLD.

ICOLD. (1989). "Moraine as Embankment and Foundation Material". —*State of the Art. Bulletin 69.*, Paris, France.: ICOLD, International Commission on Large Dams.

ICOLD. (1998). *ICOLD Bulletin 112, "Neotectonics and Dams,"*. ICOLD.

ICOLD. (2016). "*Selecting Seismic Parameters For Large Dams Guidelines*" *Bulletin 148*. Paris: ICOLD.

Ishizuka, T., & Osanai, N. (2012). "Deep catastrophic landslides and landslide dams in Japan". *International Symposium On Dams For A Changing World*. Kyoto, Japan: CIGM, ICOLD.

Jing, L., Liang, H., & Chunhui, L. Y. (2011). "Characteristics And Factors That Influenced Damage To Dams In The Ms 8.0 Wenchuan Earthquake". *Earthquake Engineering And Engineering Vibration* , 10: 349-358.

Kavruk, M. F. (2003). "*Seismic behaviour of embankment dams*". Ankara: ODTÜ.

Kayen, R., Cox, B., Johansson, J., Steele, C., & Somerville, P. (2008). "*Geoengineering and Seismological Aspects of the Iwate-Miyagi-Nairiku, Japan Earthquake of June 14*". Kongai: GEER Report.

Kramer, L. S. (1996). "*Geotechnical Earthquake Engineering*". NJ: Simon & Schuster A. Viacom Company.

Lyu, Z. C., Xu, Z., & Qin, Y. a. (2019). "A comprehensive Review on Reasons for Tailing Dams Failures based on Case History, Hindawi". *Advances in Civil Engineering Journal*, 2-4.

MacDonald, F. (1998). *"Post-Earthquake Response Procedures for Embankment Dams - Lessons from the Loma Prieta Earthquake"*.

Matsumoto, N., Sasaki, T., & Sato, N. (2012). "Effects of the 2011 Tohoku Earthquake on Dams". *International Symposium On Dams For A Changing World* (pp. 21-33). Kyoto, Japan: CIGB - ICOLD.

MTA. (2023a). *"06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi (Mw 7,7) Saha Gözlemleri ve Değerlendirmeler"*. Ankara: MTA.

MTA. (2023b). *"06 Şubat 2023 Elbistan (Kahramanmaraş) Depremi (Mw 7,6) Saha Gözlemleri ve Değerlendirmeler"*. Ankara: MTA.

Nasrat, A., Al-Ansari, N., Sissakian, V., & Knutsson, J. L. (2020). "Dam Safety and Earthquakes". *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, Vol. 10, No. 6, 79-132.

National Research Council. (1985). *"Safety of Dams-Flood and Earthquake Criteria."*. Committee on Safety Criteria for Dams, pp. 32-34.

Noguera, G. (2010). *"Dam Performance during the Cauquenes (Chile) Earthquake 27/02/2010,"*. Hanoi, Vietnam,: Presentation to ICOLD Committee on Seismic Aspects of Dam.

Nuss, L. H. (2017). "Shaken but not stirred-Earthquake Performance of Concrete Dams". . *Presentation from USSD conference April 2012 (Session 1), and included in the Seismic Analysis of Concrete Dams*. New Orleans : USSD.

Okuwaki, R., Yagi, Y., Taymaz, T., & Hicks, S. (2023). "Multi-Scale Rupture Growth with Alternating Directions in a Complex Fault Network During the 2023 South-Eastern Türkiye and Syria Earthquake Doublet". *Geophysical Research Letters*, 1-14.

Omachi, T. (2004). *"Safety of Fill Dams under Level 2 Earthquake Motions: Lessons from the 2004 Niigata-Chuetsu Earthquake"*.

Özçelik, C. (2023, 02 08). [www.ntv.com.tr](https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/govde-aksinda-catlaklar-olusan-malatyadaki-sultansuyu-baraji-tahliye-ediliyor,xxRN92Huy0iiG0tyCNU4fA/aimTJcX5X0egL7OUo5ez0Q). NTV Haber Kanalı: <https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/govde-aksinda-catlaklar-olusan-malatyadaki-sultansuyu-baraji-tahliye-ediliyor,xxRN92Huy0iiG0tyCNU4fA/aimTJcX5X0egL7OUo5ez0Q> adresinden alındı

Pells, R., & Fell, S. (2002). *"Damage And Cracking On Embankment Dams By Earthquakes and Implications For Internal Erosion And Piping"*. Sydney, Australia: The University Of New South Wales.

Petley, D. (2013). "Global Losses from Landslides Associated with Dams and Reservoirs". *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, Book Series (6) Sayfa 69.

- Raghvendra, S., Debasis, R., & Sudhir, K. J. (2005). "Analysis Of Earth Dams Affected By The 2001 Bhuj Earthquake". *Engineering Geology*, 282– 291.
- Salmon, J., Nuss, L., & Dominic, S. (2011). "Seismic Induced Loads on Spillway Gates- Phase 1 Literature Review". In USBR. Technical Service Center.
- Serafirm, J., & Oliveira, C. (1987). "Effects Caused by Earthquakes on Dams". *ICOLD Symposium*. Beijing: ICOLD.
- Sherard, W., Gizienski, & Clevenger. (1963). *"Earth and Earth Rock Dams"*. USA.
- Sing, R., Roy, D., & Jain, S. (2015). *"Investigation of Liquefaction Failures in Earthen Dams During Bhuj Earthquake"*. Indian Institute of Technology Department of Civil engineering.
- Spaeth, M. G., & Berkman, S. C. (1967). *"The tsunami of March 28, 1964, as recorded at tide stations, in The Prince William Sound, Alaska, Earthquake of 1964 and Aftershocks"*. Natl. Geod. Surv., U.S. Dep. of Commer., Silver Spring, Md.
- Steinbrugge, K., & Cloud, W. (1962;52). "Epical central intensities and damage in the Hebgen Lake, Montana, earthquake of August 17, 1959". *Bulletin of the Seismological Society of America*, 181–234.
- Swaigood, J. (1998). "Seismically-induced deformation of embankment dams". *6th US National Conference on Earthquake Engineering*, . Seattle, Washington.
- Swaigood, J. R. (1995). "Estimating deformation of embankment dams caused by earthquakes". *ASDSO Western Regional Conf., Montana, USA*, , 1-7.
- Tani, S., & Nakashima, M. (1999). "Earthquake damage to earth dams in Japan- maximum epicentral distance to cause damage as a function of magnitude". *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 18 593–602.
- TBMM, A. K. (2023). *TBMM Araştırma Komisyonu Raporu*. Ankara: TBMM.
- Tosun, H. (2023). *Pazarcık (Mw 7.7) and Elbistan (Mw7.6) Earthquakes Dated February 06, 2023: Evaluation On Damages Inspected On Dams In The Region Second Report*. Ankara: Turkish Society On Dam Safety .
- TRCOLD. (2014). "Türkiye'deki Barajlar". U. B. Komitesi içinde, *Türkiye'deki Barajlar* (s. 24). Ankara: DSİ Vakfı.
- TRCOLD. (2016). *"Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Santralleri"*. Ankara: DSİ Vakfı.
- USACE, U. S. (2017). *"Engineering and Design- Reporting Earthquake Effects."*
- USCOLD, C. o. (1992). *"Observed Performance of Dams During Earthquakes Volume I"*. USCOLD.

USCOLD, C. o. (2000). *"Observed Performance of Dams During Earthquakes Volume II"*. Denver, CO: U.S. Committee on Large Dams.

USGS. (2023a, 07 30). *United States Geological Survey*. Retrieved from www.usgs.gov, Earthquake Science Center: <https://www.usgs.gov/media/images/tectonic-plates-earth>

USGS. (2023b, 08 15). *The 2023 Kahramanmaraş, Turkey, Earthquake Sequence*. Retrieved from www.earthquake.usgs.gov, United States Geological Survey: <https://earthquake.usgs.gov/storymap/index-turkey2023.html>

USSD, C. o. (2014). *"Observed Performance of Dams During Earthquakes Volume III"*. Denver, CO: U.S. Society on Dams.

Ülker, Ö. (2023). Deprem Bölgesindeki Deprem Dirençli (İzolatörlü) Yapılar. *Yapı - Deprem Mühendisliği Açısından 06 Şubat 2023 Depremleri*. İstanbul: İMO, İstanbul Şubesi.

Vick, S. (1993). *"Effects of Seismic Shaking on Internal Erosion of Embankment Dams"*. BC HYDRO.

Web1. (2023, 06 30). *"Energy Department"*. Retrieved from <https://www.energy.gov/>

Web2. (2023, 07 30). *"Plate Tectonics"*. Retrieved from wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Plate%20tectonics?oldid=642236177>

Wieland, M. (2012). "Dam Safety and Earthquakes". *Waterpower and Dam Construction*.

Wieland, M., Norihiso, M., Landon, J., & Babbitt, D. (2008, Kasım). "Inspection Of Dams After Earthquakes". *Proceedings of International Conference on Dam Safety Management*. Nanjing,; China.

Yamaguchi, Y., Iwashita, T., & Mitsuishi, S. (2008). "Damage to Dams due to the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008".

Yamaguchi, Y., T., S., & Kanenawa, K. (2002). "Damages of Dams Caused by the Western Tottori-Prefecture Earthquake in 2000 and Stability Evaluation Analysis about Kasho Dam,". *3rd Japan Workshop on Advanced Research on Earthquake Engineering for Dams*. San Diego, California.

Yasuda, N., Kondo, M., Sano, T., Yoshioka, H., Yamaguchi, Y., & Sasaki, T. a. (2004). *"Effects of the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004 on dams."*

Yasuda, S., Verdugo, R., Konagai, K., Sugano, T., Villalobos, F. O., Tobita, T., & Torres, A. a. (2010). "Case History – Geotechnical Damage caused by the 2010 Maule Chile Earthquake". *ISSMGE Bulletin*, Volume 4, Issue 2, Page 17.

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa Naci YÜKSEK, Selçuk Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü bitirdi. 1998 - 2008 yılları arasında özel sektörde çeşitli kademelerde şantiye ve ofis çalışmaları yaptı. 2008 KPSS ile Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Barajlar ve HES Dairesi Başkanlığında göreve başladı. 2018 yılına kadar Barajlar ve HES Dairesinde baraj ve hidroelektrik santral projelerinde proje mühendisi olarak görev yaptı. 2018 yılında DSİ 14. Bölge Müdürlüğüne atandı. Halen DSİ İstanbul 14. Bölge Müdürlüğü Barajlar ve HES Şube Müdürlüğünde İnşaat Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Uluslararası yayınlanmış 1 makalesi bulunmaktadır.



TEZ ÇALIŞMASI KAPSAMINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

2020 - 2022 yılları arasında yapılan “Olası Bir Depremin İstanbul’a Su Sağlayan Barajlara Etkisinin Belirlenmesi” proje çalışmasında İnşaat Mühendisi olarak görev alınmıştır.



EKLER

Ek-A: Ön İncelemesi Yapılan Barajlar

Tablo 6. 16: Ön incelemesi yapılan barajlar.

Tesisin Adı	Proje Yeri	Tamamlanma Tarihi	Amacı ¹	Tipi ²	Gövde Hacmi (x10 ³ m ³)	Kret Uzunluğu (m)	Temelden Yükseklik (m)	Göl Hacmi (hm ³)	Hasar Tanımı
Bahçe Arıklıkaş	Osmaniye	1998	S	HTD	615.00	355.00	32.50	1.67	Önemli kret çatlakları, 80-120 cm genişliğinde önemli yanal hareketler
Büyük Karaçay	Hatay	2018	S+E+İ+T	ÖYBK	2,200.00	415.00	105.00	57.3	Mak. 2-6 cm genişliğinde ve 14-32 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Hassa Demrek	Hatay	2006	S	HTD	460.00	480.00	29.60	1.995	Mak. 6-8 cm genişliğinde ve 40-60 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Bayraktepe	Osmaniye	2017	S	KÇD	690.00	233.45	41.40	2.81	Mak. 3-5 cm genişliğinde ve 15-20 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Kalecik	Osmaniye	1985	S	KÇKD	843.00	194.59	80.00	32.75	Mak. 40-50 cm genişliğinde ve 30-150 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Kurtuluşoğusu	Hatay	2017	S	KÇKD	362.87	419.09	40.00	0.75	Önemli kret çatlakları, 100-120 cm genişliğinde önemli yanal hareketler
Reyhanlı	Hatay	2020	S	HTD	20,730.00	9200.00	30.20	480	Mak. 10-120 cm genişliğinde ve mak. 280 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Karamanlı	Hatay	2005	S	HTD	359.00	406.00	34.80	2	Mak. 2-10 cm genişliğinde ve 10-70 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları

Yarseli	Hatay	1989	S	KÇD	3,000.00	960.00	43.50	55.4	Mak. 5-30 cm genişliğinde ve 60-125 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
İskenderun Çökek	Hatay	2015	S	KÇKD	275.00	250.00	34.15	1.82	Mak. 15 cm genişliğinde ve 50 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Çatalan	Adana	1996	S+E+İ+T	KÇD	14,500.00	894.00	82.00	2126	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Kozan	Adana	1972	S+E	KÇKD	1,740.00	290.09	82.50	163	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Seyhan	Adana	1956	S+E+T	KÇTD	7,500.00	1,955.00	77.00	1200	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Yüreğir Kılıçlı	Adana	2010	S	HTD	604.00	510.00	37.50	7.54	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Pozantı Yağlıtaş	Adana	2014	S	HTD	334.00	191.66	32.82	0.92	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Aladağ Kasımlı	Adana	2019	S	KÇKD	414	367.50	45.00	5.86	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Sarıçam Baklalı	Adana	2014	S	HTD	465.00	307.00	32.95	2.26	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Sarıçam Karlık	Adana	2014	S	KÇKD	74.00	110.47	20.78	0.26	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Kozan Bağtepe	Adana	2015	S	ZTD	330.00	310.00	31.90	1.02	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Kozan Postkabasakal	Adana	2015	S	ZTD	188.00	210.00	34.32	0.63	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Kozan Zerdali	Adana	2015	S	ZTD	269.00	329.00	30.80	0.60	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
İskenderun Pirinçlik	Hatay	2015	S	ZTD	113.00	85.00	30.60	0.49	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.

Samandağ Çökek	Hatay	2015	S	KÇKD	275.00	250.00	34.15	1.82	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Merkez Bahçeköy	Osmaniye	2015	S	KÇKD	73.00	128.50	22.00	0.46	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Merkez Köyleri	Osmaniye	2015	S	HTD	144.00	165.00	24.85	0.75	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Aladağ Dölekli	Adana	2016	S	ZTD	385.00	234.50	30.00	1.49	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Sarıçam Hakkıbeyli	Adana	1999	S	ZTD	250.00	206.50	33.00	5.75	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Karaisalı Demirçit	Adana	2016	S	KÇD	890.00	598.07	34.00	4.50	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Kozan Meletmez	Adana	2016	S	KÇKD	534	270.55	46.00	4.33	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Düziçi Karacaören	Osmaniye	2016	S	KÇD	320	186.74	39.00	0.50	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Nergizlik	Adana	1995	S	KÇD	1,474.00	351.32	54.00	21.8	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Mustafa Kemal Paşa	Hatay	2022	S+R	KB	12.90	110.00	14.00	0.0195	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Tahtaköprü	Hatay	1975	S	KÇD	2,142.00	401.03	55.50	350.27	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Yayladağ	Hatay	2000	S+İ	KÇKD	360.00	191.11	47.40	6.5	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Aslantaş	Osmaniye	1984	S+E+T	ZTD	8,493.00	566.00	95.00	1,928.00	Mak. 10 cm genişliğinde, 40-45 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Berke	Osmaniye	2002	E	BK	750.00	270.00	201.00	427	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.

Mehmetli	Osmaniye	1971	S+E+T	KÇD	5,624.00	520.23	79.00	106.24	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Pirinçlik	Hatay	2015	S	ZTD	113.80	85.00	30.60	0.49	Mak. 1 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları
Merkez Tanışma	Hatay	2016	S	HTD	235.43	200.00	26.70	0.923	Mak. 3 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları
Çat	Malatya	1998	S	ZTD	2,500.00	267.00	78.00	240	Mak. 8 cm genişliğinde ve 20 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Sultansuyu	Malatya	1993	S	KÇD	3,200.00	721.25	60.00	53.3	Önemli kret çatlakları, 150 cm genişliğinde önemli yanal hareketler
Sürgü	Malatya	1971	S	KÇKD	1,220.00	736.00	57.00	70.93	Mak. 14-20 cm genişliğinde ve 46-55 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Hekimhan Güzelyurt	Malatya	2005	S	ZTD	630	325.00	36.40	1.44	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Arapgir	Malatya	2009	S	ÖMKÇD	150	195.00	25.65	0.31	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Darende Sofular	Malatya	2009	S	ZTD	360	178.44	36.00	2.43	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Kapıkaya Turgut Özal	Malatya	2011	S	KÇKD	4,720.00	868.00	89.50	71.1	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Polat	Malatya	1991	S	ZTD	2,100.00	538.00	54.00	11.5	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Boztepe Recai Kutan	Malatya	2013	S	KÇD	758.00	852.00	82.00	116	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Erkenek	Malatya	2022	S	ÖMKD	1,452.00	157.00	41.00	3.17	Kretten geçen yüzey kırığı ve atım
Doğanşehir Söğüt	Malatya	2014	S	ZTD	150.00	142.56	35.00	0.51	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.

Kuluncak Bicer	Malatya	2016	S	ÖMKÇD	160.00	158.54	33.00	0.91	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Akçadağ Taşevler	Malatya	2017	S	ÖMKD	610.00	232.80	50.50	5.12	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Darende Ayvalı	Malatya	2017	S	KÇKD	420.00	287.00	33.60	0.87	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Güzelyurt Karamahmut	Malatya	2020	S	KÇD	540.00	266.55	43.00	1.12	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Hekimhan Budaklı	Malatya	2020	S	KÇD	650.00	305.00	46.00	1.38	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Hekimhan Kurşunlu	Malatya	2020	S	KÇKD	190.00	121.00	38.00	1.14	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Merkez Yaygın	Malatya	2020	S	KÇKD	510.00	227.03	50.00	2.09	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Beylerderesi	Malatya	2020	S	SSB	170.00	249.00	39.00	4.95	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Hekimhan Karadere	Malatya	2021	S	ZTD	370.00	186.81	38.50	2.28	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Göktaş 1	Adana	2016	E	SSB	749.00	211.75	132.50	109.33	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Menge	Adana	2011	E	SSB	349.00	303.00	68.00	50.80	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Yedigöze	Adana	2010	E	ÖBKD	3,700.90	400.00	130.00	642.82	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Feke 2	Adana	2010	E	SSB	227.00	125.00	70.00	63.07	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Gökkaya	Adana	2012	E	SSB	700.00	115.13	69.00	18.25	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.

Kavşakbendi	Adana	2013	E	ÖYBKD	1,000.00	170.00	95.40	30.19	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Köprü	Adana	2013	E	SSB	975.00	413.00	109.00	98.41	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Karakuz	Adana	2015	E	SSB	400.00	161.75	45.00	5.11	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Medik	Malatya	1975	S	KÇKD	1,030.00	100.00	50.00	22	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Keban	Elazığ	1974	E	KÇKD	15,585.00	1,097.00	207.00	31,000.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Çamgazi	Adıyaman	1998	S	ZTD	5,100.00	4,852.00	45.00	56.17	Mak. 10 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları
Kahta Menzil	Adıyaman	2011	S	ZTD	320.00	362.00	33.50	1.58	Mak. 10 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları
Kartalkaya	Kahramanmaraş	1972	S+E+İ	KÇD	1,452.00	205.00	57.00	195	Mak. 80 cm genişliğinde ve 90-100 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları,
Merkez Akçalı 1	Adıyaman	2022	S	SSB	120.00	291.00	43.00	3.02	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Merkez Hasancık	Adıyaman	1993	S	ZTD	260.00	340.00	25.00	0.77	Mak. 3-5 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları
Merkez İncesu	Adıyaman	1995	S	ZTD	253.00	322.00	35.00	1.88	Mak. 7-8 cm genişliğinde ve 10 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Akçalı 2	Adıyaman	2020	S	SSB	70.00	148.00	40.00	0.82	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Çelikhan Yeşiltepe	Adıyaman	2020	S	KÇKD	220.00	196.68	30.00	0.75	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Sincik Arıkonak	Adıyaman	2020	S	ÖMKÇD	94	107.00	28.50	0.53	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.

Sırımtaş	Adıyaman	2013	E	BA	1,600.00	205.56	97.50	33.86	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Çetintepe	Adıyaman	2023	S+İ	KÇKD	12,700.00	708.00	116.00	460	Mak. 30-40 cm genişliğinde ve 100-120 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Gerger Çifthisar	Adıyaman	2019	S	KÇD	120.00	116.84	31.00	1.09	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Gözebaşı	Adıyaman	1994	S	ZTD	182.00	228.00	27.00	0.91	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Merkez Karahöyük	Adıyaman	1997	S	ZTD	301.58	297.00	25.50	3	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Merkez Kınık	Adıyaman	1989	S	ZTD	172.00	215.00	23.30	1.78	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Nurdağı Hamidiye	Gaziantep	2018	S	KÇKD	150.00	182.00	29.00	1.86	Mak. 30 cm genişliğinde ve 30 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
İslahiye Güneş	Gaziantep	2019	S	ZED	760.00	243.32	39.10	2.40	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Ardıl	Gaziantep	2016	S	SSB	140.00	246.50	54.00	1.86	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Çakmak	Gaziantep	1998	S	ZTD	98.00	207.00	15.00	0.85	Mak. 12 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları
Hacıarslan	Gaziantep	2009	S	HTD	156.00	261.00	26.00	1.65	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Hancağız	Gaziantep	1988	S	ZTD	3,300.00	1,135.00	55.00	100	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Karkamış	Gaziantep	1999	E	ZTD	2,100.00	1,607.79	29.00	157	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Merkez Zülfikar	Gaziantep	1991	S	HTD	59.00	140.00	19.30	0.77	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.

Doğanpınar	Gaziantep	2018	S	KÇKD	4,852.00	3,622.00	55.50	153.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Kayacık	Gaziantep	2006	S	ZTD	1,900.00	791.00	49.50	103.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Allaben	Gaziantep	2007	S+R	HTD	324.00	434.73	26.00	2.54	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Adatepe	Kahramanmaraş	2013	S	KÇKD	4,580.00	654.00	95.00	500	Krette kılcal çatlaklar
Ayvalı	Kahramanmaraş	2007	S+İ	ZTD	1,452.00	613.01	103.00	77.3	Mak. 2-3 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları
Büyük Kızılcık	Kahramanmaraş	2021	S	KÇKD	282.00	224.90	32.50	1.1	Mak. 20-50 cm genişliğinde ve 50-100 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Çağlayancerit Düzbağ	Kahramanmaraş	2020	S	ZTD	400.00	300.00	30.00	0.8	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Çağlayancerit Zorkun	Kahramanmaraş	2012	S	KÇKD	380.00	263.00	36.00	1.55	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Çağlayancerit Merk	Kahramanmaraş	2009	S	ZTD	560.00	271.50	38.50	1.75	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Merkez Başderviş	Kahramanmaraş	2020	S	ZTD	150.00	163.40	25.00	1.01	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Zeynepuşağı	Kahramanmaraş	2021	S	ZTD	310.00	259.00	33.00	1.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Göksun Büyükkızılcık	Kahramanmaraş	2021	S	KÇKD	282.00	224.90	32.50	1.10	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Merkez Ağabeyli	Kahramanmaraş	2021	S	ÖMKÇD	290.00	252.00	32.00	1.49	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Kılavuzlu	Kahramanmaraş	2014	S+E	KÇD	3,400.00	556.29	59.00	69	Mak. 30-40 cm genişliğinde ve 100-120 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları,50 cm ot.

Menzelet	Kahramanmaraş	1989	S+E+T	KÇKD	8,700.00	425.00	156.50	195	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Türkoğlu Kızılınış	Kahramanmaraş	1995	S	ZTD	404.00	335.00	31.90	3.95	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Elbistan İncecik	Kahramanmaraş	1996	S	HTD	109.00	325.00	21.90	0.42	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Yenicekale (Meydan)	Kahramanmaraş	2008	S	KÇKD	170.00	292.00	22.50	0.55	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Elbistan Sarsap	Kahramanmaraş	2013	S	KÇKD	700.00	1,263.00	26.00	4.23	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Onikişubat Püren	Kahramanmaraş	2013	S	ZTD	68.00	3,700.00	7.50	1.18	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Şehitkamil Yamaçoba	Kahramanmaraş	2007	S	KÇD	980.00	123.50	24.00	0.6	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Musabeyli Balıklı	Kilis	1999	S	ZTD	338.92	355.62	31.00	3.94	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Sapkanlı	Kilis	2013	S	ZED	240.00	302.50	28.00	2.50	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Merkez Demirciler	Kilis	2018	S	ECRD	130.00	318.75	22.00	0.58	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Musabeyli Üçpınar	Kilis	2008	S	ZTD	200.00	380.00	28.00	4.57	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Seve	Kilis	2005	S+İ	KÇKD	1,340.00	789.00	41.00	20.86	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Yukarı Afrin	Kilis	2018	İ	KÇD	3,167.00	720.16	60.00	37.77	Mak. 3-10 cm genişliğinde ve 30 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Nurdağı Kuzuluk	Gaziantep	2017	S	KÇKD	320.00	318.00	36.50	0.87	Mak. 1-4 cm genişliğinde ve 30 -35 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları

Kandil	Kahramanmaraş	2013	E	ÖBKD	2,210.00	347.41	104.00	438.68	Mak. 4 cm genişliğinde ve 30 -35 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Sarıgülzel	Kahramanmaraş	2013	E	ÖBKÇD	3,140.00	872.00	94.00	59.4	Mak. 0.5 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları
Sır	Kahramanmaraş	1991	E	BK	494.00	325.00	116.00	1,120.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Suçatı	Kahramanmaraş	1999	E	SSB	60.00	191.00	36.00	11.34	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Merkez Gözegöl	Diyarbakır	1964	S	ZTD	48.00	255.00	13.32	16.10	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Devegeçidi	Diyarbakır	1972	S	KÇKD	2,930.00	7,000.00	34.80	202.32	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Çermik Halilan	Diyarbakır	1982	S	ZTD	230.00	440.00	26.80	7.45	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Karakaya	Diyarbakır	1987	E	BK	2,000.00	462.00	173.00	9,580.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Göksu	Diyarbakır	1991	S	KÇKD	1,860.00	673.50	53.00	62.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Dicle	Diyarbakır	1997	S+E+İ	KÇKD	3,100.00	307.00	87.00	595.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Kralkızı	Diyarbakır	1997	S+E	KÇKD	15,170.00	1,037.00	126.00	1,919.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Pamukçay	Diyarbakır	2013	S	ZTD	1,400.00	540.19	37.50	45.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Ergani	Diyarbakır	2018	S	SSB	127.00	229.30	54.00	14.51	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Başlar	Diyarbakır	2019	S	ZTD	944.00	856.50	30.00	28.87	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.

Kuruçay	Diyarbakır	2020	S	KÇD	90.00	738.00	34.70	41.38	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Ambar	Diyarbakır	2021	S	KÇD	3,811.00	1,184.88	45.00	131.97	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Siverek Külhan	Şanlıurfa	2015	S	KÇKD	380.00	282.19	37.44	2.50	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Viranşehir Nohutlu	Şanlıurfa	2015	S	ÖBKD	406.00	1,048.00	32.00	6.15	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Siverek Narlıkaya	Şanlıurfa	2018	S	KÇKD	430.00	313.85	35.50	0.73	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Siverek Taşıkara	Şanlıurfa	2021	S	KÇKD	398.00	216.15	36.77	3.14	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Birecik	Şanlıurfa	2000	E	KÇKD	9,400.00	2,510.00	63.00	1,220.20	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Atatürk	Şanlıurfa	1992	S+E	KÇKD	84,500.00	1,644.00	169.00	48,700.00	Mak. 1-3 cm genişliğinde ve 30 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları
Birecik Mezra	Şanlıurfa	2022	S	ÖBKÇD	111.00	330.00	39.15	3.13	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Siverek Ericek	Şanlıurfa	2022	S	ÖMKD	111.00	509.69	17.50	0.97	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Hacıhıdır	Şanlıurfa	1989	S	KÇKD	1,600.00	737.00	42.00	67.60	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Taşbasan Depolaması	Şanlıurfa	2014	S	ZTD	398.00	721.00	22.50	5.36	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.
Siverek Çamurlu	Şanlıurfa	2015	S	ÖMKD	442.00	595.70	22.50	9.92	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.

Amacı¹: S = Sulama, İ = İçmesuyu, E = Enerji, T = Taşkın, R = Rekreasyon

Tipi² : **HTD** = Homojen Toprak Dolgu, **KÇTD** = Kil Çekirdek Toprak Dolgu, **KÇD** = Kil Çekirdek Kum-Çakıl Dolgu, **KÇKD** = Kil Çekirdek Kaya Dolgu, **ZTD** = Zonlu Toprak Dolgu, **ÖBKD** = Önyüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu, **ÖBKÇD** = Önyüzü Beton Kaplı Kum Çakıl Dolgu,
KB = Kargir Beton, **SSB** = Silindirle Sıkıştırılmış Beton, **BK**= Beton Kemer, **BA**= Beton Ağırlık **ÖMKD** = Önyüzü Membran Kaplı Kaya Dolgu, **ÖMKÇD** = Önyüzü Membran Kaplı Kum Çakıl Dolgu,

Ek-B: İncelemesi Yapılan 68 Baraj

Tablo 6. 17: Detaylı incelemesi yapılan 68 baraj.

No	Tesisin Adı	B/G	Proje Yeri	Tamamlanma Tarihi	Amacı ¹	Tipi ²	Gövde Hacmi (x10 ³ m ³)	Kret Uzunluğu (m)	Temelden Yükseklik (m)	Göl Hacmi (hm ³)	R (km) M7.8	R (km) M7.5	Hasar Sınıfı
1	Bahçe Arıklıkaş	G	Osmaniye	1998	S	HTD	615.00	355.00	32.50	1.67	45.07	112.75	AĞIR
2	Büyük Karaçay	B	Hatay	2018	S+E+İ+T	ÖYBK	2,200.00	415.00	105.00	57.3	147.03	230.27	HAFİF
3	Hassa Demrek	G	Hatay	2006	S	HTD	460.00	480.00	29.60	1.995	80.13	164.8	HAFİF
4	Bayraktepe	G	Osmaniye	2017	S	KÇD	690.00	233.45	41.40	2.81	27.15	112.96	HAFİF
5	Kalecik	B	Osmaniye	1985	S	KÇKD	843.00	194.59	80.00	32.75	50.02	115.66	ORTA
6	Kurtlusoguksu	G	Hatay	2017	S	KÇKD	362.87	419.09	40.00	0.75	102.88	186.12	AĞIR
7	Reyhanlı	B	Hatay	2020	S	HTD	20,730.00	9200.00	30.20	480	105.42	192.85	AĞIR
8	Karamanlı	G	Hatay	2005	S	HTD	359.00	406.00	34.80	2	146.4	228.87	HAFİF

9	Yarseli	B	Hatay	1989	S	KÇD	3,000.00	960.00	43.50	55.4	129.89	215.72	ORTA
10	İskenderun Çökek	B	Hatay	2015	S	KÇKD	275.00	250.00	34.15	1.82	143.02	225.7	HAFİF
11	Çatalan	B	Adana	1996	S+E+İ+T	KÇD	14,500.00	894.00	82.00	2126	153.87	191.52	HASARSIZ
12	Kozan	B	Adana	1972	S+E	KÇKD	1,740.00	290.09	82.50	163	109.73	132	HASARSIZ
13	Seyhan	B	Adana	1956	S+E+T	KÇTD	7,500.00	1,955.00	77.00	1200	150.16	195.25	HASARSIZ
14	Mustafa Kemal Paşa	G	Hatay	2022	S+R	KB	12.90	110.00	14.00	0.0195	123.53	206.55	HASARSIZ
15	Tahtaköprü	B	Hatay	1975	S	KÇD	2,142.00	401.03	55.50	350.27	50.21	135.6	HASARSIZ
16	Yayladağ	B	Hatay	2000	S+İ	KÇKD	360.00	191.11	47.40	6.5	165.74	250.35	HASARSIZ
17	Aslantaş	B	Osmaniye	1984	S+E+T	ZTD	8,493.00	566.00	95.00	1,928.00	66.07	115.45	HAFİF
18	Berke	B	Osmaniye	2002	E	BK	750.00	270.00	201.00	427	51.68	95.8	HASARSIZ
19	Mehmetli	B	Osmaniye	1971	S+E+T	KÇD	5,624.00	520.23	79.00	106.24	93.27	117.46	HASARSIZ
20	Pirinçlik	G	Hatay	2015	S	ZTD	113.80	85.00	30.60	0.49	116.86	195.28	HAFİF

21	Merkez Tanışma	G	Hatay	2016	S	HTD	235.43	200.00	26.70	0.923	136.07	220.85	HAFİF
22	Çat	B	Malatya	1998	S	ZTD	2,500.00	267.00	78.00	240	147.85	98.26	HAFİF
23	Sultansuyu	B	Malatya	1993	S	KÇD	3,200.00	721.25	60.00	53.3	151.91	82.52	AĞIR
24	Sürgü	B	Malatya	1971	S	KÇKD	1,220.00	736.00	57.00	70.93	117.9	60.12	HAFİF
25	Kapıkaya Turgut Özal	B	Malatya	2011	S	KÇKD	4,720.00	868.00	89.50	71.1	188.03	129.44	HASARSIZ
26	Polat	B	Malatya	1991	S	ZTD	2,100.00	538.00	54.00	11.5	120.74	52.99	HASARSIZ
27	Boztepe Recai Kutan	B	Malatya	2013	S	KÇD	758.00	852.00	82.00	116	189.53	111.5	HASARSIZ
28	Erkenek	G	Malatya	2022	S	ÖMKD	1,452.00	157.00	41.00	3.17	119.66	74.32	AĞIR
29	Göktaş 1	B	Adana	2016	E	SSB	749.00	211.75	132.50	109.33	148.52	155.79	HASARSIZ
30	Yedigöze	B	Adana	2010	E	ÖBKD	3,700.90	400.00	130.00	642.82	140.48	168.42	HASARSIZ
31	Feke 2	B	Adana	2010	E	SSB	227.00	125.00	70.00	63.07	116.84	120.6	HASARSIZ
32	Kavşakbendi	B	Adana	2013	E	ÖYBKD	1,000.00	170.00	95.40	30.19	136.73	154.87	HASARSIZ

33	Köprü	B	Adana	2013	E	SSB	975.00	413.00	109.00	98.41	131.65	145.85	HASARSIZ
34	Medik	B	Malatya	1975	S	KÇKD	1,030.00	100.00	50.00	22	169.87	94.19	HASARSIZ
35	Keban	B	Elazığ	1974	E	KÇKD	15,585.00	1,097.00	207.00	31,000.00	233.06	162.82	HASARSIZ
36	Atatürk	B	Şanlıurfa	1992	S+E	KÇKD	84,500.00	1,644.00	169.00	48,700.00	119.24	115.27	HAFİF
37	Çamgazi	B	Adıyaman	1998	S	ZTD	5,100.00	4,852.00	45.00	56.17	111.52	90.56	HAFİF
38	Kahta Menzil	B	Adıyaman	2011	S	ZTD	320.00	362.00	33.50	1.58	165.83	140.08	HAFİF
39	Kartalkaya	B	Kahramanmaraş	1972	S+E+İ	KÇD	1,452.00	205.00	57.00	195	33.59	60.03	ORTA
40	Merkez Hasancık	G	Adıyaman	1993	S	ZTD	260.00	340.00	25.00	0.77	140.61	113.05	HAFİF
41	Merkez İncesu	G	Adıyaman	1995	S	ZTD	253.00	322.00	35.00	1.88	139.22	112.03	HAFİF
42	Nurdağı Hamidiye	G	Gaziantep	2018	S	KÇKD	150.00	182.00	29.00	1.86	17.58	104.32	HAFİF
43	Çetintepe	B	Adıyaman	2023	S+İ	KÇKD	12,700.00	708.00	116.00	460	89.27	45.24	ORTA
44	Gerger Çifthisar	G	Adıyaman	2019	S	KÇD	120.00	116.84	31.00	1.09	187	150.08	HASARSIZ

45	Gözebaşı	G	Adıyaman	1994	S	ZTD	182.00	228.00	27.00	0.91	138.79	108.2	HASARSIZ
46	Merkez Karahöyük	B	Adıyaman	1997	S	ZTD	301.58	297.00	25.50	3	134.51	110.2	HASARSIZ
47	Merkez Kınık	G	Adıyaman	1989	S	ZTD	172.00	215.00	23.30	1.78	140.25	110.87	HASARSIZ
48	Ardıl	B	Gaziantep	2016	S	SSB	140.00	246.50	54.00	1.86	61.47	68.55	HASARSIZ
49	Çakmak	G	Gaziantep	1998	S	ZTD	98.00	207.00	15.00	0.85	16	95.72	HAFİF
50	Hacıarslan	G	Gaziantep	2009	S	HTD	156.00	261.00	26.00	1.65	22.81	109.39	HASARSIZ
51	Hancağız	B	Gaziantep	1988	S	ZTD	3,300.00	1,135.00	55.00	100	83.42	131.9	HASARSIZ
52	Karkamış	B	Gaziantep	1999	E	ZTD	2,100.00	1,607.79	29.00	157	98.98	146.76	HASARSIZ
53	Allaben	G	Gaziantep	2007	S+R	HTD	324.00	434.73	26.00	2.54	28.63	103.86	HASARSIZ
54	Adatepe	B	Kahramanmaraş	2013	S	KÇKD	4,580.00	654.00	95.00	500	100.76	41.4	HAFİF
55	Ayvalı	B	Kahramanmaraş	2007	S+İ	ZTD	1,452.00	613.01	103.00	77.3	40.47	48.2	HAFİF
56	Büyük Kızılcık	G	Kahramanmaraş	2021	S	KÇKD	282.00	224.90	32.50	1.1	111.27	49.21	ORTA

57	Çağlayancerit Düzbağ	G	Kahramanmaraş	2020	S	ZTD	400.00	300.00	30.00	0.8	72.57	32.34	HASARSIZ
58	Çağlayancerit Merk	B	Kahramanmaraş	2009	S	ZTD	560.00	271.50	38.50	1.75	54.71	35.67	HASARSIZ
59	Kılavuzlu	B	Kahramanmaraş	2014	S+E	KÇD	3,400.00	556.29	59.00	69	48.25	54.77	ORTA
60	Menzelet	B	Kahramanmaraş	1989	S+E+T	KÇKD	8,700.00	425.00	156.50	195	52.12	47.78	HASARSIZ
61	Şehitkamil Yamaçoba	G	Kahramanmaraş	2007	S	KÇD	980.00	123.50	24.00	0.6	9.47	96.16	HASARSIZ
62	Musabeyli Balıklı	G	Kilis	1999	S	ZTD	338.92	355.62	31.00	3.94	36.28	124.65	HASARSIZ
63	Musabeyli Üçpınar	G	Kilis	2008	S	ZTD	200.00	380.00	28.00	4.57	41.3	129.67	HASARSIZ
64	Yukarı Afrin	B	Kilis	2018	İ	KÇD	3,167.00	720.16	60.00	37.77	23.24	111.41	HAFİF
65	Nurdağı Kuzuluk	G	Gaziantep	2017	S	KÇKD	320.00	318.00	36.50	0.87	21.48	108.73	HAFİF
66	Kandil	B	Kahramanmaraş	2013	E	ÖBKD	2,210.00	347.41	104.00	438.68	87.81	7.16	HAFİF
67	Sarıgüzel	B	Kahramanmaraş	2013	E	ÖBKÇD	3,140.00	872.00	94.00	59.4	78.69	21.43	HAFİF
68	Suçatı	B	Kahramanmaraş	1999	E	SSB	60.00	191.00	36.00	11.34	64.46	49.07	HASARSIZ

Amacı1: S = Sulama, İ = İçmesuyu, E = Enerji, T = Taşkın, R = Rekreasyon

Tipi2: HTD = Homojen Toprak Dolgu, KÇTD = Kil Çekirdek Toprak Dolgu, KÇD = Kil Çekirdek Kum-Çakıl Dolgu, KÇKD = Kil Çekirdek Kaya Dolgu, ZTD = Zonlu Toprak Dolgu, ÖBKD = Önyüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu, ÖBKÇD = Önyüzü Beton Kaplı Kum Çakıl Dolgu,

KB = Kargir Beton, SSB = Silindirle Sıkıştırılmış Beton, BK= Beton Kemer, BA= Beton Ağırlık ÖMKD = Önyüzü Membran Kaplı Kaya Dolgu, ÖMKÇD = Önyüzü Membran Kaplı Kum Çakıl Dolgu,

Ek-C: Hafif Hasarlı Barajlar

Tablo 6. 18: Hafif hasarlı barajların listesi.

Tesisin Adı	Proje Yeri	Tamamlanma Tarihi	Amacı ¹	Tipi ²	Gövde Hacmi (x10 ³ m ³)	Kret Uzunluğu (m)	Temelden Yükseklik (m)	Göl Hacmi (hm ³)	Hasar Tanımı	Hasar Sınıfı
Büyük Karaçay	Hatay	2018	S+E+İ+T	ÖYBK	2,200.00	415.00	105.00	57.3	Mak. 2-6 cm genişliğinde ve 14-32 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Hassa Demrek	Hatay	2006	S	HTD	460.00	480.00	29.60	1.995	Mak. 6-8 cm genişliğinde ve 40-60 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Bayraktepe	Osmaniye	2017	S	KÇD	690.00	233.45	41.40	2.81	Mak. 3-5 cm genişliğinde ve 15-20 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Karamanlı	Hatay	2005	S	HTD	359.00	406.00	34.80	2	Mak. 2-10 cm genişliğinde ve 10-70 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
İskenderun Çökek	Hatay	2015	S	KÇKD	275.00	250.00	34.15	1.82	Mak. 15 cm genişliğinde ve 50 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Aslantaş	Osmaniye	1984	S+E+T	ZTD	8,493.00	566.00	95.00	1,928.00	Mak. 10 cm genişliğinde, 40-45 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Pirinçlik	Hatay	2015	S	ZTD	113.80	85.00	30.60	0.49	Mak. 1 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Merkez Tanışma	Hatay	2016	S	HTD	235.43	200.00	26.70	0.923	Mak. 3 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Çat	Malatya	1998	S	ZTD	2,500.00	267.00	78.00	240	Mak. 8 cm genişliğinde ve 20 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Sürgü	Malatya	1971	S	KÇKD	1,220.00	736.00	57.00	70.93	Mak. 14-20 cm genişliğinde ve 46-55 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF

Çamgazi	Adıyaman	1998	S	ZTD	5,100.00	4,852.00	45.00	56.17	Mak. 10 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Kahta Menzil	Adıyaman	2011	S	ZTD	320.00	362.00	33.50	1.58	Mak. 10 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Merkez Hasancık	Adıyaman	1993	S	ZTD	260.00	340.00	25.00	0.77	Mak. 3-5 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Merkez İncesu	Adıyaman	1995	S	ZTD	253.00	322.00	35.00	1.88	Mak. 7-8 cm genişliğinde ve 10 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Nurdağı Hamidiye	Gaziantep	2018	S	KÇKD	150.00	182.00	29.00	1.86	Mak. 30 cm genişliğinde ve 30 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Çakmak	Gaziantep	1998	S	ZTD	98.00	207.00	15.00	0.85	Mak. 12 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Adatepe	Kahramanmaraş	2013	S	KÇKD	4,580.00	654.00	95.00	500	Krette kılcal çatlaklar	HAFİF
Ayvalı	Kahramanmaraş	2007	S+İ	ZTD	1,452.00	613.01	103.00	77.3	Mak. 2-3 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Yukarı Afrin	Kilis	2018	İ	KÇD	3,167.00	720.16	60.00	37.77	Mak. 3-10 cm genişliğinde ve 30 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Nurdağı Kuzuluk	Gaziantep	2017	S	KÇKD	320.00	318.00	36.50	0.87	Mak. 1-4 cm genişliğinde ve 30 -35 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Kandil	Kahramanmaraş	2013	E	ÖBKD	2,210.00	347.41	104.00	438.68	Mak. 4 cm genişliğinde ve 30 -35 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Sarıgüzel	Kahramanmaraş	2013	E	ÖBKÇD	3,140.00	872.00	94.00	59.4	Mak. 0.5 cm genişliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF
Atatürk	Şanlıurfa	1992	S+E	KÇKD	84,500.00	1,644.00	169.00	48,700.00	Mak. 1-3 cm genişliğinde ve 30 cm derinliğinde boyuna kret çatlakları	HAFİF

Ek-Ç: Hasarsız Barajlar

Tablo 6. 19: Hasarsız barajların listesi.

Tesisin Adı	Proje Yeri	Tamamlanma Tarihi	Amacı ¹	Tipi ²	Gövde Hacmi (x10 ³ m ³)	Kret Uzunluğu (m)	Temelden Yükseklik (m)	Göl Hacmi (hm ³)	Hasar Tanımı	Hasar Sınıfı
Çatalan	Adana	1996	S+E+İ+T	KÇD	14,500.00	894.00	82.00	2126	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Kozan	Adana	1972	S+E	KÇKD	1,740.00	290.09	82.50	163	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Seyhan	Adana	1956	S+E+T	KÇTD	7,500.00	1,955.00	77.00	1200	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Yüreğir Kılıçlı	Adana	2010	S	HTD	604.00	510.00	37.50	7.54	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Pozantı Yağlıtaş	Adana	2014	S	HTD	334.00	191.66	32.82	0.92	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Aladağ Kasımlı	Adana	2019	S	KÇKD	414	367.50	45.00	5.86	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Sarıçam Baklalı	Adana	2014	S	HTD	465.00	307.00	32.95	2.26	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Sarıçam Karlık	Adana	2014	S	KÇKD	74.00	110.47	20.78	0.26	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Kozan Bağtepe	Adana	2015	S	ZTD	330.00	310.00	31.90	1.02	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Kozan Postkabasakal	Adana	2015	S	ZTD	188.00	210.00	34.32	0.63	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ

Kozan Zerdali	Adana	2015	S	ZTD	269.00	329.00	30.80	0.60	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
İskenderun Pirinçlik	Hatay	2015	S	ZTD	113.00	85.00	30.60	0.49	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Samandağ Çökek	Hatay	2015	S	KÇKD	275.00	250.00	34.15	1.82	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Merkez Bahçeköy	Osmaniye	2015	S	KÇKD	73.00	128.50	22.00	0.46	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Merkez Köyüeri	Osmaniye	2015	S	HTD	144.00	165.00	24.85	0.75	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Aladağ Dölekli	Adana	2016	S	ZTD	385.00	234.50	30.00	1.49	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Sarıçam Hakkıbeyli	Adana	1999	S	ZTD	250.00	206.50	33.00	5.75	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Karaisalı Demirçit	Adana	2016	S	KÇD	890.00	598.07	34.00	4.50	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Kozan Meletmez	Adana	2016	S	KÇKD	534	270.55	46.00	4.33	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Düziçi Karacaören	Osmaniye	2016	S	KÇD	320	186.74	39.00	0.50	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Nergizlik	Adana	1995	S	KÇD	1,474.00	351.32	54.00	21.8	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Mustafa Kemal Paşa	Hatay	2022	S+R	KB	12.90	110.00	14.00	0.0195	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Tahtaköprü	Hatay	1975	S	KÇD	2,142.00	401.03	55.50	350.27	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Yayladağ	Hatay	2000	S+İ	KÇKD	360.00	191.11	47.40	6.5	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ

Berke	Osmaniye	2002	E	BK	750.00	270.00	201.00	427	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Mehmetli	Osmaniye	1971	S+E+T	KÇD	5,624.00	520.23	79.00	106.24	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Hekimhan Güzelyurt	Malatya	2005	S	ZTD	630	325.00	36.40	1.44	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Arapgir	Malatya	2009	S	ÖMKÇD	150	195.00	25.65	0.31	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Darende Sofular	Malatya	2009	S	ZTD	360	178.44	36.00	2.43	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Kapıkaya Turgut Özal	Malatya	2011	S	KÇKD	4,720.00	868.00	89.50	71.1	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Polat	Malatya	1991	S	ZTD	2,100.00	538.00	54.00	11.5	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Boztepe Recai Kutan	Malatya	2013	S	KÇD	758.00	852.00	82.00	116	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Doğanşehir Sögüt	Malatya	2014	S	ZTD	150.00	142.56	35.00	0.51	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Kuluncak Bicir	Malatya	2016	S	ÖMKÇD	160.00	158.54	33.00	0.91	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Akçadağ Taşevler	Malatya	2017	S	ÖMKD	610.00	232.80	50.50	5.12	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Darende Ayvalı	Malatya	2017	S	KÇKD	420.00	287.00	33.60	0.87	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Güzelyurt Karamahmut	Malatya	2020	S	KÇD	540.00	266.55	43.00	1.12	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Hekimhan Budaklı	Malatya	2020	S	KÇD	650.00	305.00	46.00	1.38	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ

Hekimhan Kurşunlu	Malatya	2020	S	KÇKD	190.00	121.00	38.00	1.14	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Merkez Yaygın	Malatya	2020	S	KÇKD	510.00	227.03	50.00	2.09	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Beylerderesi	Malatya	2020	S	SSB	170.00	249.00	39.00	4.95	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Hekimhan Karadere	Malatya	2021	S	ZTD	370.00	186.81	38.50	2.28	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Göktaş 1	Adana	2016	E	SSB	749.00	211.75	132.50	109.33	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Menge	Adana	2011	E	SSB	349.00	303.00	68.00	50.80	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Yedigöze	Adana	2010	E	ÖBKD	3,700.90	400.00	130.00	642.82	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Feke 2	Adana	2010	E	SSB	227.00	125.00	70.00	63.07	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Gökkaya	Adana	2012	E	SSB	700.00	115.13	69.00	18.25	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Kavşakbendi	Adana	2013	E	ÖYBKD	1,000.00	170.00	95.40	30.19	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Köprü	Adana	2013	E	SSB	975.00	413.00	109.00	98.41	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Karakuz	Adana	2015	E	SSB	400.00	161.75	45.00	5.11	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Medik	Malatya	1975	S	KÇKD	1,030.00	100.00	50.00	22	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Keban	Elazığ	1974	E	KÇKD	15,585.00	1,097.00	207.00	31,000.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ

Merkez Akçalı 1	Adıyaman	2022	S	SSB	120.00	291.00	43.00	3.02	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Akçalı 2	Adıyaman	2020	S	SSB	70.00	148.00	40.00	0.82	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Çelikhan Yeşiltepe	Adıyaman	2020	S	KÇKD	220.00	196.68	30.00	0.75	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Sincik Arıkonak	Adıyaman	2020	S	ÖMKÇD	94	107.00	28.50	0.53	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Sırımtaş	Adıyaman	2013	E	GD	1,600.00	205.56	97.50	33.86	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Gerger Çifthisar	Adıyaman	2019	S	KÇD	120.00	116.84	31.00	1.09	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Gözebaşı	Adıyaman	1994	S	ZTD	182.00	228.00	27.00	0.91	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Merkez Karahöyük	Adıyaman	1997	S	ZTD	301.58	297.00	25.50	3	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Merkez Kınık	Adıyaman	1989	S	ZTD	172.00	215.00	23.30	1.78	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
İslahiye Güneş	Gaziantep	2019	S	ZTD	760.00	243.32	39.10	2.40	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Ardıl	Gaziantep	2016	S	SSB	140.00	246.50	54.00	1.86	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Hacıarslan	Gaziantep	2009	S	HTD	156.00	261.00	26.00	1.65	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Hancağız	Gaziantep	1988	S	ZTD	3,300.00	1,135.00	55.00	100	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Karkamış	Gaziantep	1999	E	ZTD	2,100.00	1,607.79	29.00	157	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ

Merkez Zülfikar	Gaziantep	1991	S	HTD	59.00	140.00	19.30	0.77	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Doğanpınar	Gaziantep	2018	S	KÇKD	4,852.00	3,622.00	55.50	153.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Kayacık	Gaziantep	2006	S	ZTD	1,900.00	791.00	49.50	103.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Allaben	Gaziantep	2007	S+R	HTD	324.00	434.73	26.00	2.54	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Çağlayancerit Düzbağ	Kahramanmaraş	2020	S	ZTD	400.00	300.00	30.00	0.8	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Çağlayancerit Zorkun	Kahramanmaraş	2012	S	KÇKD	380.00	263.00	36.00	1.55	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Çağlayancerit Merk	Kahramanmaraş	2009	S	ZTD	560.00	271.50	38.50	1.75	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Merkez Başderviş	Kahramanmaraş	2020	S	ZTD	150.00	163.40	25.00	1.01	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Zeynepuşağı	Kahramanmaraş	2021	S	ZTD	310.00	259.00	33.00	1.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Merkez Ağabeyli	Kahramanmaraş	2021	S	ÖMKÇD	290.00	252.00	32.00	1.49	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Menzelet	Kahramanmaraş	1989	S+E+T	KÇKD	8,700.00	425.00	156.50	195	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Türkoğlu Kızıliniş	Kahramanmaraş	1995	S	ZTD	404.00	335.00	31.90	3.95	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Elbistan İncecik	Kahramanmaraş	1996	S	HTD	109.00	325.00	21.90	0.42	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Yenicekale (Meydan)	Kahramanmaraş	2008	S	KÇKD	170.00	292.00	22.50	0.55	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ

Elbistan Sarsap	Kahramanmaraş	2013	S	KÇKD	700.00	1,263.00	26.00	4.23	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Onikişubat Püren	Kahramanmaraş	2013	S	ZTD	68.00	3,700.00	7.50	1.18	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Şehitkamil Yamaçoba	Kahramanmaraş	2007	S	KÇD	980.00	123.50	24.00	0.6	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Musabeyli Balıklı	Kilis	1999	S	ZTD	338.92	355.62	31.00	3.94	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Sapkanlı	Kilis	2013	S	ZTD	240.00	302.50	28.00	2.50	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Merkez Demirciler	Kilis	2018	S	KÇKD	130.00	318.75	22.00	0.58	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Musabeyli Üçpınar	Kilis	2008	S	ZTD	200.00	380.00	28.00	4.57	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Seve	Kilis	2005	S+İ	KÇKD	1,340.00	789.00	41.00	20.86	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Sır	Kahramanmaraş	1991	E	BK	494.00	325.00	116.00	1,120.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Suçatı	Kahramanmaraş	1999	E	SSB	60.00	191.00	36.00	11.34	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Merkez Gözegöl	Diyarbakır	1964	S	ZTD	48.00	255.00	13.32	16.10	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Devegeçidi	Diyarbakır	1972	S	KÇKD	2,930.00	7,000.00	34.80	202.32	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Çermik Halılan	Diyarbakır	1982	S	ZTD	230.00	440.00	26.80	7.45	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Karakaya	Diyarbakır	1987	E	BK	2,000.00	462.00	173.00	9,580.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ

Göksu	Diyarbakır	1991	S	KÇKD	1,860.00	673.50	53.00	62.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Dicle	Diyarbakır	1997	S+E+İ	KÇKD	3,100.00	307.00	87.00	595.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Kralkızı	Diyarbakır	1997	S+E	KÇKD	15,170.00	1,037.00	126.00	1,919.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Pamukçay	Diyarbakır	2013	S	ZTD	1,400.00	540.19	37.50	45.00	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Ergani	Diyarbakır	2018	S	SSB	127.00	229.30	54.00	14.51	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Başlar	Diyarbakır	2019	S	ZTD	944.00	856.50	30.00	28.87	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Kuruçay	Diyarbakır	2020	S	KÇD	90.00	738.00	34.70	41.38	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Ambar	Diyarbakır	2021	S	KÇD	3,811.00	1,184.88	45.00	131.97	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Siverek Külhan	Şanlıurfa	2015	S	KÇKD	380.00	282.19	37.44	2.50	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Viranşehir Nohutlu	Şanlıurfa	2015	S	ÖBKD	406.00	1,048.00	32.00	6.15	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Siverek Narlıkaya	Şanlıurfa	2018	S	KÇKD	430.00	313.85	35.50	0.73	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Siverek Taşıkara	Şanlıurfa	2021	S	KÇKD	398.00	216.15	36.77	3.14	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Birecik	Şanlıurfa	2000	E	KÇKD	9,400.00	2,510.00	63.00	1,220.20	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Birecik Mezra	Şanlıurfa	2022	S	ÖBKÇD	111.00	330.00	39.15	3.13	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ

Siverek Ericek	Şanlıurfa	2022	S	ÖMKD	111.00	509.69	17.50	0.97	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Hacıhıdır	Şanlıurfa	1989	S	KÇKD	1,600.00	737.00	42.00	67.60	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Taşbasan Depolaması	Şanlıurfa	2014	S	ZTD	398.00	721.00	22.50	5.36	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ
Siverek Çamurlu	Şanlıurfa	2015	S	ÖMKD	442.00	595.70	22.50	9.92	Bildirilen bir hasar kaydı yoktur.	HASARSIZ

Amacı¹: S = Sulama, İ = İçmesuyu, E = Enerji, T = Taşkın, R = Rekreasyon

Tipi²: HTD = Homojen Toprak Dolgu, KÇTD = Kil Çekirdek Toprak Dolgu, KÇD = Kil Çekirdek Kum-Çakıl Dolgu, KÇKD = Kil Çekirdek Kaya Dolgu, ZTD = Zonlu Toprak Dolgu, ÖBKD = Önyüzü Beton Kaplı Kaya Dolgu, ÖBKÇD = Önyüzü Beton Kaplı Kum Çakıl Dolgu,

KB = Kargir Beton, SSB = Silindirle Sıkıştırılmış Beton, BK= Beton Kemer, ÖMKD = Önyüzü Membran Kaplı Kaya Dolgu, ÖMKÇD = Önyüzü Membran Kaplı Kum Çakıl Dolgu

Ek-D: Yıkılmış Barajlar

Tablo 6. 20: Geçmiş depremler sonrası yıkılmış barajlar.

Baraj İsmi	Ülke	Tip (*)	H [m]	Deprem Adı	Deprem Tarihi	Büyüklüğü	R	Hasar Durumu	Referans
AUGUSTA	ABD	TD	-	Gharleston	31.07.1886	7.0	180	YIKILMIŞ	Duke C.M. (1960)
VOLCANO LAKE	Meksika	TD	4	Imperial V.	22.06.1915	5.3	0 0	YIKILMIŞ	Ambraseys (1960)
SHEFFIELD [2]	ABD	TD	8	Santa Barbara	29.06.1925	6,3	11.2	YIKILMIŞ	Seed, H.B. Lee, K.L ; Idriss, I.M (1969)
BARAHONA	Şili	A	61	Talca	1.10.1928	8.4	160	YIKILMIŞ	Smith, E.S. (1969)
VOLCANO LAKE	Meksika	TD	4	El Centro	18.05.1940	7.1	0.0	YIKILMIŞ	Ambraseys, N.N. (1960)
HOSOROGI	Japonya	TD	9	Fukui	28.06.1948	7.3	4	YIKILMIŞ	Ambraseys, N.N. (1960)
COLEMAN	ABD	Kom	-	Fallon	23.08.1954	6.7	24	YIKILMIŞ	Seed; H B ; Makdisi, F. De Alba, P. (1978)
SAGUSPE	ABD	TD	-	Fallon	24.08.1954	6.7	24	YIKILMIŞ	Ambraseys (1960)
ROGERS	ABD	A	-	Fallon	25.08.1954	6.7	60	YIKILMIŞ	Saed. H.B. Makdisi, F. De Alba, P. (1978)
ELSOLDADO	Şili	A	-	Şili	28.03.1965	7.1		YIKILMIŞ	Haws, E.T. ; Reilly, N. (1981)
LA PATAGUA	Şili	A	-	Şili	28.03.1965	7.1	22	YIKILMIŞ	Dobry Alvarez (1967)
EL COBRE	Şili	A	-	Şili	28.03.1965	7.1	35	YIKILMIŞ	Eisenberg, A.; Husid, R Luco, J.E. (1972)
HAYAGAKENUMA	Japonya	TD	12	Tokachi-Oki	16.05.1968	6.7		YIKILMIŞ	Shibata et al (1971)
ICHIRIGOYA	Japonya	TD	8	Tokachi-Oki	16.05.1968	6.7		YIKILMIŞ	Shibata et al (1971)
NIMAI-BASHI	Japonya	TD	-	Tokachi-Oki	16.05.1968	6.7	YIKILMIŞ	Shibata et al (1971)
KATTAI	Japonya	TD	-	Tokachi-Oki	16.05.1968	6.7		YIKILMIŞ	Shibata et al (1971)
GAMANOSAWA	Japonya	TD	10	Tokachi-Oki	16.05.1968	6.7		YIKILMIŞ	Shibata et al (1971)
SHOREY	Peru	A	-	Peru	1969	7.9		YIKILMIŞ	M-K Engineers (pers comm., 1977)
HUACHOPOLCA	Peru	A	-	Peru	1970	7.9		YIKILMIŞ	Smith, E.S. (1971)
SALAMANCA	Şili	A	-	Şili	8.07.1971	7.5	110	YIKILMIŞ	Eisenberg, A., Husid, R. Luco, J.E. (1972)
ILLAPEL	Şili	A	8	Şili	3.07.1971	7.5	100	YIKILMIŞ	Eisenberg, A.; Husid, R. Luco, J.E. (1972)
CERRO NEGRO	Şili	A	-	Şili	8.07.1971	7.5		YIKILMIŞ	Eisenberg, A.; Husid, R.; Luco, J.E. (1972)
MOCHIKOSHI No. 1 (2)	Japonya	A	30	Nr Izu-Oshima	14.01.1978	7	35	YIKILMIŞ	Marcuson, W.F. et al (1979)

CERRO NEGRO [2]	Şili	A	32	Şili	3.03.1965	7.7	—	YIKILMIŞ	Castro, G. (pers. comm., 1986)
VETA DE AGUA	Şili	A	-	Şili	3.03.1985	7.7		YIKILMIŞ	Castro, G. (pers. comm., 1986)
UPPER KOYOEN	Japonya	TD	9	Kobe	17.01.1995	6.9	—	YIKILMIŞ	U.S.A.E. Waterways CEWES-GV-Z (1995)
CENTRAL KOYOEN	Japonya	TD	9	Kobe	17.01.1995	6.9		YIKILMIŞ	U.S.A.E. Waterways, CEWES-GV Z (1995)
NITEKO	Japonya	TD	-	Kobe	17.01.1995	6.9	<10.0	YIKILMIŞ	Yoshida, et al (1999)
SHIH-KANG	Tayvan	BA	25	Chi-Chi	21.09.1999	7.6	0.0	YIKILMIŞ	Charlwood (1999)

BA	Beton Ağırlık
BAP	Beton Ağırlık Payandalı
TD	Toprak Dolgu
Komp	Kompozit (Dolgu/Beton)
KÇKD	Kil Çekirdek Kaya Dolgu
HD	Hidrolik Dolgu
A	Atık

Ek-E: Ağır Hasar Almış Barajlar

Tablo 6. 21: Geçmiş depremler sonrası ağır hasar almış barajlar.

Baraj İsmi	Ülke	Tip (*)	H [m]	Deprem Adı	Deprem Tarihi	Büyüklüğü	R	Hasar Durumu	Referans
ONO	Japonya	TD	-	Kanto	1.09.1923	7.0	180	AĞIR	Duke C.M. (1960)
Misc. Embankment	Japonya	TD	15	Ojika	1939	5.3	0 0	AĞIR	Ambraseys (1960)
HEBGEN [1]	ABD	TD	27	Hebgen Lake	17.08.1959	6,3	11.2	AĞIR	Seed, H.B. Lee, K.L ; Idriss, I.M (1969)
HSINFENGIANG	Çin	BAP	105	Hsinfengkiang	19.03.1962	8.4	160	AĞIR	Smith, E.S. (1969)
EKLUTNA	ABD	Komp	6	Good Friday	27.03.1964	7.1	0.0	AĞIR	Ambraseys, N.N. (1960)
LA CALERA	Meksika	KÇKD	28	Meksika	1964	7.3	4	AĞIR	Ambraseys, N.N. (1960)
CATAPILCO	Şili	A	14	Şili	28.03.1965	6.7	24	AĞIR	Seed, H B ; Makdisi, F. De Alba, P. (1978)
RAMAYANA	Şili	A	-	Şili	28.03.1965	6.7	24	AĞIR	Ambraseys (1960)
BELLA VISTA	Şili	A	-	Şili	28.03.1965	6.7	60	AĞIR	Saed. H.B. Makdisi, F. De Alba, P. (1978)
KOYNA [1]	Hindistan	BA	103	Koyna	11.12.1967	7.1		AĞIR	Haws, E.T. ; Reilly, N. (1981)
YEYUAN	Çin	TD	25	Bohai Gulf	13.07.1969	7.1	22	AĞIR	Dobry Alvarez (1967)
U. VAN NOFİMAN	ABD	HD	24	San Fernando	9.02.1971	7.1	35	AĞIR	Eisenberg, A.; Husid, R Luco, J.E. (1972)
ELCOBRE	Şili	A	-	Şili	8.07.1971	6.7		AĞIR	Shibata et al (1971)
LLIU LLIU	Şili	TD	20	Şili	8.07.1971	6.7		AĞIR	Shibata et al (1971)
SHIMEN LING	Çin	TD	45	Haicheng	4.02.1975	6.7	AĞIR	Shibata et al (1971)
TOUHO (DOUHE)	Çin	TD	22	Tangshan	20.07.1976	6.7		AĞIR	Shibata et al (1971)
MOCHIKOSHI No. 2	Japonya	A	30	Nr I-O Aftshk	15.01.1978	6.7		AĞIR	Shibata et al (1971)
LA PALMA	Şili	A	8	Şili	3.03.1985	7.9		AĞIR	M-K Engineers (pers comm., 1977)
LA MAROUESA	Şili	A	10	Şili	3.03.1985	7.9		AĞIR	Smith, E.S. (1971)
AUSTRIAN [1]	ABD	TD	56	Loma Prieta	17.10.1989	7.5	110	AĞIR	Eisenberg, A., Husid, R. Luco, J.E. (1972)
MASIVVAY [2]	Luzon	TD	19	Filipinler	16.07.1990	7.5	100	AĞIR	Eisenberg, A.; Husid, R. Luco, J.E. (1972)
NIWAIKUMINE	Japonya	TD	-	Hokkaido Nans	12.07.1993	7.5		AĞIR	Eisenberg, A.; Husid, R.; Luco, J.E. (1972)
L. SAN FERNANDO	ABD	HD	38	Northridge	17.01.1994	7	35	AĞIR	Marcuson, W.F. et al (1979)

LOWER KOYOEN	Japonya	TD	9	Kobe	17.01.1995	7.7	—	AĞIR	Castro, G. (pers. comm., 1986)
ZHONG HAI	Çin	BA	-	Lijiang	3.02.1996	7.7		AĞIR	Castro, G. (pers, comm., 1986)

BA	Beton Ağırlık
BAP	Beton Ağırlık Payandalı
TD	Toprak Dolgu
Komp	Kompozit (Dolgu/Beton)
KÇKD	Kil Çekirdek Kaya Dolgu
HD	Hidrolik Dolgu
A	Atık