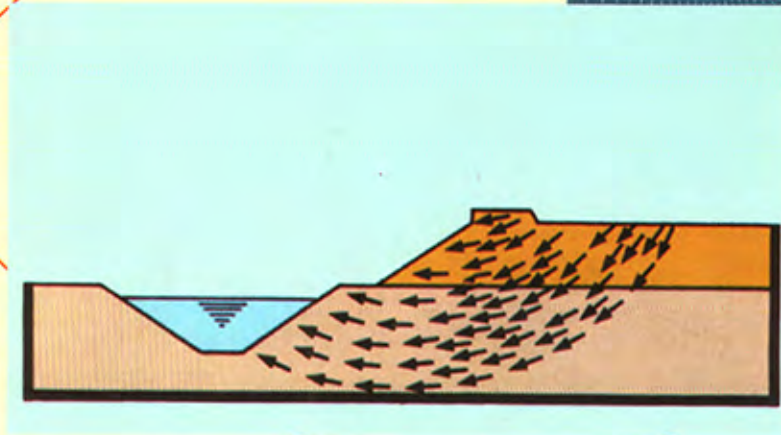
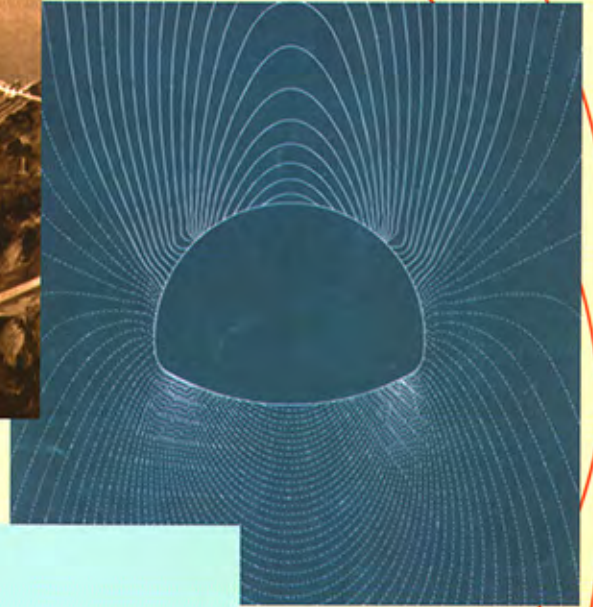
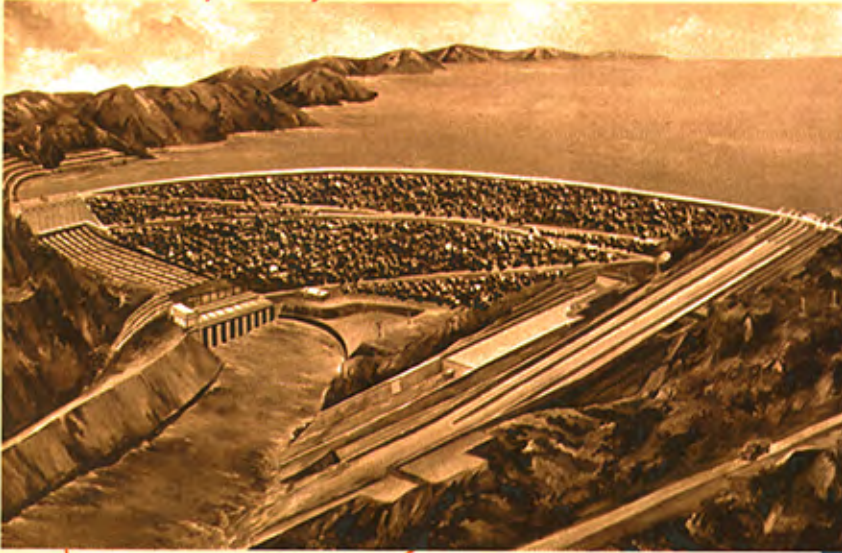




ISSN 1305-6859

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ BÜLTENİ BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY

2006
SAYI:23



ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ YAYINI
PUBLICATION OF INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY AND
THE ENVIRONMENT TURKISH NATIONAL COMMITTEE

MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ BÜLTENİ BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY

Yayın Sahibi / Owner on Behalf of the Committee
Erdoğan YÜZER

Yazı İşleri Müdürü / Publication Director
Atiye TUĞRUL

Editörler Kurulu / Editorial Board
Reşat ULUSAY
Recep KILIÇ
Tamer TOPAL

Yardımcı Editör / Assistant Editor
Murat ERCANOĞLU

Yayın Danışma Kurulu / Advisory Board

Ergin ARIÖĞLU	Okay GÜRPINAR
Can AYDAY	Remzi KARAGÜZEL
Remzi DİLEK	K. Erçin KASAPOĞLU
Vedat DOYURAN	Şakir ŞİMŞEK
Mehmet EKMEKÇİ	Atiye TUĞRUL
Mustafa ERDOĞAN	Necdet TÜRK
Okay EROSKAY	Mahir VARDAR
Aziz ERTUNÇ	Erdoğan YÜZER
Candan GÖKÇEOĞLU	

Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Yönetim Kurulu

International Association of Engineering Geology and the Environment Turkish National Committee

Başkan: Erdoğan YÜZER (İYÜ)
Genel Sekreter: Atiye TUĞRUL (İTÜ)
Sayman: Tamer TOPAL (ODTÜ)
Üye: Aziz ERTUNÇ (ÇÜ)
Üye: Reşat ULUSAY (HÜ)
Üye: Remzi KARAGÜZEL (SDÜ)

Bültenin Kapsamı / Scope of the Bulletin

Bülten'de mühendislik jeolojisi ile ilgili yapılmış bilimsel araştırmalara ve/veya uygulamaya yönelik çalışmaların ürünü olan Türkçe yazılara yer verilir. Bülten yılda iki kez yayımlanır.

Bulletin of Engineering Geology is a medium to the publication of original scientific studies and/or applications in the field of engineering geology written in Turkish. The bulletin is published twice a year.

Yazı Gönderecekler Not / Note to Contributors

Gönderilecek yazılar, Bülten'in Yayın Amaç ve Yazın Kuralları'nda belirtilen ilkelere uygun olmalıdır. Yazılar üç kopya halinde yazışma adresleri aşağıda verilen editörlerden birine gönderilmelidir.

Manuscripts should be prepared in the form required in the instructions entitled "Guide for Authors". Three copies should be submitted to the one of the editors whose corresponding addresses are given below.

Yazışma Adresleri / Correspondence Addresses

Prof. Dr. Reşat Ulusay
Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800 Beytepe, Ankara
e-mail: resat@hacettepe.edu.tr

Tel: (312) 297 77 67

Fax: (312) 299 20 34

Prof. Dr. Recep Kılıç
Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara
e-mail: rkilic@eng.ankara.edu.tr

Tel: (312) 212 67 20/1343

Telefax: (312) 221 26 60

Prof. Dr. Tamer Topal
ODTÜ Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06531, Ankara

e-mail: topal@metu.edu.tr

Tel: (312) 210 26 90

Fax: (312) 210 12 63

2006 yılında sunularak sonuçlandırılan makalelerin değerdendirilmesinde Yayın Danışma
Kurulu dışında katkıda bulunanlar
Harun SÖNMEZ, Dilek TÜRER

Yayın Türü : Yerel Süreli Yayın
Baskı (*Printed by*) : Öncü Basımevi, Kâzım Karabekir Caddesi, Ali Kabakçı İşhanı, No: 85/2
İskitler, ANKARA. +90 312 384 31 20
Baskı Tarihi : 25 / 12 / 2006

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ BÜLTENİ

BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY

Sayı(No.): 23 Aralık (December) 2006

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

Yangın ve Heyelan İlişkisi Üzerine Genel Bir Değerlendirme: Caddy Kanyonu (Idaho, ABD) Örneği / A General Assessment on Wildfire and Landslide Relation: A Case Study from Caddy Canyon (Idaho, USA) Murat ERCANOĞLU, Charles FINLEY	1
8 Ekim 2005 Kaşmir Depreminin Neden Olduğu Kuvvetli Yer Hareketleri, Zemin Sıvılaşması ve Şev Duraysızlıkları ile Bunların Yerleşimlere ve Yapılara Etkileri / Strong Motions, Ground Liquefaction and Slope Instabilities Caused by the Kashmir Earthquake of October 8, 2005 and Their Effects on Settlements and Buildings Ömer Aydan	15
Variation In Strength and Deformational Behavior of the Clay Contaminated by Leachate from Waste Disposals / Katı Atıklardan Sızan Su ile Kirlenmiş Kilin Dayanım ve Deformasyon Davranışındaki Değişim Sang-Eun LEE, Gyo-Cheol JEONG, Byung-Sik CHUN, Sung-Rae CHUNG	35
Kuzey Adana Havzası Kaliş Çökellerinin Fiziko-Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi / Investigation of the Physico-mechanical Properties of the Caliche Deposits in the Northern Adana Basin İbrahim ÇOBANOĞLU, Şaziye BOZDAĞ	55

YANGIN VE HEYELAN İLİŞKİSİ ÜZERİNE GENEL BİR DEĞERLENDİRME: CADDY KANYONU (IDAHO, ABD) ÖRNEĞİ

*A General Assessment on Wildfire and Landslide Relation: A Case Study from Caddy
Canyon (Idaho, USA)*

Murat ERCANOĞLU¹, Charles FINLEY²

¹ *Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800, Beytepe, Ankara*

² *Idaho State University, GIS Training and Research Center, Pocatello, Idaho, USA*

ÖZ

3 Ağustos 2003 tarihinde, ABD'nin Idaho eyaletinde, Pocatello ve Inkom arasında yer alan Blackrock kasabasının kuzeydoğusundaki Caddy Kanyonunda, aşırı yağışlardan sonra moloz akması türünde bir heyelan gelişmiştir. Bölge ayrıca, söz konusu heyelandan yaklaşık bir ay önce doğal koşullar altında meydana gelmiş bir yangına da maruz kalmıştır. Bu çalışmada, söz konusu iki doğal afet türü arasındaki kavramsal ilişkiler temel alınarak, meydana gelen yangının heyelan mekanizması üzerinde ne şekilde bir etkisinin olabileceği araştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, yangının heyelan gelişiminde, doğrudan olmasa bile dolaylı bir etkisinin olabileceği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, özellikle kayan malzeme ile hidrofobik zon arasındaki fiziksel özelliklerin değişiminin belirlenmesinin ve yağış verilerinin ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesinin, daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Caddy Kanyonu, heyelan, moloz akması, yangın.

ABSTRACT

On 3 August 2003, after a heavy rainfall, a debris flow type landslide occurred in the Caddy Canyon, located in the northeastern part of Blackrock town between the cities of Pocatello and Inkom, Idaho, USA. The region was also subjected to a wildfire approximately one month before this event. In this study, it was investigated that in which way the wildfire could have played a role on the development of landslide mechanism based on the general concepts between these two natural hazards. Based on the assessments carried out in the study, it was concluded that the wildfire had an indirect effect on the landslide mechanism even if it did not directly affect the event. However, in order to obtain more realistic results it could be useful to investigate particularly the changes in physical relations between the slided material and the hydrophobic zone, and to assess the rainfall data in detail.

Keywords: Caddy Canyon, landslide, debris flow, fire.

1. GİRİŞ

ABD'nin özellikle orta-batı, güneybatı ve kuzeybatı bölgelerinde doğal koşullar altında veya insan etkisiyle meydana gelmiş olan yangınlar ile bunları izleyen heyelan, taşkın gibi diğer doğal afetler arasındaki ilişkilerin araştırılması, birçok çalışmaya konu olmuştur (örneğin; Wells, 1987; Cannon vd., 2001; Meyer ve Pierce, 2003; Wondzell ve King, 2003; Tucket vd., 2004). Özellikle Rocky Dağları olarak adlandırılan ve ABD'nin orta-batı bölgesindeki dağ kuşağında, son derece dik topoğrafik yükseltiler bulunmakta ve doğal afetler sonucunda büyük kayıplar meydana gelebilmektedir. Ayrıca bu tür olaylar, ekolojik dengeyi de bozarak, çevre ve insan yaşamı üzerinde son derece kötü sonuçlar doğurabilmektedirler.

NIFC (2001) tarafından ABD'de yapılan bir araştırmaya göre, ABD'de her yıl binlerce km²'lik alan yangınlardan etkilenmektedir (Çizelge 1). Özellikle son 20 yılda, küresel ısınmanın da etkisiyle, doğal yangınların etkilediği alanlarda bir artış olduğu da bilinen bir gerçektir (USFS, 2001). Bununla birlikte, yine NIFC (2001) tarafından yapılan çalışmada, ABD'de 1988-1997 yılları arasında meydana gelmiş yangınlara ilişkin istatistiksel bir değerlendirilmede, yangın oluşumunda insan etkisinin de son derece önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 1. ABD'de 1960-2000 yılları arasında meydana gelen yangınlar ve özellikleri (NIFC, 2001'den alınmıştır).

Table 1. Fires in the USA in 1960-2000 period and their features (after NIFC, 2001).

Yıl	Yangın sayısı	Yanan alan (km ²)	Yıl	Yangın sayısı	Yanan alan (km ²)
1960	103387	18123	1981	249370	19482
1961	98517	12287	1982	174755	9640
1962	115345	16507	1983	161649	20650
1963	164183	28817	1984	118836	9171
1964	116358	16986	1985	133840	17947
1965	113684	10733	1986	139980	13388
1966	122500	18512	1987	143877	16805
1967	125025	18853	1988	154573	29942
1968	125371	17126	1989	121714	13200
1969	113351	27070	1990	122763	22067
1970	121736	13268	1991	116953	9056
1971	108398	17314	1992	103830	9946
1972	124554	10688	1993	97031	9350
1973	117957	7751	1994	114049	19117
1974	145868	11651	1995	130019	9371
1975	134872	7249	1996	115025	27120
1976	241699	20679	1997	89517	14863
1977	173998	12758	1998	81043	9428
1978	218842	15827	1999	93702	22913
1979	163196	12087	2000	122827	34084
1980	234892	21290			

Çizelge 2. ABD’de 1988-1997 yılları arasında insan etkisi ve doğal koşullarda meydana gelen yangınlar ve özellikleri (NIFC, 2001’den alınmıştır).

Table 2. Natural and man-made fires in the USA and their features in the period of 1988-1997 (after NIFC, 2001).

Yıl	Yangın nedeni	Yangın sayısı	Yanan alan (km ²)
1988	İnsan Etkisi	138238	14403
	Doğal	16335	15539
1989	İnsan Etkisi	107318	8419
	Doğal	14396	4791
1990	İnsan Etkisi	105784	7023
	Doğal	16979	15052
1991	İnsan Etkisi	104777	7091
	Doğal	12164	1961
1992	İnsan Etkisi	89701	5699
	Doğal	14245	4244
1993	İnsan Etkisi	87725	4720
	Doğal	9305	4626
1994	İnsan Etkisi	94265	7751
	Doğal	19801	11379
1995	İnsan Etkisi	120045	5886
	Doğal	9974	3489
1996	İnsan Etkisi	99606	13618
	Doğal	15560	13504
1997	İnsan Etkisi	79484	3985
	Doğal	100333	10836
Ortalama	İnsan Etkisi	102694	7859
	Doğal	13879	8542

Yangınların meydana geldiği dağlık bölgelerde, çoğunlukla aşırı yağışlardan sonra, çok sayıda heyelanın geliştiği ve yangın etkileriyle birlikte değerlendirildiğinde, bu tür olayların milyonlarca dolarlık hasara neden olduğu da vurgulanmaktadır (USFS, 2001; Wondzell ve King, 2003). Bununla birlikte, gerçek kaybın ve hasarın belirlenmesi çoğunlukla mümkün olamamakta ve tahmin edilenden çok daha fazla olduğu düşünülmektedir. Bu durumun temel gerekçesi olarak; akarsuların kalitesinin düşmesi, ormanların yok olması, insan dışındaki diğer canlıların gördüğü zararlar gibi unsurların hasar ve kayıpların hesaplanmasında net bir şekilde ortaya konulamamasıdır (USFS, 2001).

Bu çalışmada, ABD’nin Idaho eyaletinin güneydoğu kesiminde yer alan bir bölgede, yaklaşık bir ay içinde ardarda meydana gelen yangın ve moloz akması olaylarının birbirleri ile olan ilişkisi incelenmiştir. Ayrıca, bölgede yapılan saha gözlem ve ölçümleri ile heyelan özellikleri birlikte değerlendirilerek, heyelan mekanizmasının gelişimi genel hatlarıyla yorumlanmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE HEYELANIN ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanı, ABD'nin Idaho eyaletinin güneydoğusunda yer almakta olup (Şekil 1), Pocatello'ya yaklaşık 5 km uzaklıktaki Blackrock kasabası kuzeydoğusundaki Caddy Kanyonu'nu ve civarını kapsamaktadır (Şekil 2a). Çalışma alanı, Rocky Dağ Kuşağı içinde

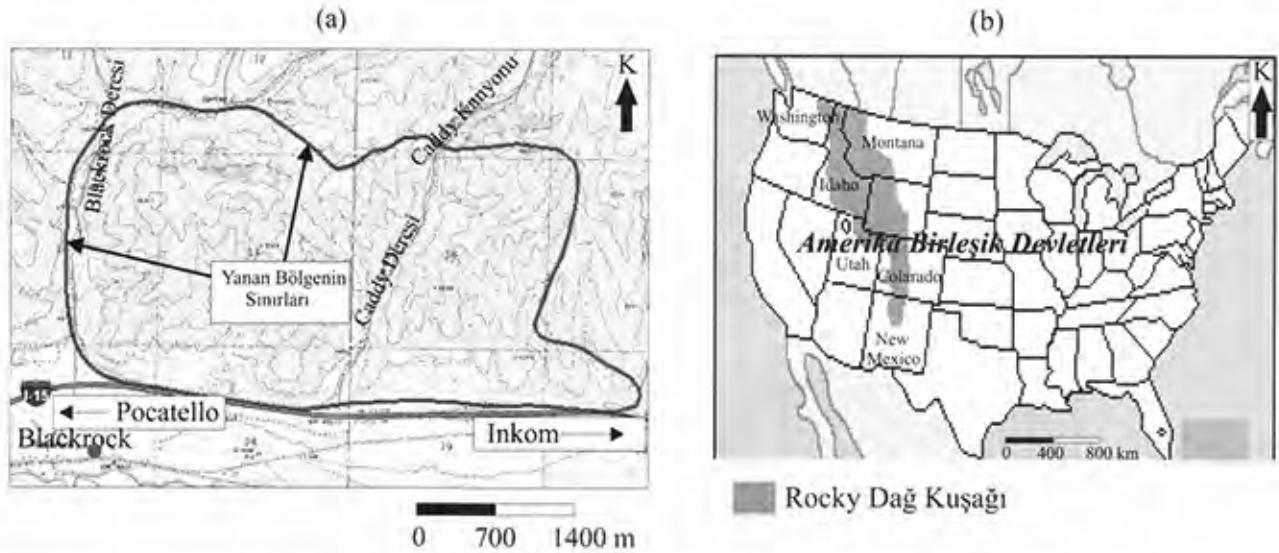


Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

yer almakta (Şekil 2b) ve çalışma alanının sınırlarını 2 Temmuz 2003 tarihinde meydana gelmiş doğal bir yangın sonucunda etkilenen yaklaşık 10 km²'lik bir alan oluşturmaktadır. Söz konusu yangın, I-15 otoyolundan başlayarak, kuzeye doğru yayılım gösteren bir alanı etkilemiştir. Yangın sonucunda, Caddy Kanyonu ve civarındaki kısa-bodur bitkilerden oluşan bitki örtüsünün büyük bir bölümü zarar görmüştür (Şekil 3a ve 3b).

Çalışma alanında topoğrafik yükseklik 1377 m ile 1720 m arasında, yamaç eğimleri ise 0° ile 65° arasındadır. Çalışma alanının 20 m x 20 m'lik bir grid ağı üzerine oturtulmuş SAM (Sayısal Arazi Modeli), topoğrafik yükseklik ve jeolojik birimlerin dağılımı ile yamaç eğim ha-



Şekil 2. (a) Caddy Kanyonu ve yangından etkilenen alan ve (b) Rocky Dağ kuşağı.

Figure 2. (a) Caddy Canyon and the area affected by the fire, and (b) the zone of Rocky Mountains.

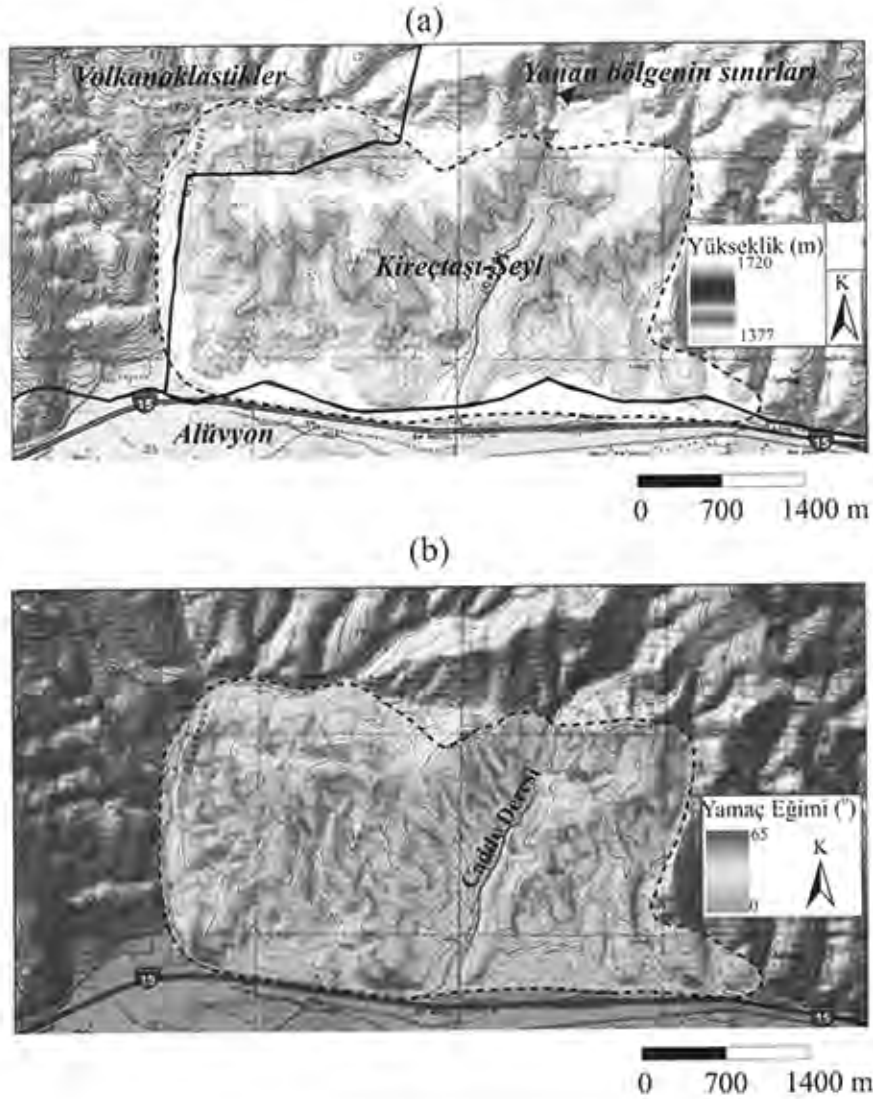


Şekil 3. (a) 2 Temmuz 2003 yangınından bir görünüm ve (b) yangın öncesi ve sonrasında bitki örtüsündeki değişim.

Figure 3. (a) A view from the 2 July, 2003 fire and (b) change in vegetation cover in pre and post-fire conditions.

ritası Şekil 4a ve 4b’de sunulmuştur. Bölgede dendritik drenaj sistemi hakim olup, ana akarsu, I-15 otoyoluna paralel yönde ve yaklaşık D-B doğrultusunda akan Pourtneuff Nehri’dir. Ayrıca Pourtneuff Nehri’nin kolları şeklinde, yaklaşık K-G yönünde akışa sahip Caddy ve Blackrock dereleri de, çalışma alanındaki diğer önemli akarsulardır (bkz. Şekil 2a).

Daha önceden de değinildiği gibi, 2 Temmuz 2003’de meydana gelen yangından yaklaşık 1 ay sonra, 3 Ağustos 2003’de Caddy Kanyonu’nda moloz akması türünde bir kütle hareketi gelişmiştir (Şekil 5). Yaklaşık 1 saat süren aşırı yağış sonucunda 1000 m³’e yakın hacimdeki malzeme kanyon içindeki kanallar boyunca akmış, I-15 otoyolu üzerinde ve Pourtneuff Nehri’ne doğru birikmiştir. Meydana gelen heyelan sonucunda I-15 otoyolu, 5 saate yakın bir süre için kapanmıştır (Şekil 6).



Şekil 4. Çalışma alanına ilişkin haritalar: (a) sayısal arazi modeli, jeoloji ve topoğrafik yükseklik ve (b) yamaç eğimi.

Figure 4. Maps of the study area: (a) digital elevation model, geology and topographical elevation and (b) slope.



Şekil 5. Caddy Kanyonu'ndaki moloz akmasının havadan görünümü (Fotoğraf: M. Ercanoğlu).

Figure 5. An aerial view of the Caddy Canyon debris flow (Photo: M. Ercanoğlu)



Şekil 6. Heyelan nedeniyle kapanan I-15 otoyolu (Fotoğraf: C. Finley).

Figure 6. I-15 highway closed by the landslide (Photo: C. Finley).

Caddy Kanyonu "V şekilli" bir vadi boyunca kuzeye doğru uzanmakta ve I-15 otoyoluna doğru bir alüvyon yelpazesi içinde bulunmaktadır (Tucket vd., 2004). Yaklaşık olarak 4.8 km uzunluğundaki bu kanyonun genişliği 0.6–1.5 km arasında değişmektedir. Kanyon boyunca vadi yamaçları ortalama 45° ile 50° arasında değişen eğimlere sahiptir. I-15 otoyoluna yakın olan kesimde alüvyon yelpazesi 240 m genişliğinde olup, yer yer vadi içine doğru ilerlemektedir. Alüvyon yelpazesinin uzunluğu ise yaklaşık 1 km olup, derinliği ise bilinmemektedir (Tucket vd., 2004). Üst kesimleri son derece dik eğimli olan vadi, 2003 yangınından önce tamamıyla bitki örtüsü ile kaplıdır.

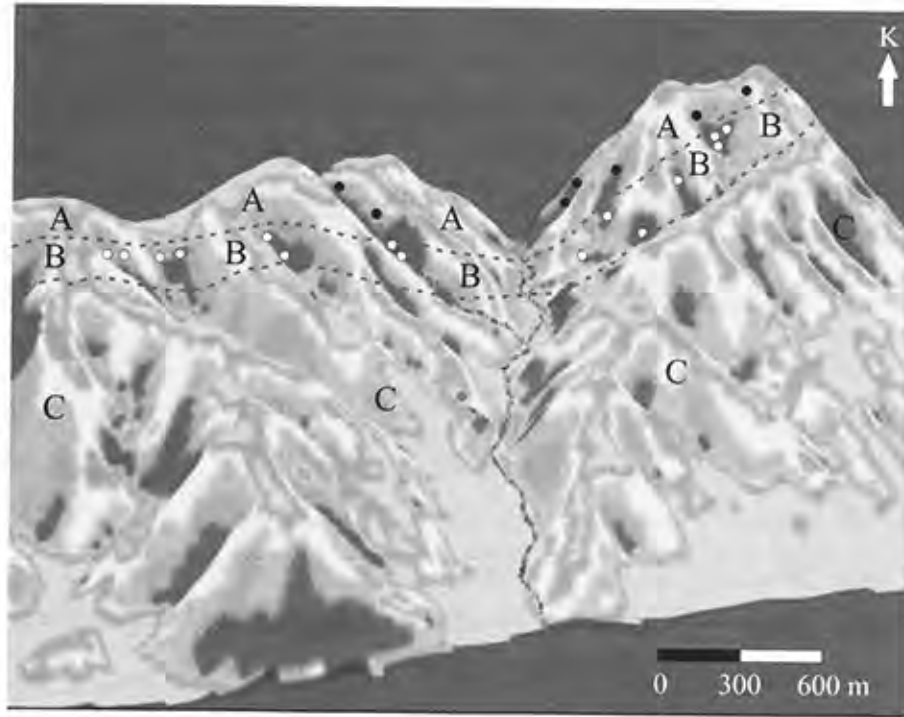
Yapılan saha gözlemlerine göre moloz akmasına kaynak oluşturabilecek alanlar çoğunlukla doğu kanatta bulunmaktadır. Özellikle üst kotlarda, tane boyu genelde iri taneli-blok arasında değişen yamaç molozları gözlenmektedir (Şekil 7a ve 7b). Batı kanatta ise, tane boyu doğu kanada göre daha incedir. Kanal duvarlarının bazı kesimlerinin dik veya dike yakın olması, kohezyonlu malzemeyi de içerdiği şeklinde yorumlanmaktadır (Tucket vd., 2004). Ayrıca, 2003 yangını sonucunda oluşmuş ve yapılan saha ölçümlerine göre 1-10 cm derinliğe sahip ve ayrıntısı bir sonraki bölümde verilecek olan bir hidrofobik zona da rastlanmıştır. Yüzeydeki organik bileşenlerin yanması sonucunda oluşmuş bu zonun altındaki malzeme, üst kotlarda alt kotlara göre daha gevşek olup, çalışma alanında devamlılığa sahiptir. Kan-

4 ile 10 yıl sonra yol açabilmektedir (Gray ve Megahan, 1981; Clayton ve Megahan, 1986; Meyer vd., 2001).

Caddy Kanyonu'nda meydana gelmiş moloz akmasında ise, yukarıda değinilen yangın-heyelan etkileşimlerinden ilkinin daha etkin olabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte, moloz akmasının, 3 Ağustos 2003 tarihindeki aşırı yağışlar (1 saat içinde m^3 'ye yaklaşık 2.2 cm) sonucunda da tetiklenmiş olabileceği, aynı bölgede yapılan bir başka çalışmayla (Finley ve Ercanoğlu, 2005) analitik olarak ortaya konulmuştur. Söz konusu çalışmada, ortam koşullarını yansıtan farklı parametrik değişimlerin içerildiği senaryolar üretilerek, Caddy Kanyonu'nun doğu ve batı yamaçlarında moloz akmasının saha çalışmaları ile belirlenmiş olası başlangıç noktaları ile duraysızlık koşullarının ne şekilde uyum gösterdiği araştırılmıştır. Söz konusu çalışmada, "Arcview 3.2 Spatial Analyst" bilgisayar programı ile uyumlu olarak çalışan ve SAM (Sayısal Arazi Modeli), heyelan başlangıç noktaları (*.shp formatında), bitki kökü ve malzeme kohezyonu, yamaç eğimi ve doygunluk koşullarının girdi parametreleri olarak dikkate alındığı bir bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Duraysızlık indeksinin hesaplanmasında, akışın topoğrafyaya paralel olduğu kabul edilmekte olup, söz konusu yazılım Hammond vd. (1992) tarafından önerilen "Modifiye Edilmiş Sonsuz Şev Modeli"ni temel almaktadır. Yapılan hesaplamalarda, başlangıç noktalarının çoğunda duraysızlık koşulunun sağlandığı ve bu noktaların çoğunlukla çok yüksek ve yüksek duraysızlık indeksine sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 9). Ancak, Şekil 9'da beyaz dairelerle temsil edilen noktalarda, yapılan saha gözlemlerine ve ölçümlerine göre jeolojik ve topoğrafik açıdan moloz akmasının başlaması için uygun koşulların (örneğin; yamaç eğimi, topoğrafik yükseklik, kaynak bölge varlığı vb.) sağlanmış olması ile birlikte, söz konusu noktaların çalışma alanında yaklaşık D-B doğrultusunda devamlılığı olan ve hidrofobik zon kalınlığının en yüksek olduğu (yaklaşık 9-10 cm) B zonunda bulunduğu da belirlenmiştir. Ayrıca, yerel halk ve IFD (Idaho Fire Department) yetkilileri ile yapılan sözlü görüşmelere göre, bu zonun 2003 yangınında yangın şiddetinin en fazla olduğu kesime karşılık geldiği bilgisi de elde edilmiştir. Bu bilgiler ve veriler ışığında, söz konusu geçirimsiz hidrofobik zon aşırı yağış etkisi ile birlikte değerlendirildiğinde, moloz akmasının gelişimi açısından önemli bir etkisinin olabileceği düşünülmektedir. Bu zonun, yağış sırasında geçirimsiz bir seviye etkisi yaratarak, daha üst kotlardan gelen malzemeyi ve yüzey akışını hızlandırdığı, süzülme kapasitesini de azaltarak alt kotlara akışı daha da kolaylaştırdığı ve moloz akmasının gelişiminde etkin bir rol oynamış olabileceği yüksek bir olasılığa sahiptir. Bununla birlikte, söz konusu mekanizmanın gelişiminin daha ayrıntılı analiz ve modellemelerle değerlendirilmesi gerekmektedir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, ABD'nin Idaho eyaletinin güneydoğusunda yer alan Caddy Kanyonu ve civarında, yaklaşık birer ay aralıklarla meydana gelmiş doğal bir yangınla moloz akması türünde gelişmiş bir heyelanın ilişkisi genel hatlarıyla incelenmiştir. Yapılan saha gözlemleri ve değerlendirmeler sonucunda, oluşan hidrofobik zonun heyelan gelişiminde etkin bir rol oynayabileceği, diğer bir ifadeyle, söz konusu bu zonun heyelan mekanizmasında dolaylı bir

**Duraysızlık İndeksi**

- Çok Yüksek
- Yüksek
- Orta
- Düşük
- Çok Düşük
- Duraylı

Hidrofobik Zon Kalınlığı

- A: Orta
- B: Yüksek
- C: Düşük

- : A zonundaki moloz akması başlangıç noktaları
- : B zonundaki moloz akması başlangıç noktaları

Şekil 9. Caddy Kanyonu'ndaki moloz akması başlangıç noktaları ve hidrofobik zon değişimi (Finley ve Ercanoğlu, 2005'den değiştirilerek alınmıştır).

Figure 9. Debris flow initiation points and hydrophobic zone changes in the Caddy Canyon (modified from Finley and Ercanoğlu, 2005).

etkisinin olabileceği, bu etkinin de özellikle yüzey akışının hızlanmasına ve süzülme kapasitesinin azalmasına yol açabileceği düşünülmektedir. Bu olaylarla ilgili olarak daha önceden yapılan analitik çözümler ve elde edilen bilgilerin ışığında, moloz akmasının oluşumunda aşırı yağış ve yangın etkisinin, birbiriyle iç içe geçmiş bir mekanizma halinde geliştiği söylenebilir. Bununla birlikte, özellikle yangın şiddetine bağlı olarak gelişen hidrofobik zon kalınlığının, altta yer alan zeminin fiziksel özelliklerini ne şekilde değiştirdiğinin, geçirimsizlik ve süzülme kapasitesindeki değişimlerin incelenmesinin, yağış verileri kullanılarak yapılabilecek modellemeler gibi hususların dikkate alınmasıyla, söz konusu mekanizmanın daha gerçekçi bir şekilde çözümlenebileceği de göz ardı edilmemelidir.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, makalenin yazım aşamasındaki yardımlarından ötürü Araş. Gör. Ayşegül Turgut ve çalışma alanının havadan görüntülenmesi için yarattıkları uçuş olanağından dolayı da Richard K. Neves (Idaho State University, GIS Training and Research Center) ve Keith T. Weber'e, teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Benavides-Solorio, J., and MacDonald, L.H., 2001. Post-fire runoff and erosion from simulated rainfall on small plots: Colorado Front Range. *Hydrological Processes*, 15, 2931-2952.
- Burgel, W.D., 1986. Structural geology of the Rapid Creek Area Pocatello Range, north of Inkom, SE Idaho. MSc Thesis, Idaho State University, Department of Geology, Pocatello, Idaho, U.S.A., 145 p (yayımlanmamış).
- Cannon, H.S., Kirkham, R.M., and Parise, M., 2001. Wildfire-related debris-flow initiation processes, Storm King Mountain, Colorado. *Geomorphology*, 39, 171-188.
- Clayton, J.L., and Megahan, W.F., 1986. Erosional and chemical denudation rates in the southwestern Idaho batholith. *Earth Surface Processes and Landforms*, 11, 389-400.
- Doerr, S.H., Shakesby, R.A., and Walsh, R.P.D., 2000. Soil water repellency: its causes, characteristics, and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews*, 51 (1-4), 33-65.
- Finley, C., and Ercanoğlu, M., 2005. GIS-based evaluation of Caddy Canyon debris flow and its mechanism. Abstracts of Intermountain GIS User's Conference, Pocatello, Idaho, USA, p. 23.
- Gray, D.H., and Megahan, W.F., 1981. Forest vegetation and removal and slope stability in the Idaho batholith. USDA Forest Service Research Paper, INT-271, 23 p.
- Hammond, C., Hall, D., Miller, S., and Swetik, P., 1992. Level I Stability Analysis (LISA) Documentation for Version 2.0 (Modified Infinite Slope Model). General Technical Report INT-285, USDA Forest Service Intermountain Research Station.
- Huffman, E.L., MacDonald, L.H., and Stednick, J.D., 2001. Strength and persistence of fire-induced soil hydrophobicity under ponderosa and lodgepole pine. *Hydrological Processes*, 15, 2877-2892.
- Iverson, R.M., Reid, M.E., and LaHusen, R.G., 1997. Debris-flow mobilization from landslides. *Annual Review Earth Planet Sciences*, 25, 85-138.

- Meyer, G.A., and Pierce, J.L., 2003. Climatic controls on fire-induced sediment pulses in Yellowstone National Park and central Idaho: a long-term perspective. *Forest Ecology and Management*, 178, 89-104.
- Meyer, G.A., Pierce, J.L., Wood, S.H., and Jull, A.J.T., 2001. Fire, storms, and erosional events in the Idaho batholith. *Hydrological Processes*, 15, 3025-3038.
- NIFC (National Interagency Fire Center), 2001. URL: <http://www.nifc.gov>, (erişim: 16.04.2005).
- Tucket, T., Beard, J., Fluckiger, H., Rizvi, H., Woodcock, P., and Mahar, J.W., 2004. Caddy Canyon erosion debris flow and abatement. *Proceedings of the 39 th Annual Symposium on Engineering Geology and Geotechnical Engineering*, M. MacLaughlin and R. McNearney (eds.), Montana Tech University, Butte, Montana, USA, pp. 109-119.
- USFS (United States Forest Service), 2001. URL: <http://www.fs.fed.us/r4/sc>, (erişim: 16.04.2005).
- Varnes, D.J., 1978. Slope movement types and processes. In: *Landslides Analysis and Control*, R.L. Schuster and R.J. Krizek (eds.), Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report, No.176, 12-33.
- Wells, W.G., 1987. The effects of fire on the generation of debris flows in southern California. *Proceedings of the Geological Society of America Reviews of Engineering Geology Symposium*, J.E. Costa and G.F.Z. Wiczorek (eds.), pp. 105-114.
- Wondzell, S.M., and King, J.G., 2003. Postfire erosional processes in the Pacific Northwest and Rocky Mountain regions. *Forest Ecology and Management*, 178, 75-87.

8 EKİM 2005 KAŞMİR DEPREMİNİN NEDEN OLDUĞU KUVVETLİ YER HAREKETLERİ, ZEMİN SIVILAŞMASI VE ŞEV DURAYSIZLIKLARI İLE BUNLARIN YERLEŞİMLERE VE YAPILARA ETKİLERİ

Strong Motions, Ground Liquefaction and Slope Instabilities Caused by the Kashmir Earthquake of October 8, 2005 and Their Effects on Settlements and Buildings

Ömer AYDAN

Tokai University, Department of Marine Civil Engineering, Shizuoka, Japan

ÖZ

8 Ekim 2005'de Pakistan'ın Kaşmir bölgesinde meydana gelen deprem çok büyük hasarlara ve can kaybına neden olmuştur. Bu deprem sırasında yüzey kırıkları oluşmamakla birlikte, geniş bir alanda şev duraysızlıkları meydana gelmiştir. Kaşmir bölgesi oldukça dağlık olup, yerleşimlerin büyük bir çoğunluğu yamaçlarda kuruludur. Yapı ve binalarda çok fazla yıkılma ve hasar oluşmuştur. Özellikle şev duraysızlıkları deprem fayının yüzeyel izdüşümü boyunca bozunmaya uğramış şeyl ve faylanma nedeni ile ezilmiş dolomitik kireçtaşı birimlerinde görülmüştür. Kaşmir depreminin neden olduğu şev duraysızlıkları zemin türü şev yenilmeleri, bozunmuş veya ezilmiş kütlelerde yüzeysel kaymalar ve kaya şev duraysızlıkları olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmada, depremin neden olduğu kuvvetli yer hareketleri, zemin sıvılaşması ve şev duraysızlıkları ile buzulların oluşturduğu vadilerdeki yamaçlar üzerine kurulmuş yerleşimlerdeki yapılara olan etkileri üzerinde durulmuştur. Bunun yanı sıra, depremlerin dağlık ve yamaçlar üzerine kurulmuş yerleşimler üzerindeki etkileri yerleşimi açısından değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaşmir depremi, şev duraysızlığı, yerleşim, yerleşimi.

ABSTRACT

On October 8, 2005, a large devastating earthquake occurred in the Kashmir region of Pakistan. Although there was no distinct surface rupture as a result of the faulting, intense ground motions, ground liquefaction and extensive slope failures were observed along the expected surface trace of the causative fault. The Kashmir earthquake particularly caused extensive damage to housing and structures founded on sloping soil deposits. Furthermore, many slope failures associated with weathered shale and intensely sheared dolomitic limestone occurred along the presumed surface trace of the earthquake fault. Slope failures caused by the Kashmir earthquake of October 8, 2005 may be classified into three categories, namely, soil slope failures, weathered and/or sheared rock slope failures, and rock slope failures. In this study, strong ground motions, liquefaction and various kinds of slope

failures are investigated and their effects on settlements and structures in mountainous area are explained. Furthermore, the effects of the earthquakes on site selection in mountainous areas are also discussed.

Key Words: Kashmir earthquake, slope instability, settlement, site selection.

1. GİRİŞ

Pakistan'ın Kaşmir bölgesinde moment büyüklüğü 7.6 ve ağır can ve mal kaybına neden olan deprem 8 Ekim 2005'te meydana gelmiştir (Şekil 1). Depremin derinliği 10-16 km olup, yaklaşık 80000 kişinin ölümüne neden olmuştur. Hindistan'nın denemitindeki Kaşmir bölgesinde de 2000 kişi yaşamını yitirmiştir. Depremin oluşumu Hindistan levhasının Avrasya levhası ile çarpışması ve Avrasya'nın altına dalmasına bağlanmaktadır. Depremin



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Tarihler araştırmanın yapıldığı günleri göstermektedir).

Figure 1. Location map of the investigated area (Dates indicate the days when the investigation has been made).

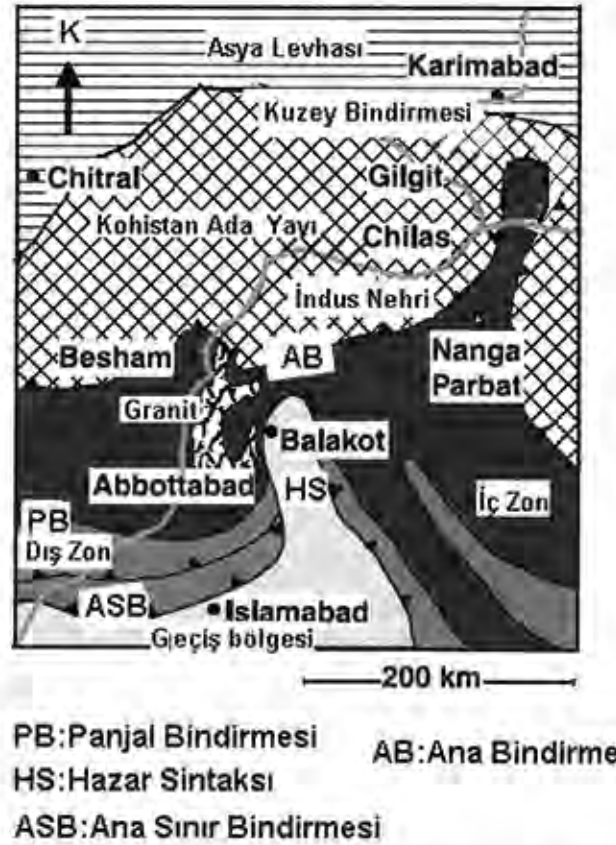
faylanma mekanizması bindirme türüdür. Depremin odak derinliği sığ olmasına rağmen, bu deprem sırasında belirgin yüzey kırığı gelişmemiştir. Ancak depremi üreten fayın yüzeysel izdüşümü üzerinde bulunan Muzaffarabad kenti ile Balakot kasabası ve civar köylerde çok büyük hasar ve can kaybı meydana gelmiştir. Deprem fayı yaklaşık 70-90 km olup, yüzeysel izdüşümü Bagh-Muzaffarabad-Balakot çizgisini izlemektedir. Depremi dış merkezi yakınında ivme kaydı olmamasına rağmen, çok yüksek kuvvetli bir yer hareketinin meydana geldiği yıkılan yapılardan tahmin edilmektedir. Vadi tabanları geçmişteki buzullaşmanın neden olduğu çok iri kaya parçalarını içeren çökellerden oluşmakta ve çok hızlı akan Jhelum Nehri ile bunun kolları olan Neelum ve Kunhar nehirleri bu çökelleri yararlanak eğimi çok dik şevler oluşturmuştur. Muzaffarabad kenti ile Balakot kasabaları nehirlerin birleşme yerlerinde kurulmuş olmakla birlikte, yerleşimlerin çoğunluğu yüksek eğimli yamaçlar üzerindedir. Bu yamaçlar, depremin oluşturduğu sarsıntılar nedeniyle hareketlenmiş ve geniş bir alanda şev duraysızlıkları gözlenmiştir. Şev duraysızlıklarının yapı ve yollarda büyük hasarlara neden olmasının yanı sıra, Hattian kasabası yakınlarında uzunluğu 1.5 km ve genişliği 1 km olan büyük bir kaya şevi duraysızlığı meydana gelmiştir. Bu şev duraysızlığı nehrin akışını engellemiş ve yüksekliği 150 m olan bir doğal baraj oluşmuştur.

Yazar, depremden yaklaşık 40 gün sonra depremin etkilediği bölgeyi Japon İnşaat Mühendisleri Odasının (JSCE) inceleme ve destek ekibinin bir üyesi olarak incelemiş ve aynı bölgeyi Ocak ayı içersinde ikinci kez ziyaret etmiştir. Bu yazıda; depremin oluşturduğu kuvvetli yer hareketleri, zemin sıvılaşması ve şev duraysızlıkları ile bunların yapılara olan etkileri sunulmuş ve tartışılmıştır.

2. BÖLGENİN JEOLJİSİ VE DEPREMİN ÖZELLİKLERİ

2.1. Jeoloji

Pakistanın kuzeyi, tektonik açıdan 3 farklı bölgeden oluşur (Najman vd., 2002; Şekil 2). Bunlar; kuzeyde Asya levhası, güneyde Hindistan levhası ve iki levha arasına sıkışmış Kohistan ada yayıdır. Hindistan levhası yine kendi içinde metamorfizmaya uğramış iç zon, metamorfizmaya uğramamış dış zon ve geçiş (ön alan) bölgesi formasyonlarından oluşur. Deprem alanını örten kuzeye doğru eğimli Balakot formasyonu yaklaşık 8 km kalınlıkta olup, Hazara-Kaşmir Sintaksisiçinde kalır. Bu formasyon oldukça bükümlü olup, Paleosen'e ait sığ deniz Patala formasyonu ile Lockhart kireçtaşıını örter. Patala ve Lockhart formasyonları ise Kambriyen yaşlı Abbotabad formasyonunu uyumsuz olarak üzerlerler. Bu formasyonlar Muzaffarabad antiklinalinin başlıca formasyonlarını oluşturur. Balakot formasyonu; alttaki Patala formasyonu ile birlikte kıvrımlanmış olup, Lockhart kireçtaşı üzerinde bindirme şeklinde gözlenir.



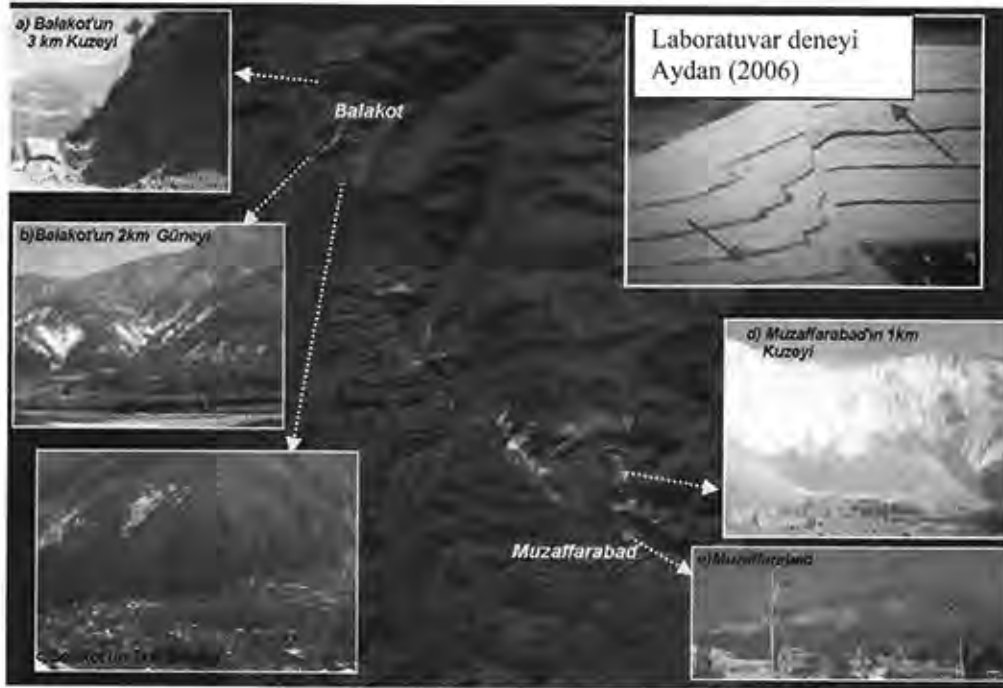
Şekil 2. Kaşmir bölgesinin jeolojisi (Najman vd. (2002)'den değiştirilerek).

Figure 2. Geology of the Kashmir region (modified from Najman et al. (2002))

2.2. Faylanma

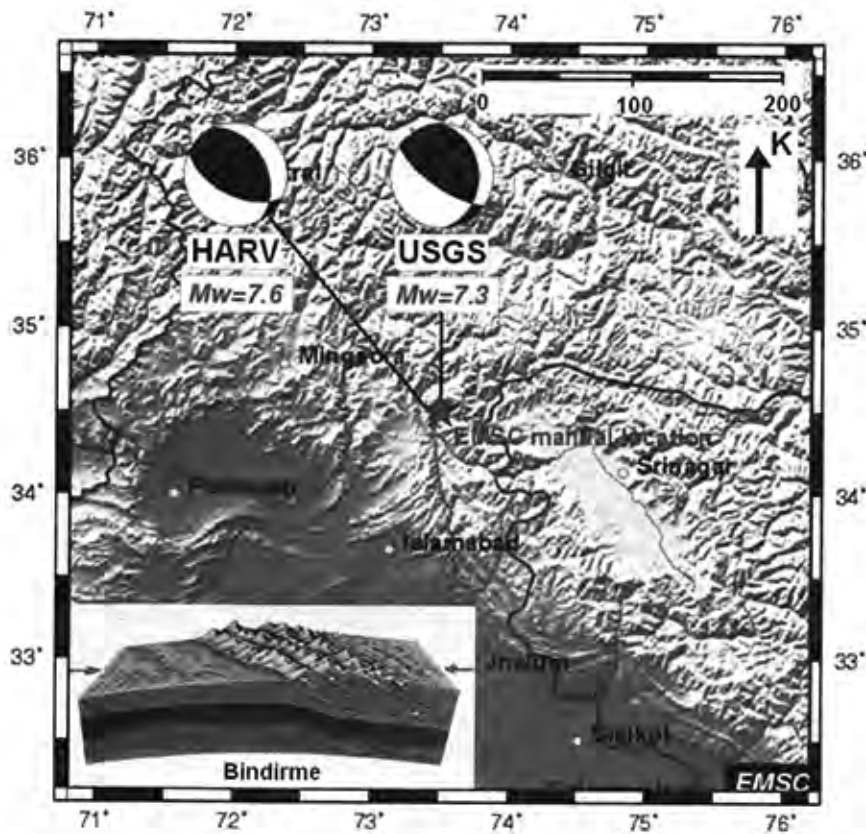
Depreme neden olan fayın yeryüzündeki tahmini çizgisi KB'dan GD'a doğru Balakot kasabası, Muzaffarabad kenti ve Jhelum vadisini izlemektedir. Bu çizgi boyunca birçok şev duraysızlığı meydana gelmiş ve hiçbir yerde yüzey kırığı gözlenmemiştir. Özellikle vadinin KD veya doğusunda şev duraysızlıkları oldukça yoğundur. Bunların içinde özellikle kalınlığı 100 metreyi aşan dolomitik kireçtaşı yüzey şev duraysızlıkları izlenmektedir (Şekil 3). Aynı şekilde, laboratuvar faylanma model deneylerinde bindirme türü faylanmalarda kohezyonsuz zeminlerde görülen normal faylanma veya şev kayması olarak yorumlanabilecek durumlar da gözlenmiştir. Model deneylere göre muhtemel fay çizgisi boyunca gözlenen şev duraysızlıkları bindirme türü bir hareketin ürünü olarak değerlendirilebilir.

Değişik kurumların (örneğin Harvard, 2005; USGS, 2005) yapmış oldukları geriye dönük çözümlemelerden faylanma mekanizmasının KB-GD doğrultulu ve KD'ya yaklaşık 29-39 derecelik bir açı ile eğimli bir fay üzerinde meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 1, Şekil 4). Arazi gözlemlerinden, oldukça ezilmiş olan dolomitik kireçtaşı biriminin fayı oluşturduğu düşünülmektedir. Öncül hesaplamalara göre, depremin kırılma süresi 28-33 saniye ve kırılma hızı 2-3 km/s olarak elde belirlenmiştir.



Şekil 3. Deprem bölgesinin uydu görüntüsü ve muhtemel fay çizgisi boyunca şev duraysızlıkları.

Figure 3. Satellite image of the earthquake region and slope instabilities along the inferred fault trace.



Şekil 4. Değişik kurumlara göre depremin oluşum mekanizması.

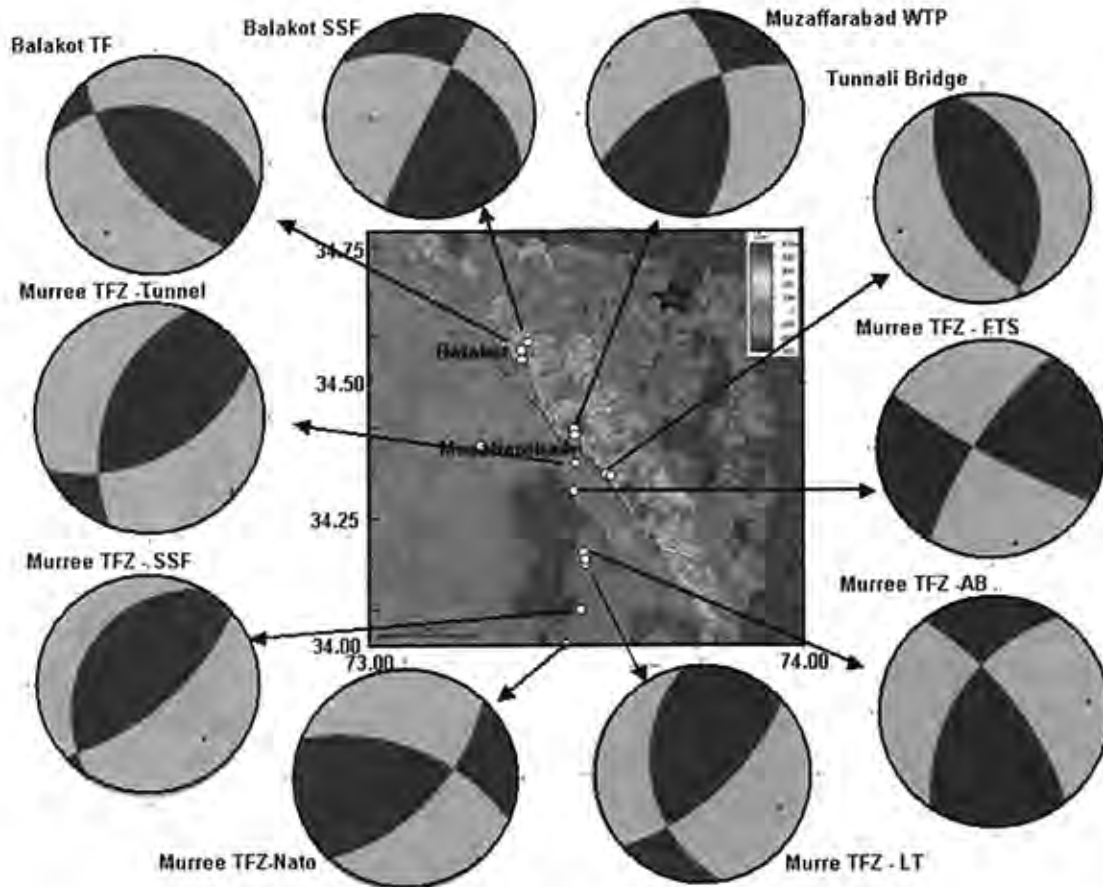
Figure 4. Earthquake mechanism according to different institutions.

Çizelge 1. Çeşitli kurumların elde ettiği depremin faylanma parametreleri

Table 1. Faulting parameters obtained by different seismological institutes

Kurum	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik	Doğrultu	Eğim	Kayma açısı
HARVARD	34.37	73.47	12	$M_w=7.6$	NP1 333°	39°	121°
					NP2 116°	57°	68°
USGS	34.432	73.537	20	$M_w=7.3$	NP1 358°	29°	140°
					NP2 124°	72°	67°

Arazi incelemeleri sırasında değişik yerlerde fayların yönelimleri ve fay çizikleri ölçülmüştür. Bu ölçümlerden elde edilen faylanma mekanizmaları Şekil 5'te gösterilmiştir. Fayın KB ucunda Balakot yakınlarındaki bindirme fayı ile Jhelum vadisinde (Bagh-Muzaffarabad hattı) Tunnali köprüsü yakınında ölçülen faylardan elde edilen faylanma mekanizmaları Şekil 4'te gösterilen, USGS (2005) ve HARVARD (2005) tarafından elde edilmiş faylanma mekanizmaları ile hemen hemen aynıdır.

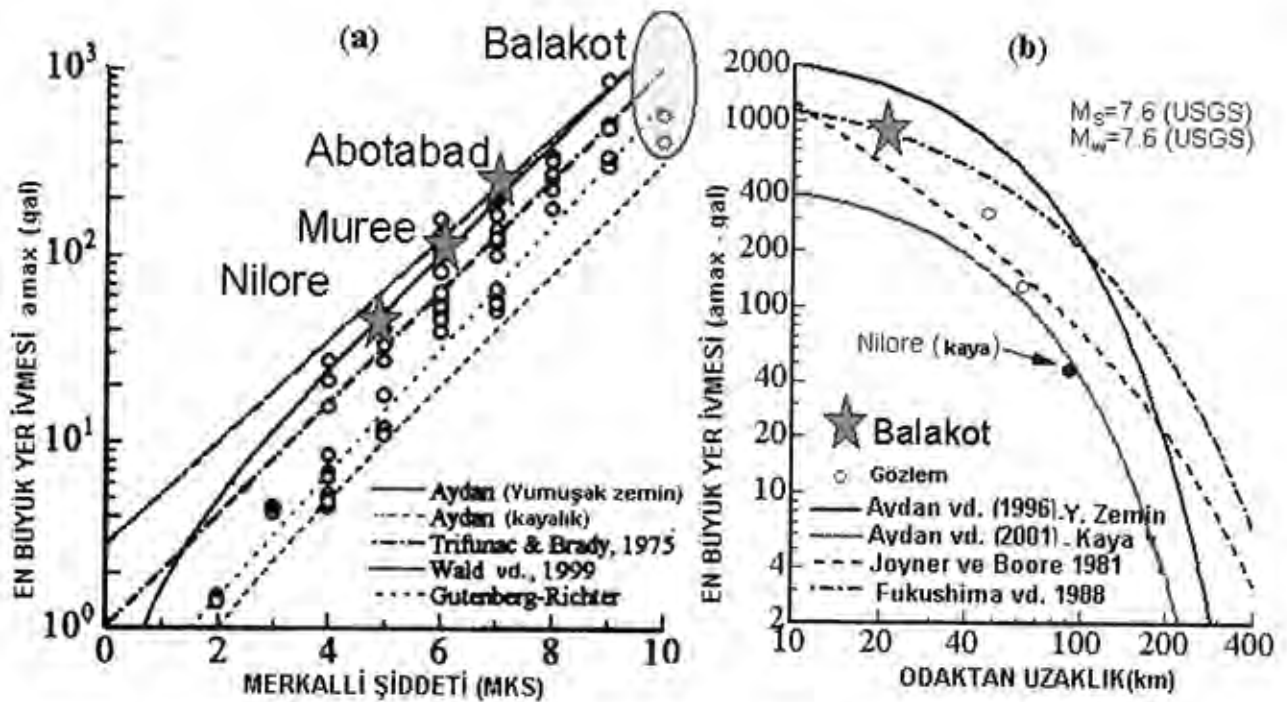


Şekil 5. Depremin etkin olduğu bölgede fay çiziklerinden elde edilen faylanma mekanizması.

Figure 5. Fault plane solutions inferred from fault striations which were measured in the earthquake affected area.

3. KUVVETLİ YER HAREKETLERİ

Pakistan'daki bu depremle ilgili kuvvetli yer hareketleri birkaç farklı kurum tarafından ölçülmüş olmakla birlikte sadece üç istasyondaki kayıtlara erişim mümkündür (Ohkawa, 2005). Merkez üssüne en yakın kayıt fayın taban bloğundaki Abbotabad kentinde alınmış olup, depremin merkez üssünden yaklaşık 48 km uzaklıktadır. Bu istasyondaki ivme spektrumundan hakim salınım süresinin 0.4 ile 1.5 saniye olduğu ve spektrumun bu süreler içinde hemen hemen değişmediği hesaplanmıştır. Diğer istasyonlar, dağın tepesine kurulmuş Murree istasyonu ile kaya üzerine kurulmuş İslamabad kenti yakınlarındaki Nilore istasyonudur. Pakistan Atom Enstitüsü'ndeki bir yetkili tarafından İslamabad kentinde yumuşak zeminde 90 gal civarında bir kayıt alındığı yazara sözlü olarak belirtilmiştir. Başka bir deyişle, İslamabad kentinde yumuşak zeminde zemin büyütme katsayısının 3 olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 6'da, üç istasyonda alınan kayıtlardaki en yüksek yer ivmesi (a_{max}) ile MKS arasında ilişki mevcut azalım ilişkileri ile karşılaştırılmıştır. Aynı şekilde, en büyük hasarın meydana geldiği Balakot kasabasında bir minibüsün devrilmesinden tahmin edilen ivme değeri de gösterilmiştir. Şekil 6'dan görüleceği üzere, depremin merkez üssündeki ivme değeri 981 galı aşmaktadır. Balakot'taki ivme değerinin bu kadar yüksek olması, fayın tavan bloğunda ve sonladığı kuzey ucuna yakın olması ile ilişkilendirilebilir. Bir başka deyişle, bu durumun yer hareketlerinde faylanma ve ilerleme yönü oldukça büyük yer sarsıntılarına neden olduğu şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 6. En büyük ivme ile MKS ve odaktan uzaklık ilişkileri (Aydan, 2006'dan): (a) a_{max} ve MKS ilişkisi; (b) a_{max} 'ın uzaklıkla azalımı.

Figure 6. Relationships between acceleration and MKS and hypocentral distance (after Aydan, 2006): (a) a_{max} vs. MKS, (b) a_{max} vs. hypocentral distance

Şekil 7 fayın yönünü, taban ve tavan bloğu ile zeminin özelliklerini dikkate alarak yazar tarafından geliştirilmiş bir ilişkiye göre hesaplanan eşdeğer ivme değerlerinin dağılımını göstermektedir. Depremi merkez üssünde yumuşak zeminde ($V_s=150\text{m/s}$) en büyük yer ivmesi 1786 gal olarak hesaplanmıştır. Bu değer, 2004'te bindirme türü bir faylanma sonucu meydana gelen Niigata Chuetsu depreminde (Japonya) Ojiya ve Tokamachi kentlerinde kaydedilen ivmeler gözönüne alındığında, oldukça makul bir değerdir. Sert zeminlerde veya kayalık alanlarda yumuşak zemin için hesaplanan ivme değerlerin 1/3 ile 1/5 arasında olması beklenir. Aynı harita üzerinde fayın muhtemel yeryüzeyi izdüşümü de gösterilmiştir.

Yerin en büyük ivme değerlerinin yanı sıra, en büyük hız değerleri üzerinde de bir değerlendirme yapılmıştır (Aydan, 2006) (Çizelge 2). Bu değerlendirme, devrilen minibüs ve Balakot'taki köprü tabliyesinin yerdeğiştirmesinden en az 300 kine'lık bir yer hızının Balakot kasabasından gözlenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bölgedeki buzul çökellerinin oluşturduğu şevlerin duraysızlığı için Abbotabad kentindeki ivme kaydının belirli bir katsayı ile çarpılarak elde edilen kayıt kullanıldığında yer ivmesinin Muzafarabad kentinde en az 1280 gal, yer hızının 290 kine ve yer hareketinin 500 cm olması gerektiği hesaplanmıştır.



Şekil 7. Eşdeğer en büyük ivme değerlerinin dağılımı (Aydan 2006'dan).

Figure 7. Distribution of the values of maximum horizontal acceleration.

Hesaplanan bu değerler, deprem merkez üssüne yakın bölgede Dünyada eşine pek az rastlanan kuvvetli bir yer hareketinin oluştuğuna işaret etmektedir.

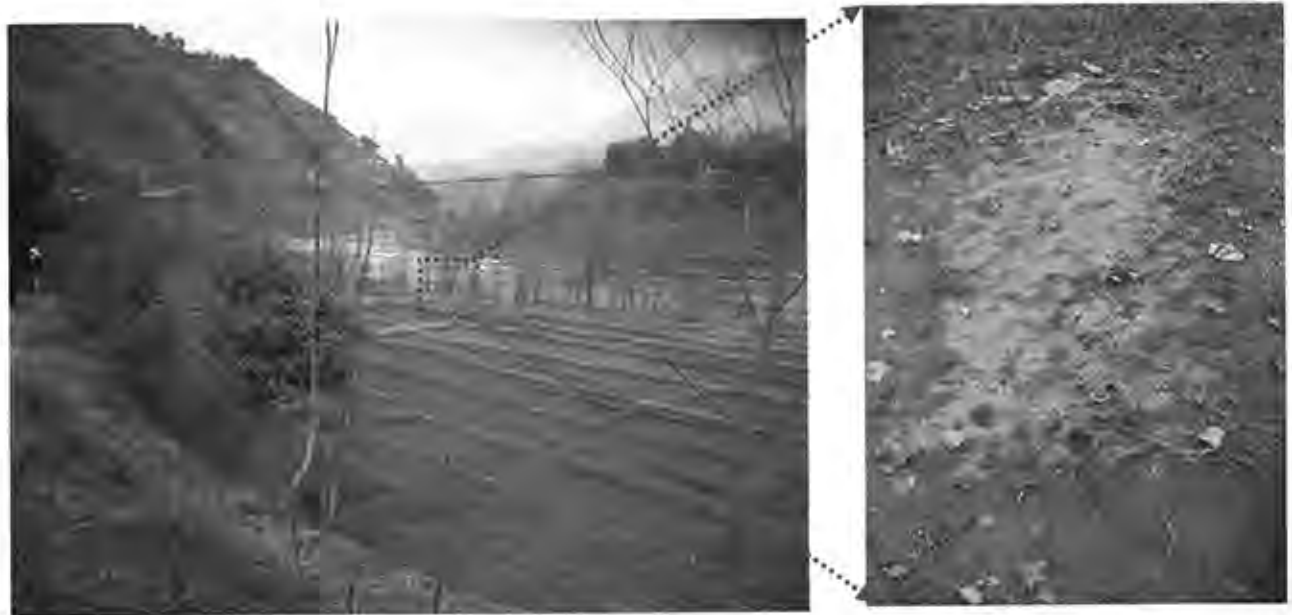
Çizelge 2. Balakot kasabası için tahmin edilen a_{max} ve v_{max} değerleri

Table 2. Inferred values of a_{max} and v_{max} for Balakot town.

Yöntem	a_{max} (gal)	v_{max} (kine)
Blok kayma modeli	$>0.7G$	280-340
Blok devrilme modeli	$>0.9G$	330-390
Şev yenilme modeli (Aydan, 2006)	>1280	>289

4. ZEMİN SIVILAŞMASI

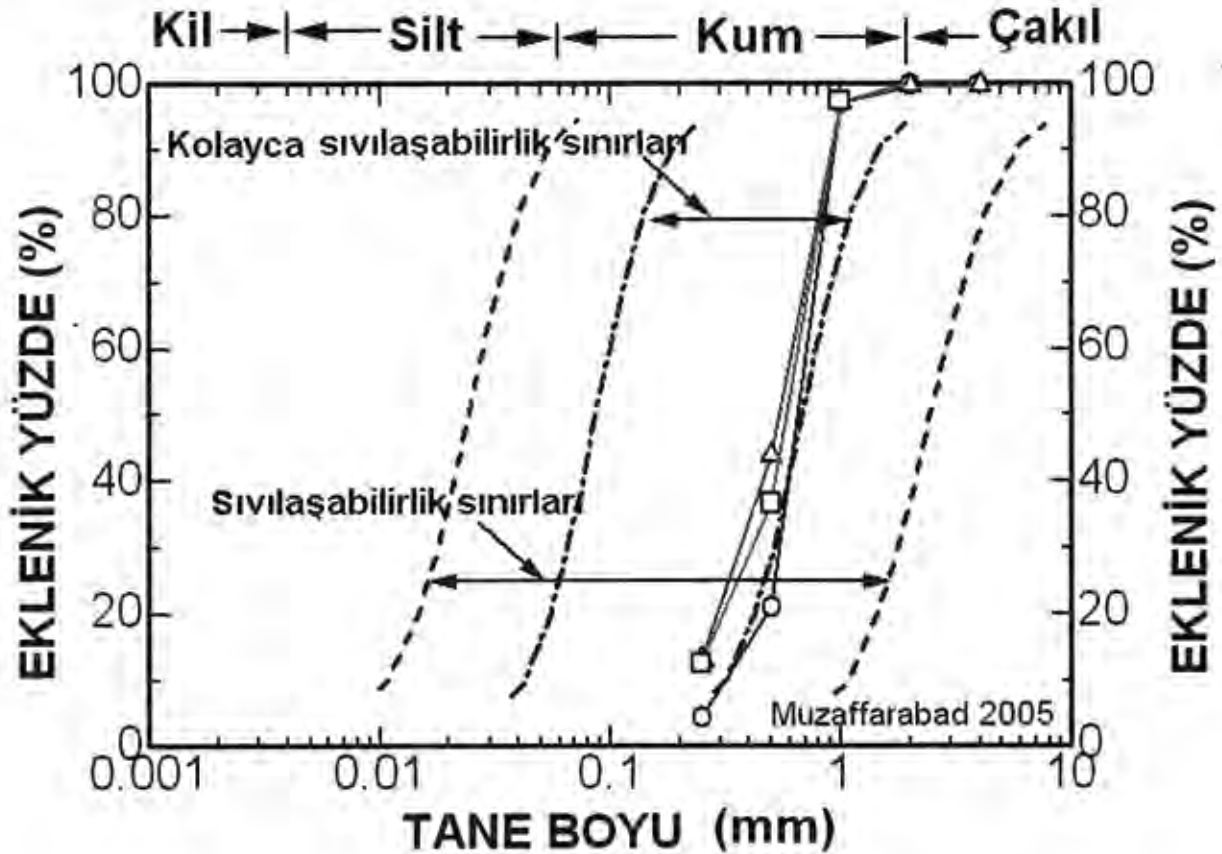
Zemin sıvılaşması, yazar tarafından Jhelum vadisi boyunca merkez üssüne uzaklığı 12 ve 16 km olan iki yerde gözlemiştir. Merkez üssü uzaklığı 16 km olan noktada Jhelum Nehri KB'dan KD'a dönüş yaptığı yerde uzunluğu 100 m ve genişliği 50 m bir alanı kapsayacak şekilde nehre doğru toplam 120-160 cm'lik bir yanıl yayılmaya neden olmuştur. Yanıl yayılma nehrin akışına paralel yönde üst kısmında açılma çatlakları oluşturmuş ve nehre yakın topuk kısmında ise kum fişkirmaları ve topuk kabarması meydana gelmiştir (Şekil 8). Topukta meydana gelen kum fişkirmalarından alınan örneklerin tane boyutları sıvılaşabilirlik sınır eğrileri ile birlikte Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, örneklerin tane boyu dağılımı kolayca sıvılaşabilir zeminler için verilen sınırlar içine düşmektedir. Ya-



Şekil 8: Merkez üssünden 16 km uzaklıkta oluşan yanıl yayılma ile topuktaki kum fişkirması.

Figure 8. Lateral spreading and sand boiling occurred 16 km away from the epicentre.

zar tarafından doğrudan gözlenmemekle birlikte, Hindistan yönetimindeki Kaşmir bölgesinde sivilaşma olgusunun gözlemlendiğine ilişkin raporlara rastlanmıştır. Eğer bu raporların yorumu doğru ise odaktan 90 km uzaklıkta sivilaşmalar meydana gelmiştir. Bu değer, Aydan vd. (1998, 2000a, 2000b) tarafından Türkiye depremleri için önerilmiş sivilaşma – odak uzaklığı üst sınır ilişkisinden elde edilen değere yakındır. Nehir yataklarında sivilaşma görülmekle birlikte, söz konusu alanlarda yerleşim olmadığı için, yapısal hasarlar üzerinde sivilaşmanın bu depremde etkisi olmamıştır.



Şekil 9: Sivilaşan malzemenin tane boyu dağılımı eğrileri.

Figure 9. Grain size distribution curves of the liquefied soil.

5. ŞEV DURAYSIZLIKLARI

2005 Kaşmir depreminin en büyük özelliklerinden biri de çok geniş bir alanda şev duraysızlıklarının meydana gelmesidir. Muzaffarabad kenti ve Balakot kasabası gibi birçok yerleşim yerinde buzul çökellerinin oluşturduğu zemin şevlerinin duraysızlığı ve hareketlenmesi sonucu binalar ve mühendislik yapıları büyük hasar görmüştür. Neelum, Jhelum ve Kunhar vadilerinde çok sayıda şev duraysızlığı meydana gelmiş ve bu duraysızlıklar zaman zaman nehirlerin akışını engellemiştir. Bunun yanı sıra, makaslanmış dolomitik kireçtaşının oluşturduğu şevlerde faylanma sonucu büyük ölçekte yüzeysel yenilmeler meydana gelmiştir. Kaşmir depreminin neden olduğu duraysızlıklar zeminlerde şev duraysızlığı, bozunmuş

veya ezilmiş kayalarda yüzeysel duraysızlık ve kaya şev duraysızlığı olmak üzere 3 ana sınıfa ayrılabilir.

5.1. Zemin Türü Malzemelerde Şev Duraysızlıkları

Toprak türü zeminlerde en çok karşılaşılan duraysızlıklar düzlemsel veya dairesel kaymadır. Dairesel kaymalar çoğunlukla çökel kütlenin oldukça kalınlaştığı yerlerde gözlenmiştir (Şekil 10). Toprak zemin türü şevlerin büyük bir kısmı buzul çökellerinden oluşmakta (Şekil 11) ve büyük kaya bloklarını içermektedir. Bunun yanı sıra, şeylin bozunması sonucu oluşan malzemeyi içeren şevlerde de duraysızlıklar gözlenmiştir. Balakot ve Muzaffarabad'ta konglomeratik malzemeden oluşan yamaçlarda eğimin oldukça dik ($60-80^\circ$) olması ve yamaç yüksekliklerinin genellikle 10 m'yi aşmasından dolayı, Şekil 10'da görüldüğü gibi, şev duraysızlığı meydana gelmiştir. Bu duraysızlıklar, kısmen açılma çatlakları ile düzlemsel veya dairesel bir kayma yüzeyini içermektedir. Duraysızlık sonrası bu yamaçların eğimi yaklaşık $40-45^\circ$ olup, bu değer yamaçları oluşturan malzemenin en azından kalıcı sürtünme açısına karşılık gelmesi gerekmektedir. Buzul çökellerinden oluşan yamaç malzemesi, boyutları zaman zaman 100 cm'yi aşan kaya bloklarını içermektedir (Şekil 12). Şev malzemesinin kohezyonunun belirlenmesi için iğne batırma deneyleri Balakot ve Muzaffarabad'taki bu tür şevlerde yapılmış ve sürtünme açısının 40° olduğu varsayılarak kohezyonun 60-100 kPa arasında değişebileceği saptanmıştır. Kohezyonun hesaplanmasında iğne batırma deney indeksi ile tek eksenli sıkışma dayanımı arasındaki görgül ilişki ile tek eksenli sıkışma dayanımı ve kohezyon arasındaki Mohr-Coulomb ilişkiden yararlanılmıştır.

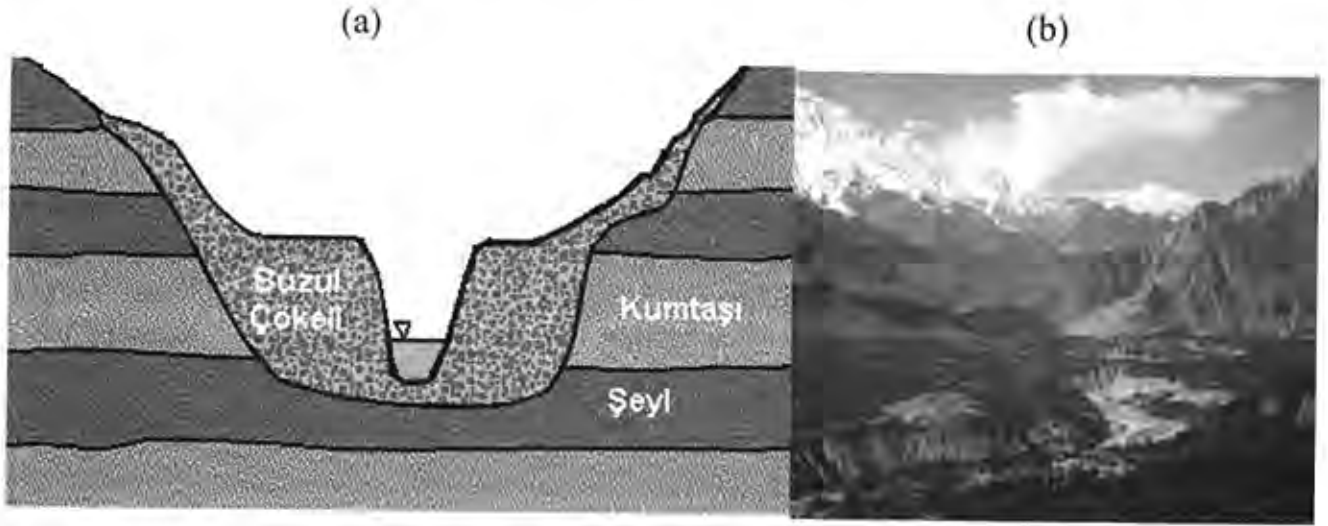


Şekil 10. Muzaffarabad ve Balakot'ta şev duraysızlıklarına tipik bazı örnekler.

Figure 10. Typical examples from slope instabilities occurred at Muzaffarabad and Balakot.

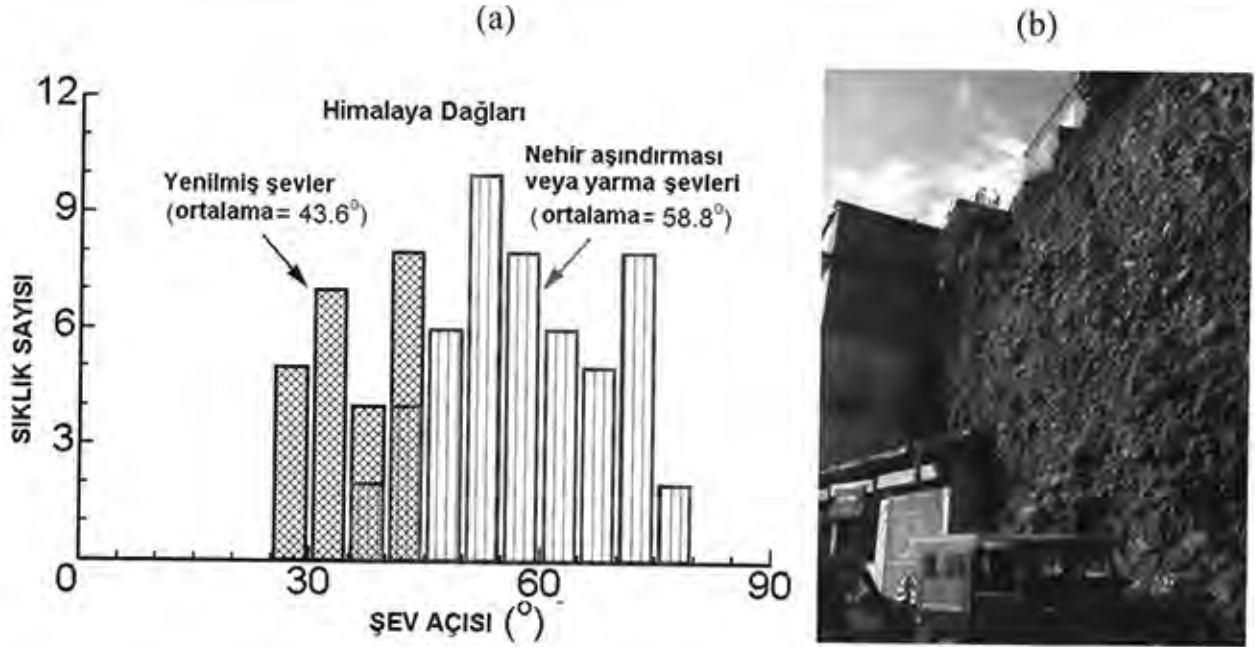
5.2. Kaya Şevleri

Deprem bölgesindeki kaya birimleri şist, kumtaşı, şeyl ve dolomitik kireçtaşıdan oluşmaktadır. Özellikle Balakot formasyonunu oluşturan şeyl bozunmaya yatkın olup, bozunmuş kütlenin kalınlığı 2-5m arasında değişmektedir. Diğer yandan, fay zonunu oluşturan dolomi-



Şekil 11. (a) Buzul çökellerinde dik yamaçların oluşumu ve b) Kaşmir'den bir örnek.

Figure 11. (a) Formation of steep slopes in glacial deposits and (b) an example from Kashmir.



Şekil 12. (a) Buzul çökellerinden oluşan yamaçlarda şev açısı ve sıklık sayısı ilişkisi ile (b) Muzaffarabad'tan bir örnek.

Figure 12. (a) Relationship between the slope angle and frequency in natural slopes of glacial deposits and (b) an example from Muzaffarabad

tik kireçtaşı oldukça kırıklı ve eziktir. Uydu görüntülerinden de açıkça gözlenen beyaz yerler (Şekil 3) bu tür kayada oluşan yüzeysel kaymalara karşılık gelmektedir (Şekil 13a).

Granitin dışında hemen hemen bütün kaya birimleri devamlılığı yüksek bir süreksizlik takımı içermektedir. Bu süreksizlik takımı; çökel kayalarda tabakalanma, metamorfik kayalarda

ise şistozite yüzeyine karşılık gelmektedir. Çökel kayalar kıvrımlanmaya maruz kaldıkları için, birkaç eklem takımı da gözlenmektedir. Kaya şev duraysızlıkları düzlemsel veya kama tipi kayma, eğilme veya blok devrilmesi şeklinde gelişmiştir. Tabakaların eğimi 30 ile 65° arasında değişmektedir. Dolayısıyla şevler, çok az bir sarsıntı ve/veya yoğun yağış sonucu düzlemsel kaymaya karşı oldukça duyarlıdır. Birçok kaya düşmesi, sarsıntı sonucu özellikle kumtaşı birimlerinde blok devrilmesinden kaynaklanmıştır. Bunun yanı sıra, yol yarmalarının oldukça dik şekilde açılmasından dolayı kumtaşı ve şeyl aralanmalarında eğilme türü devrilme de meydana gelmiştir (Şekil 13b). Deprem sırasında en büyük şev duraysızlığı Hattian yakınlarında gözlenmiştir (Şekil 13c). Kayma kama şeklinde olup, kama açısı 100°'dir. Bu kayma; fayın GD ucu yakınlarında olup, uzunluğu 1.5 km ve genişliği 1.0 km olan bir kütlenin hareketi ile sonuçlanmıştır. Kayan kütle vadiyi kapatmış ve yüksekliği 150 m olan bir doğal baraj meydana gelmiştir. Bu doğal barajın duraysızlığa uğraması, bölge için ikinci bir afete neden olabilir.



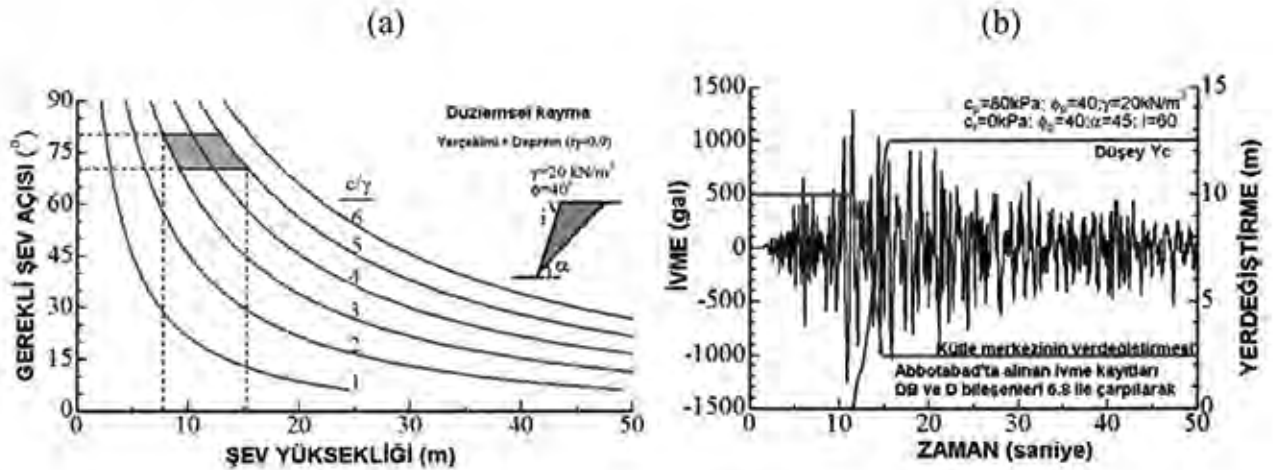
Şekil 13. Değişik yerlerdeki kaya şev duraysızlıkları.

Figure 13. Rock slope instabilities at different locations

6. ŞEV DURAYSIZLIKLARININ JEOTEKNİK AÇIDAN DEĞERLENDİRMESİ

Şev tasarımı şev açısı ile şev yüksekliğinin jeolojik yapıya bağlı olarak seçimi en önemli konudur. Bu amaç için birçok görgül yöntem kullanılmaktadır. Ancak söz konusu yöntemler, jeolojik özellikleri gözönüne almada yetersiz kalabilmektedir. Deprem bölgesi oldukça dağlık olup, büyük can ve mal kaybına neden olabilecek ölçekte şev duraysızlıklarına yatkındır. Bunun yanı sıra, şevler oldukça sarpıdır. Özellikler karayolları için topoğrafya ile jeolojik yapıyı gözönüne alarak şev duraysızlığı sonucu oluşabilecek yol kapanmalarında başka geçiş olanağını sağlayacak yollara gereksinim vardır. Bu yol seçenekleri için köprüler, viyadükler ve tünellerin inşası yararlı olacaktır.

Buzul çökellerinden oluşan ve Balakot ile Muzaffarabad'ta meydana gelen şev duraysızlıkları için düzlemsel kayma modeline göre yapılan analizler Şekil 14'te gösterilmiştir. Kayma yüzeyi açısı, analizlerde güvenlik katsayısının en küçük değeri elde edilecek şekilde iterasyon yapılarak hesaplanmıştır. Analizlerde sürtünme açısı 40° ve kohezyon/birim ağırlık oranı 1 ile 6 arasında değiştirilmiş ve yatay deprem yükü katsayısı 0.9 alınmıştır. Balakot ve Muzaffarabad'ta deprem ivmesi $0.9g$ ve kohezyon/birim ağırlık oranı 3 ile 5 olarak belirlenmiştir. Bu parametrelere göre, şev yüksekliği 7.7 m 'yi aştığında şevin duraysızlığa uğramasının kaçınılmaz olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla yeniden yerleşim ve yer seçiminde şev yüksekliği ve şev açısının gözönüne alınması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, yeniden yapılanma başlamadan önce yerinde malzeme özelliklerinin belirlenmesi yararlı olacaktır. Yapılan dinamik analizden, duraysızlığın oluşabilmesi için Abbotabad'taki ivme kaydının 6.8 ile çarpılması halinde duraysızlığın gelişeceği anlaşılmıştır. Bu değerler, bölüm 3'te verilen değerlerle de uyum içerisindedir.



Şekil 14. (a) Buzul çökellerinden oluşan şevler için duraylılık abağı ve (b) bir dinamik duraylılık analizi.

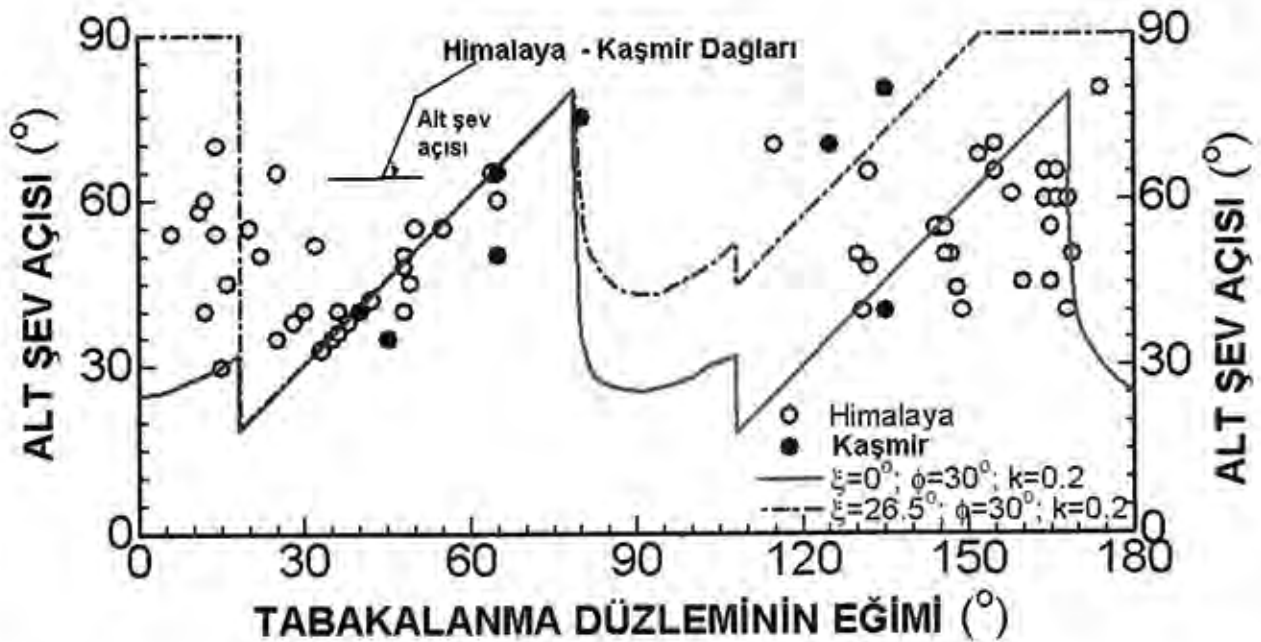
Figure 14. (a) Stability chart for the slopes in glacial deposits and (b) a dynamic stability analysis.

Birçok toprak türü zeminde gelişen ve yüzeysel kaymalar temel kayasını oluşturan kaya kütlelerinin tabakalanma düzleminin eğiminden etkilenmektedir. Bu tür şevler için analizlerde kayma yüzeyi tabakalanma düzlemi ile bozunmuş zemin ara yüzeyi ve bozunmuş zeminin içinde düzlemsel veya dairesel bir makaslama yüzeyi alınarak yapılmalıdır. Bölge gelecekte yine aynı şekilde depremlerden etkileneceği için analizlerde yerçekimi, yağış ve deprem yükleri gözönüne alınmalıdır.

Bilindiği üzere, dağların geometrik şekli büyük ölçüde jeolojik birimlerden ve bunların yapısal özelliklerinden etkilenmektedir. Bölgedeki dağlarda görülen kıvrım eksenleri çoğunlukla

K-G veya KB-GD şeklindedir. Vadiler faylı olup, eksenleri ya antiklinal ya da senklinal eksen doğrultularına paraleldir. Ayrıca bölgedeki dağların şekli büyük ölçüde tabakalanma düzleminin eğiminden etkilenmektedir. Balakot, Muzaffarabad ve Murree ile Neelum ve Jhelum vadilerinde tabakalanma düzlemlerinin yönelimleri ölçülmüştür. Tabaka eğimleri genelde 34 ile 65° arasında değişmekte olup, arazide yapılan eğimlendirme deneylerinden sürtünme açısı 30 - 40° olarak belirlenmiştir.

Himalaya ve Kaşmir bölgeleri için yazarın kendi gözlemleri ile değişik kaynaklardan yararlanarak alt şev açısı ile tabakalanma düzlemi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Şekil 15'de gözlemsel ve dinamik duraylılık analiz sonuçları gösterilmiştir. Şekildeki gözlemsel veriler, bir ölçüde uzun süreli şev tasarımı açısından yararlı olabilir. Deprem bölgesinde şev eğimleri 30 ile 75° arasında değişmektedir. Tabakalanma düzleminin şev dışına eğimli olması halinde şev açısı hemen hemen tabakalanma düzlemine paraleldir. Bu durum, tabakalanma düzlemlerinin kohezyonunun ihmal edilebilecek düzeyde olduğuna işaret etmektedir. Bu tür şevlerin duraysızlığının genelde makaslama yenilmesi veya birleşik makaslama ile kayma yenilmesi şeklinde olacağı düşünülerek gerekli analizler yapılmalıdır. Eğer bu şevlerde yarma yapılırsa düzlemsel kayma şeklinde duraysızlık olasılığı yüksek olacaktır. Bu nedenle, yapılacak yol yarmaları veya genişletmelerde şev açıları tabakalanma düzlemine paralel olacak şekilde tasarlanmalıdır. Aksi takdirde, şevlerin duraylılığı için kaya saplamaları veya ankrajları gerekli olacaktır.



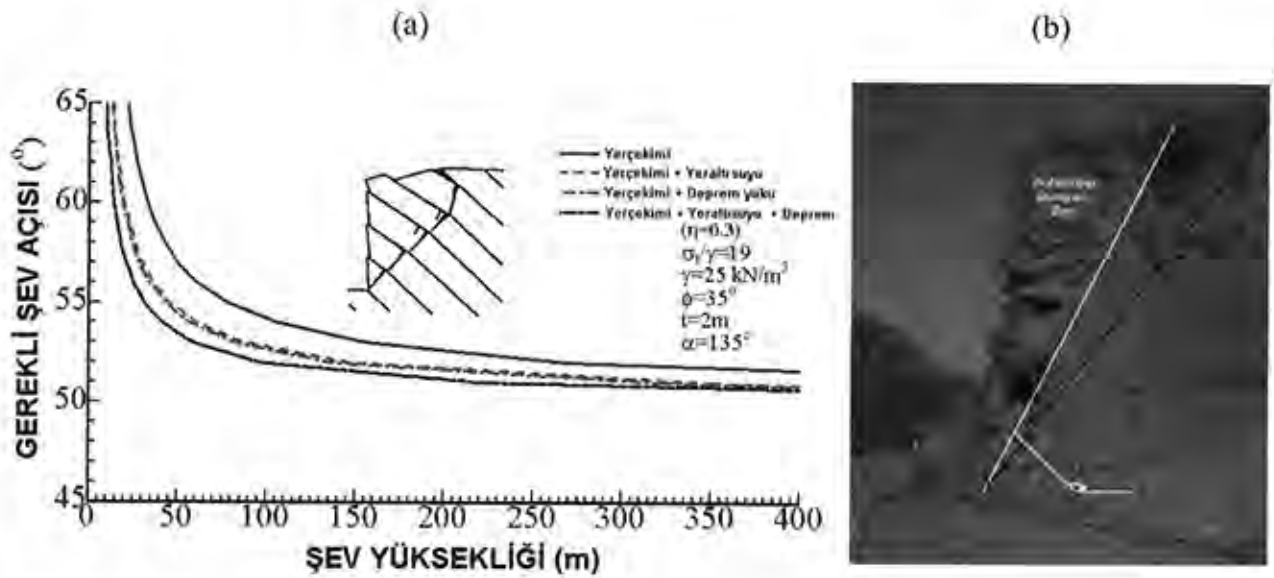
Şekil 15. Himalaya-Kaşmir dağlarındaki doğal şevler için şev açısı ile tabakalanma eğimi arasındaki ilişki.

Figure 15. Relationship between slope angle and dip of bedding for the natural slopes at Himalayan-Kashmir mountains.

Tabakalanma düzlemlerinin yamaç içine doğru eğimli olmaları halinde şevler daha duraylıdır. Bölgede bu tür şevlerin eğimi 40° dolaylarındadır. Yüksek dağların doğal şev açısı (i) ile tabakalanma düzlemi eğimi (α) arasında aşağıdaki gibi bir ilişki geçerli

$$i = \alpha - 90 + \beta \quad (1)$$

Burada; β tabakalanma düzleminin normaline göre kırılma açısıdır. Bu açı, laboratuvar ve arazi gözlemlerine göre genellikle $10-15^\circ$ 'dir. Bölgedeki doğal şevler için β 'nın değeri 10 ve 12° olarak saptanmıştır. Eşitlik (1)'e göre şev açısının belirlenmesi halinde yol yarmalarında herhangi bir destekleme işlemine gerek kalmayacaktır. Şekil 16, eğilme türü devrilme duraysızlığı için yapılmış örnek bir analiz sonucunu göstermektedir.



Şekil 16. (a) Eğilme türü şev duraysızlığı için yapılmış bir örnek analiz ile (b) eşitlik (1) 'e göre kinematik analizin sonucu.

Figure 16. (a) Result of an analysis for buckling failure and (b) result of kinematical analysis.

Hattian kasabası yakınlarında Dana Tepesi mevkiinde kama türü bir şev duraysızlığı meydana gelmiştir. Kaya kütlesi şeyl ve kumtaşından oluşmaktadır. Kayan kütle 1.5 km uzunluğunda ve 1.0 km genişliğinde olup, kayma eksenini senklinalin eksenine ile çakışmıştır. Kama açısı 100° 'dir ve simetrik olmayan bir kama şeklindedir. Eğimlendirme deneylerinden şeylin sürtünme açısının 35° ile 40° arasında değiştiği saptanmıştır. Şekil 17a, eşit açı alt-küre stereografik izdüşüm yöntemi kullanılarak elde edilen kinematik analiz sonucunu göstermektedir. Kuru durumda şevin kaymaya karşı güvenlik katsayısı 1.55'dir. Yatay deprem yükü katsayısının 0.3 olması halinde güvenlik katsayısı 0.9'a düşmektedir. Dolayısıyla bu kaymanın oluşumunda en azından $0.3g$ 'lik bir ivmenin etkidiği anlaşılmaktadır. Bu değer de yapılan diğer değerlendirmelerle uyum içersindedir. Kaymanın nedenini daha ayrıntılı olarak incelemek üzere yapılan analiz sonuçları Şekil 17b'de gösterilmiştir. Analiz sonuçları yerçekim etkisinin yanı sıra, deprem yükü etkisinin de oldukça büyük olduğunu göstermektedir.

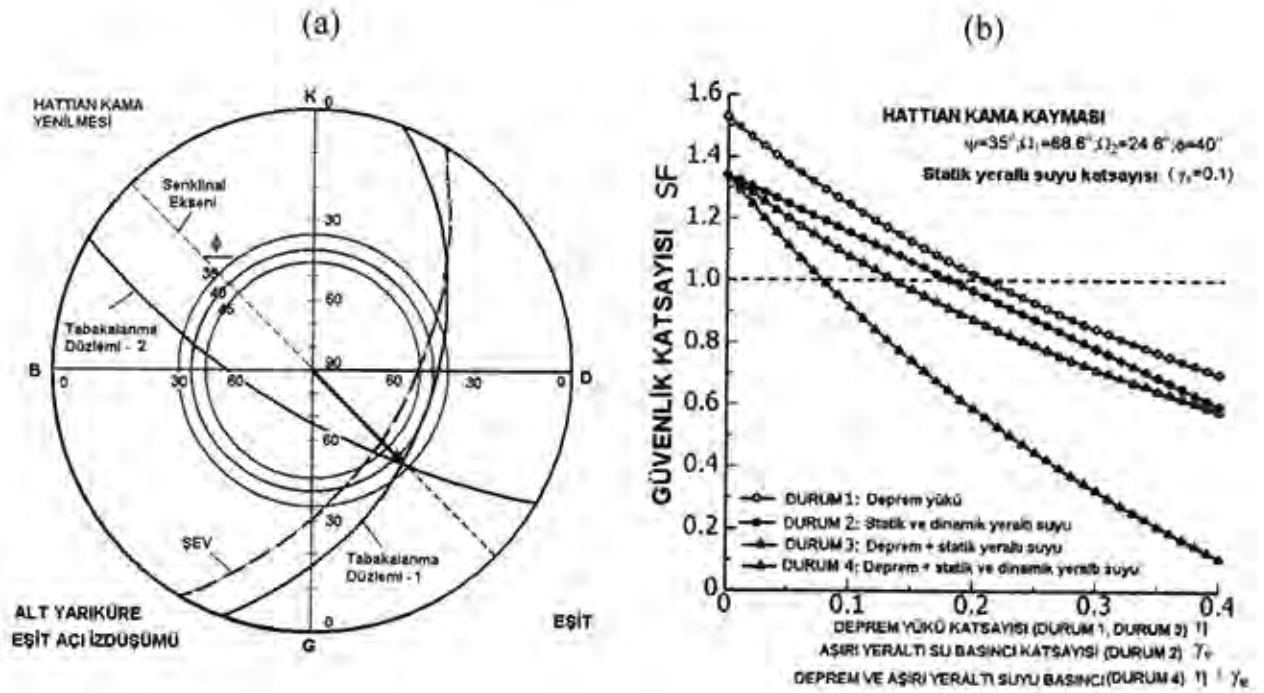
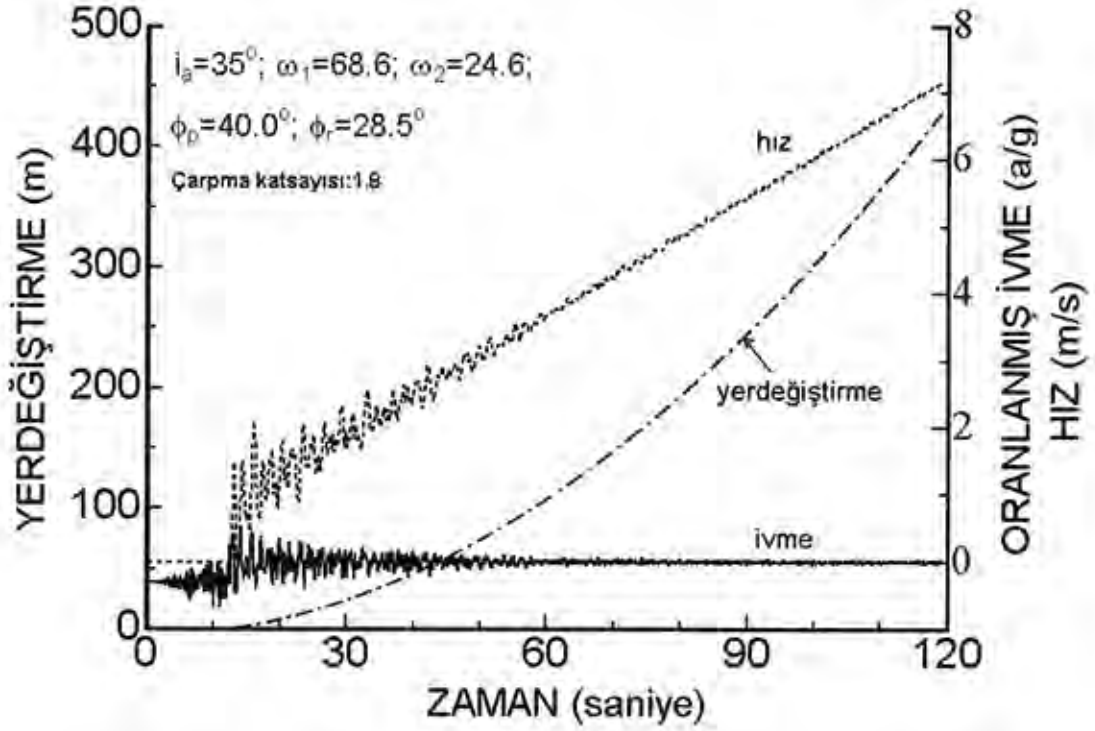


Figure 17. Hattian'daki kama tipi kayma için (a) kinematik ve (b) parametrik duraylılık analizleri.

Figure 17. (a) Kinematical and (b) parametric stability analysis results for the wedge failure at Hattian.

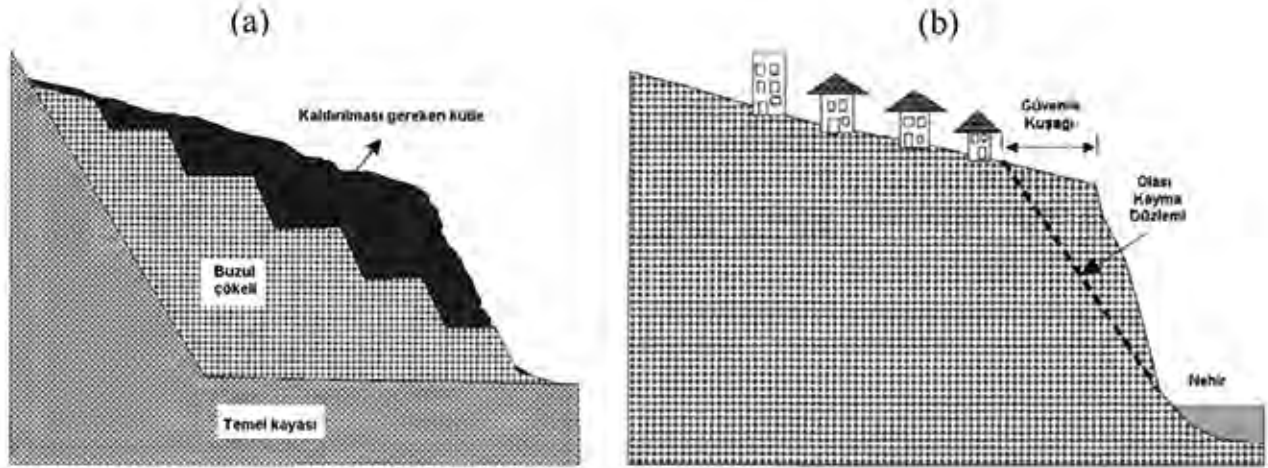
Hattian heyelanının kayma sonrası hız ve yerdeğiştirme değişimini incelemek üzere bir önceki paragrafta açıklanan gerekçe esas alınarak, Abbotabad kentinden alınan kaydın deprem yük katsayısı 0.3 olacak şekilde 1.8 ile çarpılması ile elde edilen kayıt kullanılarak dinamik çözümleme yapılmıştır. Elde edilen dinamik çözümleme sonuçları Şekil 18'de gösterilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan malzeme özellikleri ile kama geometrisi aynı olup, Şekil 17'de verilmiştir. Kaymanın meydana geldiği bölgenin topoğrafik haritası elde edilemediği için kayma yüzeyinin düzlemsel olduğu varsayılmıştır. Kaymanın başlamasından sonra deprem sarsıntısının sonlanmasına rağmen, kayma hızı doğrusal bir şekilde artmaya devam etmektedir. Buna bağlı olarak, kayan kütlenin yedeğiştirme de ikinci dereceden bir üssel fonksiyon şeklinde artmaktadır. Kayma sonrası kütlenin hareketinin sonlandığı durumun modellenmesi için gerçek kayma yüzeyinin şeklinin bilinmesi durumunda daha gerçekçi bir çözüm elde edilecektir. Bununla birlikte, yapılan çözümlemeyle kayma sonrası kayan kütle vadi tabanına çarpmadan önceki hız ve yerdeğiştirme durumunun bu çözümleme ile açıklığa kavuşturulabildiği söylenebilir.

Şev açısı veya şev yüksekliği doğal duraylılık için gerekli boyutları aştığında, şev duraylılığı için destek sistemleri gerekecektir. Bunun yanı sıra, özellikle çökel kayalar kısa sürede bozunmaya uğrayabilirler. Bu durumda kaya bozunmasını engellemek için şev yüzeyi püskürtme beton ile korunmalıdır. En kolay ve uzun süreli çözüm olarak, şev açısının azaltılması uygun olacaktır. Şekil 19a, Muzaffarabad ve Balakot gibi yerleşim bölgelerinde yeniden



Şekil 18. Yenilme sonrası kayan kütlenin hız ve yerdeğiştirme davranışı.

Figure 18. Velocity and displacement responses of the sliding mass after failure.



Şekil 19. Depremden etkilenen bölgenin yeniden yapılaşmasında alınması gereken önlemler: (a) şev açısının azaltılması ve (b) güvenlik kuşağı uygulaması.

Figure 19. Remedies necessary for the rehabilitation of the earthquake affected region: (a) slope flattening and (b) application of safety zone.

yapılaşma için bir öneriyi şekilsel olarak göstermektedir. Şev üstlerinde yerleşime izin verilmesi halinde ve herhangi bir destek sistemi uygulanmıyorsa, yapılaşma ile şev tepesi arasında bir güvenlik kuşağı bırakılmalıdır. Kuşağın genişliği, duraylılık analizlerinde olası kayma yüzeyinin konumunu düşünülerek, Şekil 19b’de gösterildiği gibi belirlenmelidir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 8 Ekim 2005’te meydana gelen Kaşmir depremin neden olduğu şev duraysızlıkları ve buzulların oluşturduğu vadilerdeki yamaçlar üzerine kurulmuş yerleşimlerdeki yapılara olan etkileri sunulmuştur. Ayrıca, depremlerin dağlık ve yamaçlar üzerine kurulmuş yerleşimler üzerindeki etkileri yerseçimi açısından değerlendirilmiştir. Değişik yöntemlerden yararlanılarak hesaplanan kuvvetli yer hareketi değerlerinden, depremin merkez üssüne yakın bölgede Dünyada eşine pek az rastlanan kuvvetli bir yer hareketinin oluştuğuna işaret etmektedir. 2005 Kaşmir depremi, şev duraysızlıklarının yerseçiminde ve yeniden yapılaşmada oldukça önemli olduğunu göstermiştir. Şev duraysızlıkları özellikle, deprem fayının yüzeysel izdüşümü boyunca bozunmaya uğramış şeyl ve faylanma nedeniyle ezilmiş dolomitik kireçtaşı birimlerinde görülmüştür. Şev duraysızlıkları zemin türü şev yenilmeleeri, bozunmuş veya ezilmiş kütlelerde yüzeysel kaymalar ve kaya şevi duraysızlıkları olarak sınıflandırılmıştır. Bu çerçevede deprem bölgesinin yeniden yapılaşmasında aşağıda işaret edilen hususlara ve önerilere dikkat edilmesi yararlı olacaktır.

- 1) Şev duraysızlığı olasılığının yüksek olduğu yerlerde vadilerin her iki tarafı birbirine değişik yerlerde bağlanmalı ve gerekli olan yerlerde tünel ve/veya viyadük inşa edilmelidir.
- 2) Şevler destek sistemleri gerekmeden duraylı olacak şekilde tasarımlanmalı ve topuk aşınması engellenmelidir.
- 3) Şev tasarımı şevin duraysızlık mekanizması ayrıntılı olarak incelenip uygun yöntem kullanılarak yapılmalıdır.
- 4) Dolomitik kireçtaşı kaya biriminden veya iri taş parçaları içeren buzul çökellerinden oluşan şevlerin yakınlarında yapılaşmaya izin verilmemelidir. İzin verilmesi halinde, şev tepesi ile yapılaşma sınırı arasında bir güvenlik zonu oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aydan, Ö., 2006. Geological and seismological aspects of Kashmir Earthquake of October 8, 2005 and a geotechnical evaluation of induced failures of natural and cut slopes. *Journal of School of Marine Science and Technology, Tokai University*, 4(1), 25-44.
- Aydan, Ö., Ulusay, R., Kumsar, H., Sönmez, H. and Tuncay, E., 1998. A site investigation of June 27, 1998 Adana-Ceyhan Earthquake. *Turkish Earthquake Foundation, TDV/DR 006-03*, 131p.

- Aydan, Ö., Ulusay, R., Hasgür, Z., and Taşkın, B., 1999. A site investigation of Kocaeli Earthquake of August 17, 1999. Turkish Earthquake Foundation, TDV/DR 08-49, 180p.
- Aydan, Ö., Ulusay, R., Kumsar, H. and Tuncay, E., 2000. Site investigation and engineering evaluation of the Düzce-Bolu Earthquake of November 12, 1999. Turkish Earthquake Foundation, TDV/DR 095-51, 307p.
- Aydan, Ö., M. Hamada, and K. Konagai, 2006. An evaluation of strong ground motions and failures of natural and cut slopes induced by Kashmir Earthquake of October 8, 2005. First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, CD Paper No.1352.
- European-Mediterranean Seismological Center (EMSC), 2005. Earthquake M_w 7.6 in Pakistan October 8th, 2005. <http://www.emsc-csem.org/>
- HARVARD, (2005). Magnitude 7.6 PAKISTAN, Saturday, October 08, 2005 at 03:50:40 UTC. <http://www.seismology.harvard.edu/>
- Geological Survey of Pakistan, 2005. Tectonics, geology and seismicity of epicentral area. <http://www.gsp.gov.pk/>
- Joyner, W.B., and Boore, D.M., 1981. Peak horizontal acceleration and velocity from strong motion records from the 1979 Imperial Valley California Earthquake. Bulletin of Seismological Society of America, 71(6), 2011-2038.
- Ohkawa, I., 2005. Strong earthquake motion recordings during the Pakistan, 2005/10/8, Earthquake. <http://www.bri.go.jp/>
- Najman, Y., Pringle, M., Godin, L., and Oliver, G., 2002. A reinterpretation of the Balakot Formation: Implications for the tectonics of the NW Himalaya, Pakistan. Tectonics, 21(5), 10-45.
- USGS Global Seismographic Network, 2005. Magnitude 7.6-Pakistan2005, October 8 03:50:40 UTC, <http://neic.usgs.gov/>

VARIATION IN STRENGTH AND DEFORMATIONAL BEHAVIOR OF THE CLAY CONTAMINATED BY LEACHATE FROM WASTE DISPOSALS

Katı Atıklardan Sızan Su ile Kirlenmiş Kilin Dayanım ve Deformasyon Davranışındaki Değişim

Sang-Eun LEE¹, Gyo-Cheol JEONG², Byung-Sik CHUN³,
Sung-Rae CHUNG⁴

¹ Division of Geotechnical Engineering, Sambo Engineering Corporation Limited, Seoul, Korea

² Department of Earth and Environmental Sciences, Andong National University, Andong, Korea

³ Department of Civil Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea

⁴ Sungji Geotechnical Engineering Company, Seoul, Korea

ABSTRACT

In order to find chemical properties of clay deposit, observation with Scanning Electron Microscope (SEM) and analysis using Energy Dispersive X-Ray Spectrometer (EDX) were performed with specimens obtained from Sihwa-Rake basin, Korea. In order to find variations in strength and deformation features of clay deposits containing contaminants owing to inflow of wastewater from neighboring residential and industrial area, triaxial compression and consolidation tests were performed with various specimens saturated with NaCl solution and leachates obtained from various solid waste disposal spots in Korea. Analysis of chemical component of the specimens revealed that proportion of chemical elements is in the order of O, C, Si, Al, Fe, and C, which takes relatively high proportion in the specimens, is considered to be due to the phytoplanktons which were made to be proliferating by the tide embankment construction. Results of the triaxial compress tests and consolidation tests revealed that shear strength and compressibility of the soil increased as the NaCl content in interstitial water increased. This can be explained by decreasing thickness of Diffuse Double Layer boundary texture with an increase in electrolyte content in the interstitial water, which in turn causes shear strength of soil to increase.

Key words: Chemical Analysis, clay mineral, diffuse double layer (DDL), energy dispersive X-ray spectrometer analysis (EDX), flocculent structure, interstitial water, leachate, scanning electron microscope (SEM).

ÖZ

Kil çökellerinin kimyasal özelliklerini belirlemek için, Sihwa-Rake havzasından (Kore) alınan örnekler üzerinde Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Dispersif X-Işınları Spektrometresi ile analiz yapılmıştır. Yakın yerleşim bölgelerinden ve endüstriyel alanlardan gelen atık sular nedeniyle, kirlilik içeren kil çökellerinin dayanım ve deformasyon özelliklerindeki değişimi belirleyebilmek için, NaCl çözeltisi ile kirlilik içeren çeşitli katı atık deponi sahalarından alınan çözeltiler ile doymun hale

getirilmiş ortamda üç eksenli dayanım ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Örneklerin kimyasal analizlerine göre, örnekler içinde nisbeten yüksek miktarlarda bulunan O, C, Si, Al, Fe, ve C elementlerinin, gel-git dolgu yapımı sırasında oluşan fitoplanktonlar nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Üç eksenli ve konsolidasyon deneylerine göre, örnek içindeki suda NaCl içeriği arttıkça zeminin makaslama dayanımı ve sıkıştırılabilirliği de artmaktadır. Bu durum, örnek içindeki suyun elektrolit miktarındaki artışı ile tabaka yayılma kalınlığındaki azalma sonucu, tüysü ve ince bir dokuya dönüşmesi ve böylece toprağın makaslama dayanımında artışa yol açması şeklinde yorumlanabilir.

Anahtar kelimeler: Kimyasal analiz, kil minerali, çift yönlü tabaka yayılması (DDL), X-ışınları spektrometre analizi, topraklanma yapısı, gözenek suyu, sızıntı suyu, taramalı elektron mikroskobu (SEM).

1. INTRODUCTION

Clay mineral contained in marine sediment in most cases originates from the land and it is carried through the river flow. On its way of movement through the river, it undergoes segregation and regrouping to different material properties from its original state, and after deposition physical and/or chemical conditions under-the-sea environment often cause additional alterations in the composition of the solid in terms of material properties and crystallization. Therefore, a study on clay mineral in marine sediments should take not only the origin of the material but also the secondary reformation that may have been caused by the under-the-sea environment into account. Natural sedimentary environment in these days, however, is seriously being affected by construction activities such as tide embankment construction and reclamation for land development over the coastal areas of the country, which in turn bring about many environmental problems. Therefore, for any assessment to determine the soil property of a clay deposit in a coastal area, apart from those study on sort of mineral composite and its properties, additional studies including gradation, grain texture, organic matter content, and sedimentary environment should be considered. The particular area from which specimen was taken for this study was a part of land development with tide embankment construction, which may have affected natural sedimentary environment over the area, and alteration of physical and chemical composition of the superficial sedimentation may be progressing.

When it is looked upon in an environmental geotechnology point of view, recent need for construction of roads, foundations and buildings on soft ground requires civil engineers to be knowledgeable not only about mechanical properties of the soil but also its mineralogical properties as they often have to deal with clay deposit. Mineral grains in the clay deposit are much smaller sized and differ in their physical behavior from those in other normal mineral state. Recent advent of X-Ray Diffraction (XRD) Method is activating studies on mineralogical properties in the clay (Min et al., 2000). The leading studies on the texture of mineral composite in clay deposit are Gruner (1932)'s study on the texture of kaolinite, Hofmann et

al. (1933)'s study on montmorillonite model showing expanded structure of mineral composite, and Grim (1939)'s study on illite which represents general form of mineral composite of mica shape in clay deposit.

Previous case studies in Korea are Choi and Kim (1998)'s study on distribution of clay minerals in the Korean seas, Lee (1996)'s study on sedimentary environment change in Kwangyang Bay and Yosu Sound based on sediment characteristics and clay minerals, Park and Oh (1991)'s study on the clay minerals in the Han River Estuary and the Kyung-Gi Bay Areas. Active studies on effect to sedimentary environment are being conducted by the Ocean Research and Development Institute (KORDI) of Korea. Choi et al. (1999) studied change in heavy metal concentrations and sediment facies in surface sediments of the Shihwa Lake. As afore referred studies in Korea on sedimentary environment thus far have largely focused on ocean engineering and environmental engineering matters such as geochemical properties of water mass, distribution of benthos, change in sedimentary face due to tide embankment construction, contaminant content in sediment, and etc.

Another problem incidental to the land reclamation with tide embankment construction is water pollution due to the inflow of wastewater from neighboring residential and industrial area. Increased recognition of environmental issue is encouraging studies in Korea on environmental issue such as heavy metal contamination and eutrophication, yet, there is no case of study from geotechnical engineering point of view dealing with the effect of contaminated water (wastewater) on mechanical properties of soil, except the one by Ahn (1997)'s study on effect of sodium chloride on stress-deformation of sand bentonite mixture.

Therefore, this study attempts to assess mechanical properties of clay deposit by means of analyzing its chemical composition and physical properties on specimens obtained from a land reclamation site. Nine specimens of clay deposit were obtained from a location around the Sihwa-Rake Basin, Korea. Physical property tests were performed first and Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDX) were used to find grain texture and chemical composition of the specimen. Then, in order to see the influence of seawater and contaminated water on the strength and deformation of clay deposit, triaxial compression tests and consolidation tests were performed using distilled water, NaCl solution and leachates obtained from four different sources of solid waste disposal spots, as interstitial water or saturated water to the specimens, respectively.

Accumulation of data, as a result of such as this study on chemical properties of clay deposits obtained from various sources of contaminated spots in Korea will be a considerable help for a future study on mechanical properties of marine clay deposits in general.

2. EXPERIMENTAL METHOD

For the purpose of defining the chemical properties of clay deposit, a number of samples were taken from a spot at Sihwa-Rake basin. Basic tests to determine physical properties were performed first, and then, using the same specimens, analysis of particle texture and chemical composition of the specimen were carried out using Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDX). Finally, to assess the influence of chemical properties of interstitial water to the strength and deformation of clay deposit, a series of tests were followed with each respective specimen incorporated with various interstitial water.

2.1. Sampling and Physical Property Tests

Samples were taken from a spot in Sihwa-Rake basin, from 2 to 3 m below the ground surface at the pot. Prior to the tests for chemical properties, basic parameters such as density, gradation, water content, Atterberg limits were determined to evaluate general physical properties of the specimens.

2.2. Visual Observation with Scanning Electron Microscope

Scanning Electron Microscope (SEM) used to observe the grain texture of the specimen is designed in such way that the SEM sends out accelerated electron beam to the surface of the specimen, then secondary electron in turn is emitted from the surface of the specimen, which the SEM detects and magnifies to form 3-D images of micro texture, figures or sections on the surface of the specimen. SEM, using built-in camera system, is capable of taking instant picture of the image observed, and, by attaching X-ray detector to it, able to perform chemical analysis to find contents of each chemical component of a specimen by recording X-ray generated when electron beam hits the surface of the specimen to the detector. In this study, using SEM, figures and textures of grains of the specimen were observed, and, using Energy Dispersive X-Ray Spectrometer Analysis (EDX), contents of each chemical component of different specimens were analyzed. The electron microscope used in this study was Low Vacuum Scanning Electron Microscope S-3500N manufactured by Hitachi Science systems located in Choon-Chun branch, Korea Basic Science Institute (KBSI), which is capable of amplifying secondary electron detection up to 15 to 300000 times.

2.3. Tests for Strength and Deformation of the Clay Deposit

After performing the basic tests to see general physical properties of the specimen, in order to assess the influence of seawater and contaminated water on the compressive strength and consolidation features of soil, distilled water, 4 different NaCl solutions with different NaCl content, and leachates obtained from 4 different sources of solid waste disposal spots were used as interstitial water for the clay deposit respectively so as to make up 9 sort of speci-

men groups, and with each sort of these specimens unconfined compression test, triaxial compression and consolidation tests were performed, respectively.

2.4. Preparation and Replacement of Interstitial Water

NaCl solutions of four different contents (5%, 10%, 15%, and 20%) were prepared by dissolving pure NaCl into distilled water to use them as interstitial water to the specimens. Leachates were obtained from four different sources of solid waste disposal spots in Dang-Jin Choong-Chung-Nam-Do, Keum-San Choong-Chung-Nam-Do, Keum-Go Dae-Jeon, and Shin-Dae Dae-Jeon to use them as contaminated interstitial water to the specimens, respectively. In order to replace natural interstitial water incorporated in the undisturbed specimen with designed interstitial water, nine thin wall tubes filled with undisturbed specimen were kept soaked in each of 9 different tanks filled with each of distilled water, NaCl solutions and leachates prepared as above for 3 months. Table 1 shows 9 specimens interstitial water of which is replaced by 9 different designed interstitial waters.

3. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE SPECIMENS

3.1. Physical and Index Properties

Table 2 shows physical properties of the specimens prior to the replacement of interstitial water. Test result reveals that all specimens show similar physical properties with average values of #200 sieve passing 93.7%, moisture content at natural state 59.8%, specific gravity 2.73, liquid limit 82.4%, and plastic limit 30.8%, respectively.

Table 1. Specimens with designed interstitial waters.

Çizelge 1. Örneklere ilişkin kullanılan karışım oranları.

Specimen No.	Interstitial water incorporated
SH-01	Distilled Water
SH-02	5% NaCl Solution
SH-03	10% NaCl Solution
SH-04	15% NaCl Solution
SH-05	20% NaCl Solution
SH-06	Leachate from Dang-Jin
SH-07	Leachate from Keum-San
SH-08	Leachate from Keum-Go
SH-09	Leachate from Shin-Dae

Table 2. Physical and index properties of specimens.

Çizelge 2. Örneklerin fiziksel ve indeks özellikleri.

Specimen No.	#200 sieve passage (%)	G_s	Atterberg limits			Moisture content w (%)
			LL (%)	PL (%)	PI (%)	
SH-01	94.5	2.73	85.0	32.0	53.7	59.0
SH-02	95.9	2.73	83.5	31.3	52.2	61.7
SH-03	95.6	2.73	82.1	31.2	50.9	60.7
SH-04	94.9	2.73	86.1	32.3	53.8	59.3
SH-05	93.5	2.73	79.5	30.0	49.5	61.2
SH-06	92.6	2.73	81.2	30.7	50.5	59.4
SH-07	93.9	2.73	85.1	31.2	53.9	58.9
SH-08	92.0	2.73	80.0	28.9	51.5	59.6
SH-09	90.5	2.73	78.9	29.3	49.6	58.5
Mean	93.7	2.73	82.4	30.8	51.7	59.8

3.2. Grain Texture

Figures 1a to 1h show particle structures of 9 specimens, magnified by 100000 times when the surface of the specimens in dry condition were observed using SEM. Textures are composed of flaky and prickly grains and crystals of quartz and feldspar. The observations reveal that grain texture of 9 specimens is in similar shape, which implies 9 specimens obtained from Sihwa-Rake Basin have almost same physical and chemical properties. Hence those specimens used for compression and consolidation tests can be considered to be identical one another in every condition other than interstitial water that is replaced.

3.3. Chemical Elements of the Specimen

Table 3 show proportion of chemical elements of 9 specimens as a result of Energy Dispersive X-Ray Spectrometer Analysis (EDX), and Figures 2a to 2i show X-ray spectrums detected from 9 specimens. The results of EDX, as shown in Figure 3, reveal that atomic proportion of chemical elements of overall specimens is O: 44.8%, C: 28.9%, Si: 13.8%, Al: 6.0% and Fe: 2.4%, which collectively account for 95.9% of the whole specimens, and other minor elements of Na, Mg, K, and Ca for remaining 4.1% collectively. Equivalent proportion in weigh of the same, as shown in Figure 4, is O: 38.0%, C: 19.3%, Si: 20.4%, Al: 8.5%, Fe: 6.9% collectively accounting for 93.2% of the whole specimens and other minorities 6.8%. As shown in Figure 5, slight differences in proportion of elements were found among 9 specimens. But, throughout the all specimens, the proportion is in the order of O, C, Si, Al and Fe.

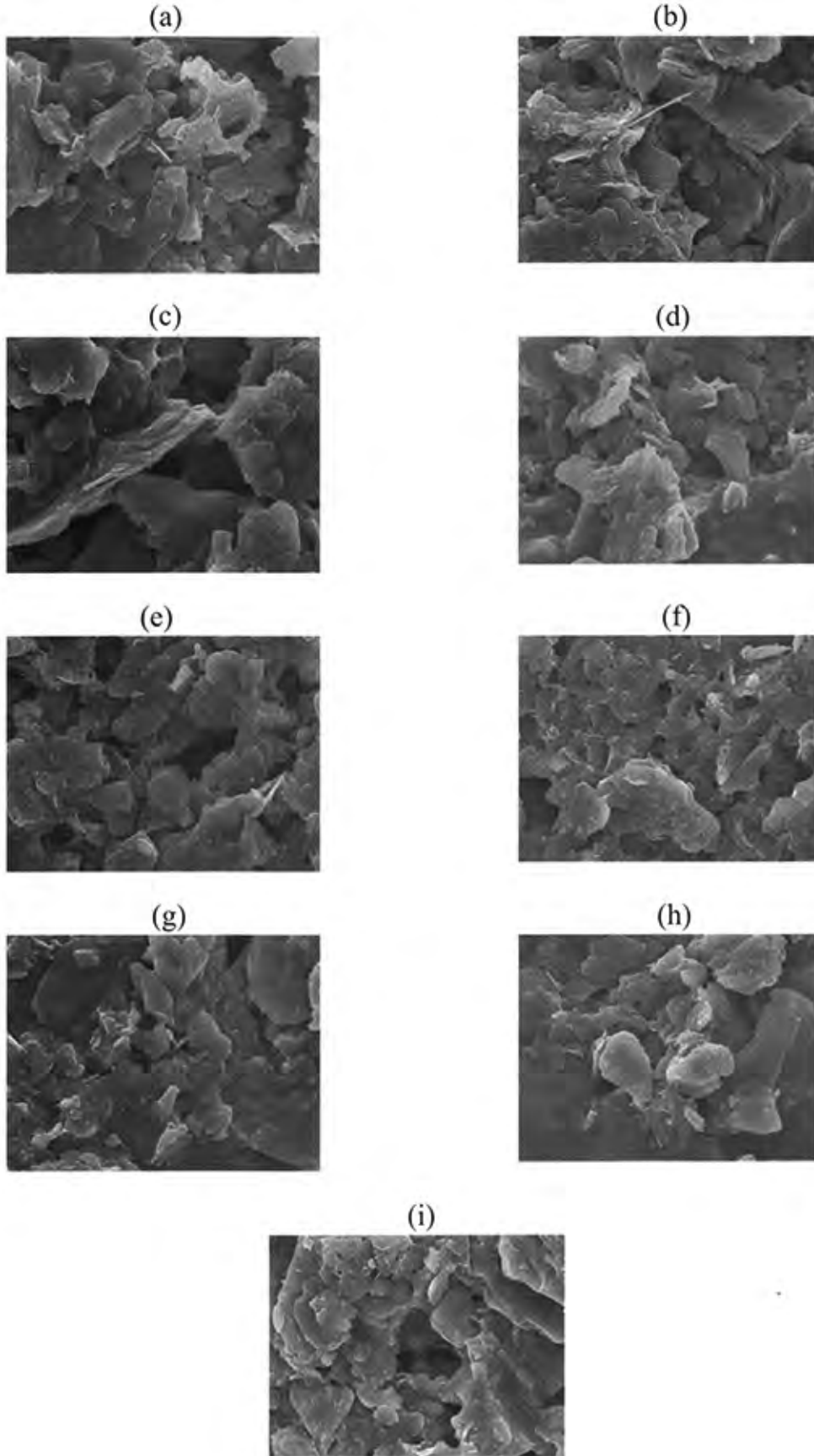


Figure 1. Particle structures of the specimens.
Şekil 1. Örneklerin tane yapıları.

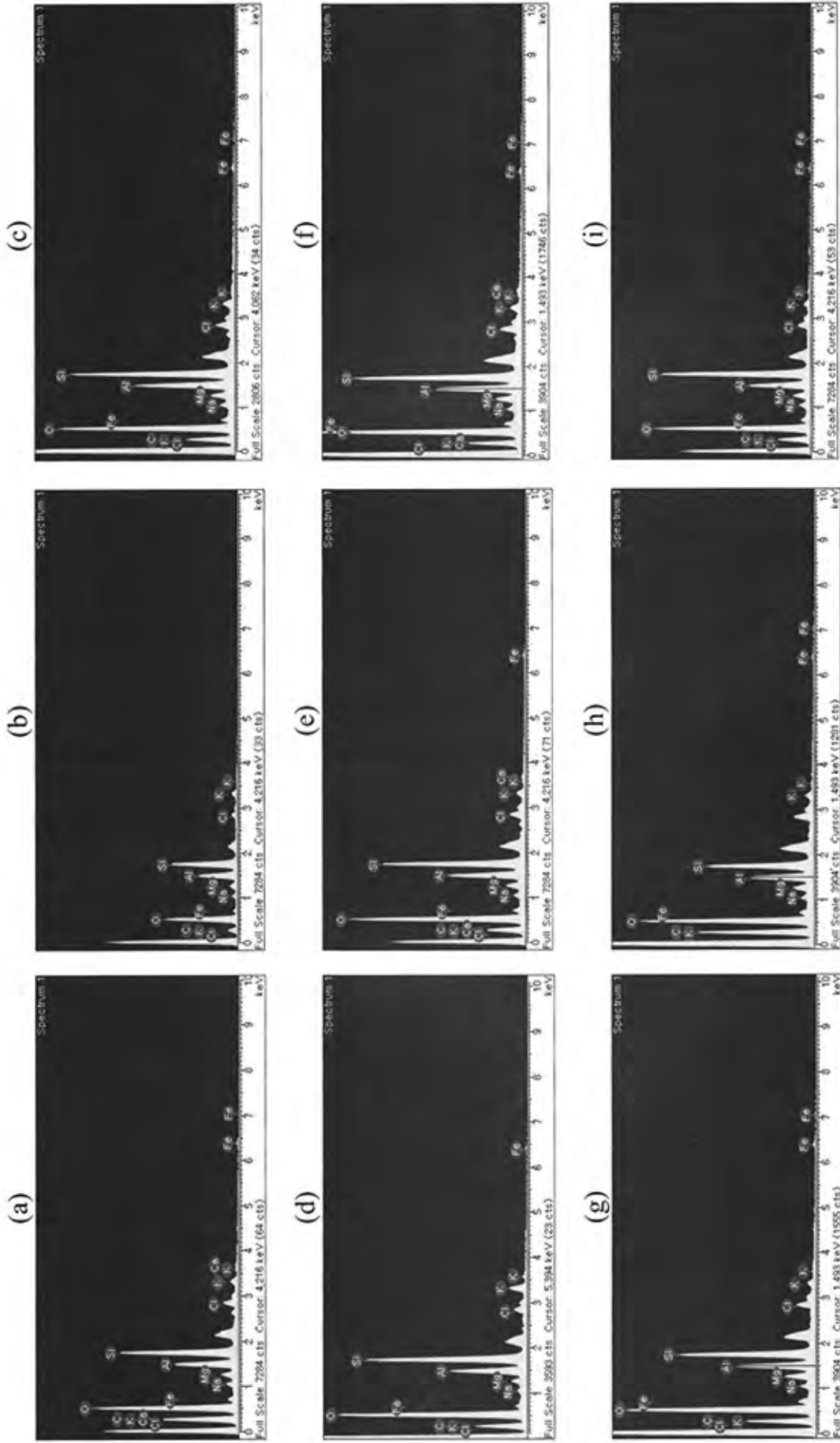


Figure 2. X-ray spectra of the specimens.

Şekil 2. Örneklerin X-ışını kırınım difraktogramları.

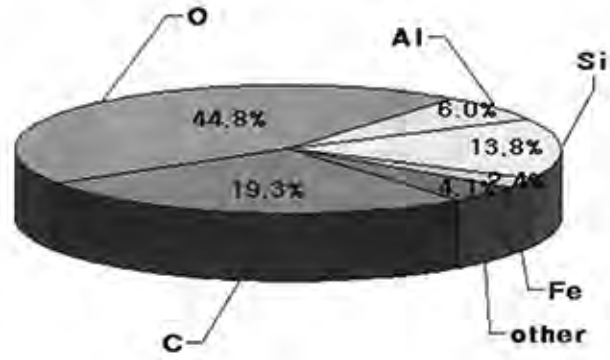


Figure 3. Proportion of element (atomic) in average.

Şekil 3. Ortalama element oranı (atomca).

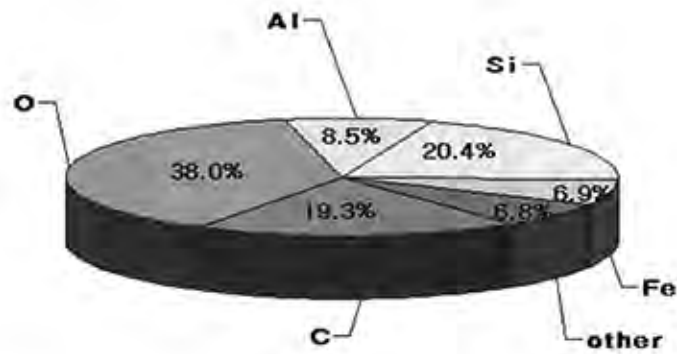


Figure 4. Proportion of element (weight) in average.

Şekil 4. Ortalama element oranı (ağırlıkça).

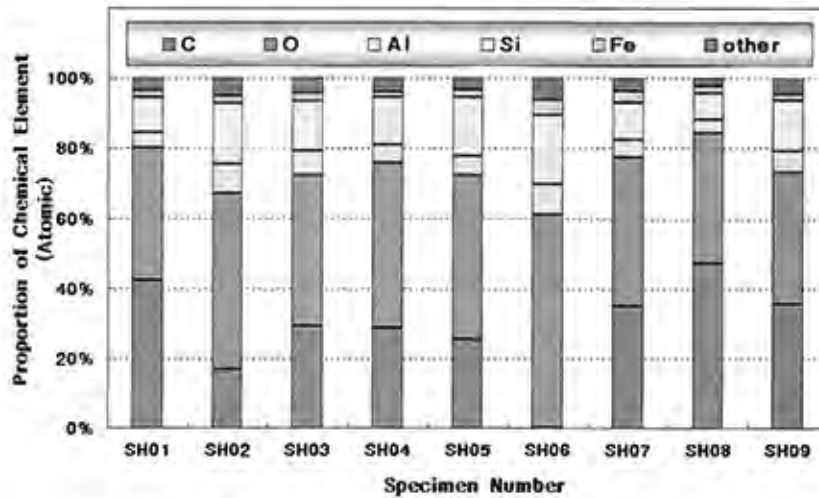


Figure 5. Proportion of chemical elements (atomic) in the specimens.

Şekil 5. Örneklerdeki kimyasal element oranı (atomca).

The results of the EDX analysis show relatively high proportion of C in the specimens and are similar to that of phytoplankton. Organic carbon content in the soil usually comes from phytoplankton, bacteria or excrement of animals or plants contained in soil. Similarity of C proportion to that of phytoplankton makes it inferable that the clay deposit around the tide embankment contains a lot of organic material sediments created by phytoplankton which were made to be proliferating by the tide embankment construction.

X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) was not adopted in this study. However, the results of EDX analysis are deemed sufficient enough to estimate the properties of clay mineral in the specimen. Considering that O, C, Si, Al, and Fe are major elements composing the specimen, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , and CaCO_3 are the major chemical ingredients comprising the clay deposit.

4. VARIATION OF SOIL PROPERTY WHEN CONTAMINATED

4.1. Sodium Adsorption Ratio of Leachates from Solid Waste Disposal Spots

Table 4 shows the results of SAR analysis of those leachates obtained from 4 different sources of solid waste disposal spots which will be used as interstitial water to the specimens subjected to triaxial compression and consolidation tests. SAR (sodium adsorption ratio) shown in Table 4, which is an index representing permeability and aeration ability, has a functional relationship with the content of Na^+ , Mg^{2+} , and Ca^{2+} in soil as equation (1) below shows. As Na^+ content in the soil increases i.e., SAR increases, soil becomes more basic and water or

Table 4. Results of SAR analysis of leachates.

Çizelge 4. Sızıntı sularına ilişkin SAR analizi sonuçları.

Property	Dang-Jin	Keum-San	Keum-Go	Shin-Dae
$\text{NH}_4\text{-N}(\text{mg/L})$	892.00	783.00	639.00	356.00
$\text{NO}_3\text{-N}(\text{mg/L})$	0	0	0	0
Alkalinity(mg/L as CaCO_3)	11.217	6.683	6.317	2.350
pH	8.15	8.12	7.79	7.99
Hardness(mg/L as CaCO_3)	979.00	1.064	905.00	860.00
$\text{Ca}^{2+}(\text{mg/L})$	136.80	81.90	110.60	47.30
$\text{Mg}^{2+}(\text{mg/L})$	151.60	198.90	133.80	166.10
$\text{K}^+(\text{mg/L})$	1.251	918.00	892.00	256.00
$\text{Na}^+(\text{mg/L})$	1.518	1.320	1.186	332.00
$\text{Cl}^-(\text{mg/L})$	4.403	3.348	2.945	1.704
$\text{SO}_4^{2-}(\text{mg/L})$	202.00	63.00	52.00	73.00
$\text{Fe}(\text{mg/L})$	2.80	17.10	39.80	28.30
SAR	126.40	111.40	107.30	32.10

air permeability of the soil decreases apparently thus resulting in slow drainage and stuffy condition within the soil.

$$\text{SAR (mg/L)} = [\text{Na}^+ / ((\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}) / 2)^{0.5}] \quad (1)$$

4.2. Variation in Compressive Strength

The results of unconfined compression and triaxial compression tests with the specimens of interstitial water replaced with designed one are as shown in Table 5. Figures 6 and 7 show the relationship of axial directional deformation with axial strain, and relationship of $(\sigma_1' - \sigma_3')/2$ with $(\sigma_1' + \sigma_3')/2$, respectively. As shown in Figure 6, as the NaCl content in the interstitial water increases slope of the curve representing axial strain vs. axial directional deformation becomes steeper, and the ultimate strength of the soil also increases accordingly. Though there was a difference between the specimens with different chemical ingredients, the slope of strain vs. deformation curve and the ultimate strength of the soil in case of the specimen saturated with leachates from the solid waste disposal spots are steeper than that of NaCl solutions in all cases. Meanwhile, Figure 7 shows a stressfulness of specimens at the time of failure in terms of stress path which is delineation of peak points of various Mohr's stress circles drawn on p-q plane. It is noticed that there is little change in slope of k_f curve to the increase of NaCl content in the specimen, whereas the same in specimens with leachates shows significant increase from that of the specimen using distilled water as interstitial water.

The results of unconfined compression and triaxial compression tests with specimens of various NaCl content in interstitial water show that compressive strength of the clay increases as NaCl content increases (Table 5). This can be explained by Gouy-Chapman's Diffuse Double

Table 5. Result of unconfined compression and triaxial compression tests.

Çizelge 5. Tek ve üç eksenli dayanım deney sonuçları.

Specimen No.	Unconfined compression test	UU c_u (kPa)	Triaxial compression test				Interstitial water (saturated water) applied
	q_u (kPa)		Total strength		Effective Strength		
			c_{cu} (kPa)	σ_{cu} (MPa)	c' (kPa)	σ' (MPa)	
SH-01	81.95	42.02	7.85	18.2	5.88	20.3	Distilled water
SH-02	85.81	44.17	8.83	18.6	7.85	20.8	5% NaCl solution
SH-03	88.56	46.38	9.81	18.7	7.85	21.1	10% NaCl solution
SH-04	92.35	48.58	10.79	19.3	8.83	21.6	15% NaCl solution
SH-05	98.33	51.33	11.77	19.7	9.81	21.9	20% NaCl solution
SH-06	109.7	56.98	11.77	20.2	9.81	22.3	Leachate (Dang-Jin)
SH-07	129.0	66.81	13.73	21.3	11.77	23.6	Leachate (Keum-San)
SH-08	133.1	68.32	13.73	22.1	11.77	24.9	Leachate (Keum-Go)
SH-09	125.3	65.07	12.75	20.9	10.79	23.7	Leachate (Shin-Dae)

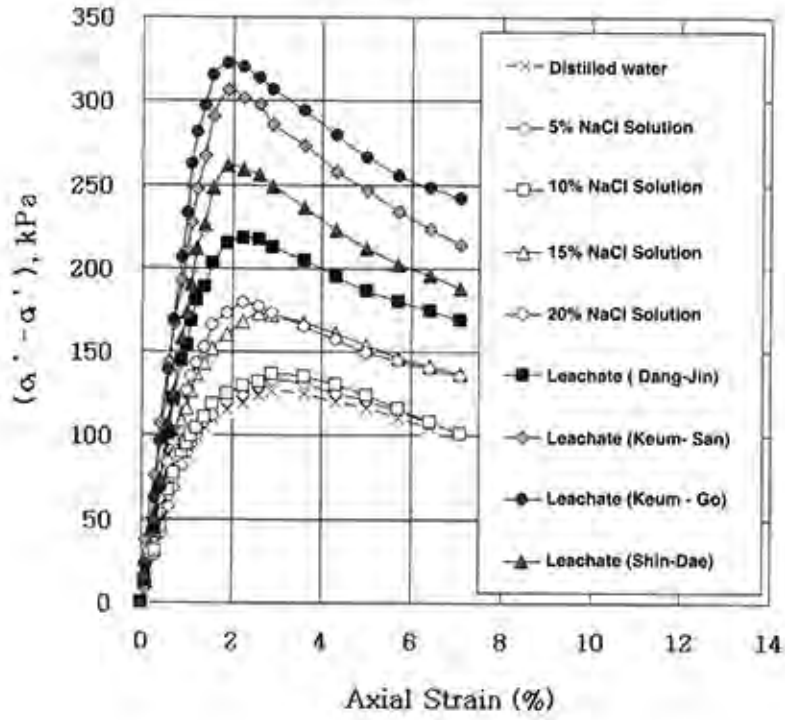


Figure 6. Axial strain vs. axial deformation curves.

Şekil 6. Eksenel gerilim-birim deformasyon eğrileri.

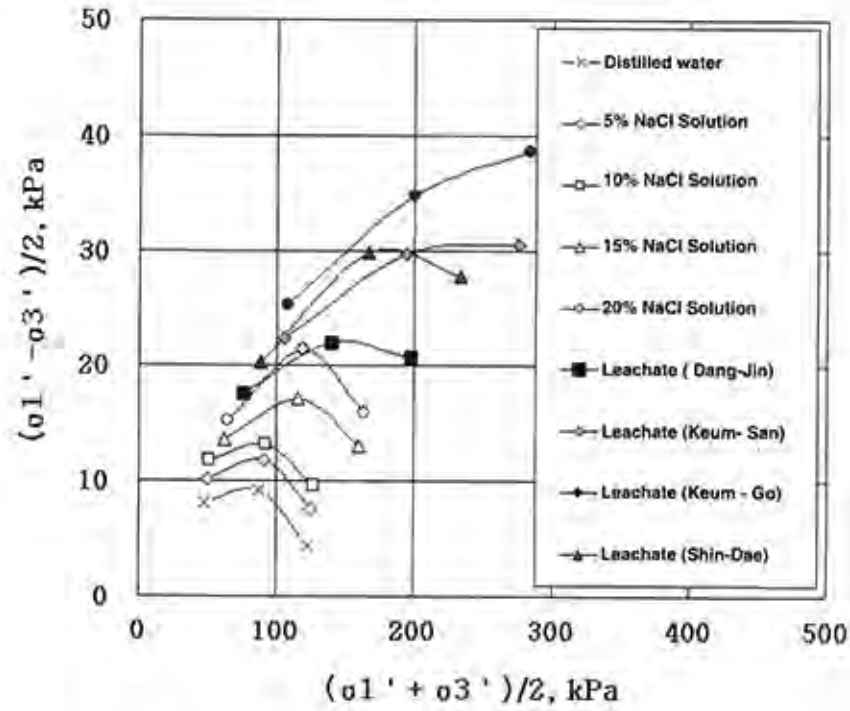


Figure 7. $(\sigma_1' + \sigma_3')/2$ vs. $(\sigma_1' - \sigma_3')/2$.

Şekil 7. $(\sigma_1' + \sigma_3')/2 - (\sigma_1' - \sigma_3')/2$ değişimi.

Layer (DDL) model, where it explains that increase of Na^+ , which has positive electricity, in the clay as a result of replacing the interstitial water with NaCl solution causes the clay flakes to have higher electric attraction with each other by making themselves more electrified with increased cation and anion, thus making the DDL thinner and shear strength thereto at wet condition increased accordingly.

Therefore, the fact that effective cohesion of the clay has increased from 5.88kPa to 9.81kPa (approximately 1.7 times) as the NaCl content in the interstitial water has increased from 0% to 20% is a result of particle texture of the soil becoming more downy as the content of electrolyte in a solution of interstitial water increases (Figure 8). On the other hand, as shown in Figure 9, angle of shearing resistance at total stress condition (ϕ_{cu}) has increased from 18.2° to 19.7° (i.e. by 1.5°) and same at effective stress condition (ϕ') from 20.3° to 21.6° (i.e. by 1.3°), i.e. increase of NaCl content in the interstitial water has not given noticeable change to angle of shearing resistance of the soil, which in turn make it deducible that angle of shearing resistance is related with density of the specimen rather than its chemical property.

The result of the same tests, with the specimens saturated with leachates from the solid waste disposal spots, on the other hand, revealed that although difference was noticed to an extent

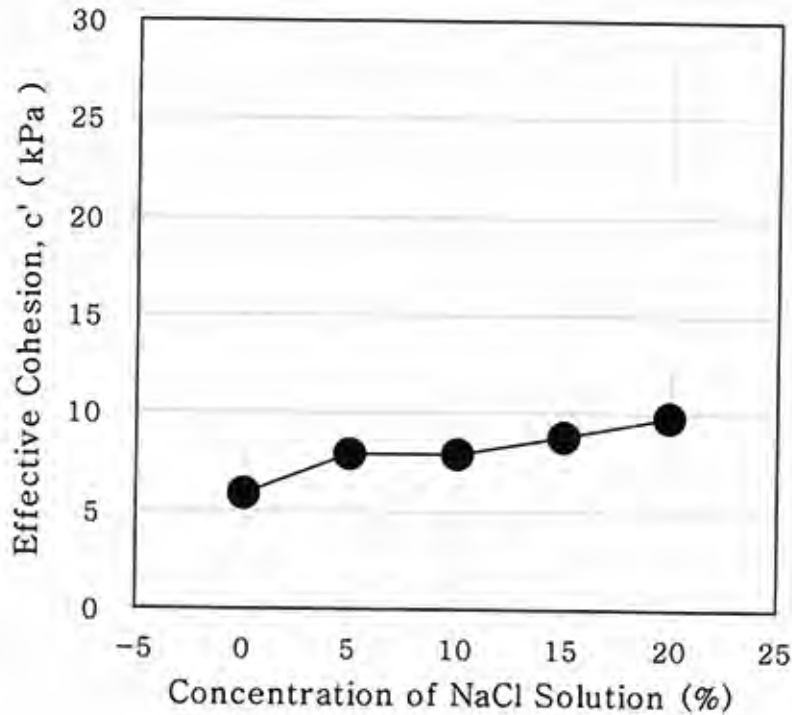


Figure 8. Influence of the change in NaCl content on change in effective cohesion.

Şekil 8. NaCl içeriğindeki değişimin efektif kohezyondaki değişime etkisi.

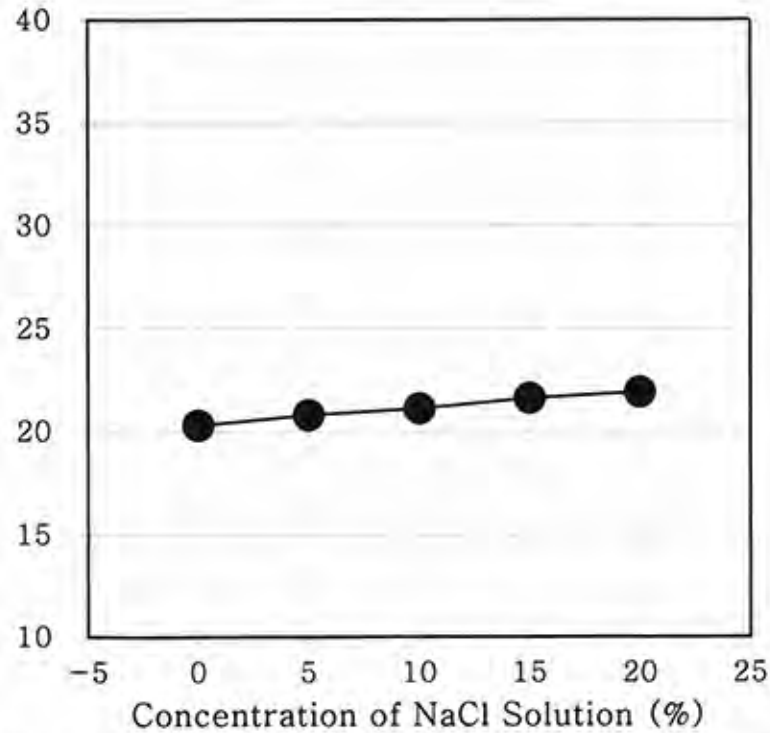


Figure 9. Influence of the change in NaCl content on change in angle of effective shearing resistance.

Şekil 9. NaCl içeriğindeki değişimin efektif içsel sürtünme açısındaki değişime etkisi.

to the chemical properties of the leachates, soil strength in general has increased from those results with the specimen saturated with distilled water and increase in soil strength was even greater than those cases of the specimens with various NaCl solutions.

4.3. Variation in Consolidation Properties

Table 6 shows the results of consolidation tests with the 9 specimens saturated with various interstitial water, and Figures 10a and 10b show the coefficient of volume compressibility (m_v) and curves showing compression index (C_c) obtained from the tests, respectively. These results with the specimens of various interstitial water show that as NaCl content in the interstitial water increases gradually from 0% to 20%, compression index (C_c) increases accordingly from 0.452 to 0.608. It is believed that as the content of electrolyte in a solution of interstitial water increases, texture of the soil becomes downier characterizing itself more porous and thus more compressible. In case of the tests with specimens saturated with leachates, compression index (C_c) ranged between 0.548 and 0.616 showing higher value in all cases than that of with distilled water. Variation of soil texture due to the increase of electrolyte content is also believed to be the reason of increases in compression index, likewise the case of NaCl solution.

Table 7 and Figure 11 show the variation of coefficient of permeability measured at the time of the consolidation test. It suggests that permeability of the soil tends to increase as

Table 6. Results of consolidation tests.

Çizelge 6. Konsolidasyon deneyi sonuçları.

Specimen No.	C_c	P_c (kPa)	Interstitial water (saturated water) applied
SH-01	0.452	80.0	Distilled water
SH-02	0.495	90.0	5% NaCl solution
SH-03	0.608	96.0	10% NaCl solution
SH-04	0.455	100.0	15% NaCl solution
SH-05	0.608	115.0	20% NaCl solution
SH-06	0.548	125.0	Leachate (Dang-Jin)
SH-07	0.585	160.0	Leachate (Keum-San)
SH-08	0.616	170.0	Leachate (Keum-Go)
SH-09	0.565	150.0	Leachate (Shin-Dae)

Table 7. Variation of coefficient of permeability (cm/sec).

Çizelge 7. Geçirimsizlik katsayısındaki (cm/sn) değişim.

Specimen No.	Load applied			Interstitial water (saturated water) applied
	9.81kPa	156.91kPa	1.255kPa	
SH-01	3.25×10^{-6}	2.87×10^{-7}	3.34×10^{-8}	Distilled water
SH-02	4.32×10^{-6}	3.61×10^{-7}	2.46×10^{-8}	5% NaCl solution
SH-03	5.48×10^{-6}	3.77×10^{-7}	5.34×10^{-8}	10% NaCl solution
SH-04	3.86×10^{-6}	2.39×10^{-7}	2.24×10^{-8}	15% NaCl solution
SH-05	5.26×10^{-6}	3.69×10^{-7}	4.89×10^{-8}	20% NaCl solution
SH-06	3.61×10^{-6}	2.84×10^{-7}	5.02×10^{-8}	Leachate (Dang-Jin)
SH-07	3.75×10^{-6}	2.81×10^{-7}	5.05×10^{-8}	Leachate (Keum-San)
SH-08	4.02×10^{-6}	3.03×10^{-7}	4.73×10^{-8}	Leachate (Keum-Go)
SH-09	3.61×10^{-6}	2.74×10^{-7}	4.91×10^{-8}	Leachate (Shin-Dae)

the NaCl content in the specimen increases, except in the case of specimen with 15% of NaCl solution. This phenomenon is as well explicable through Diffuse Double Layer (DDL) model as is about variation of compressive strength and consolidation features of soil. It is deemed to be an unexpected chemical action between NaCl solution and the specimen which gave affection to DDL and particle texture of the soil that caused the exceptional outcome in the case of specimen with 15% of NaCl solution.

Meanwhile, in case of tests with the specimens saturated with leachates, coefficient of permeability was turned out to increase from that with the specimens saturated with distilled water in all test cases. It is also inferable what caused the increase of permeability in these instances is variation of DDL due to the increase of electrolyte content in the interstitial

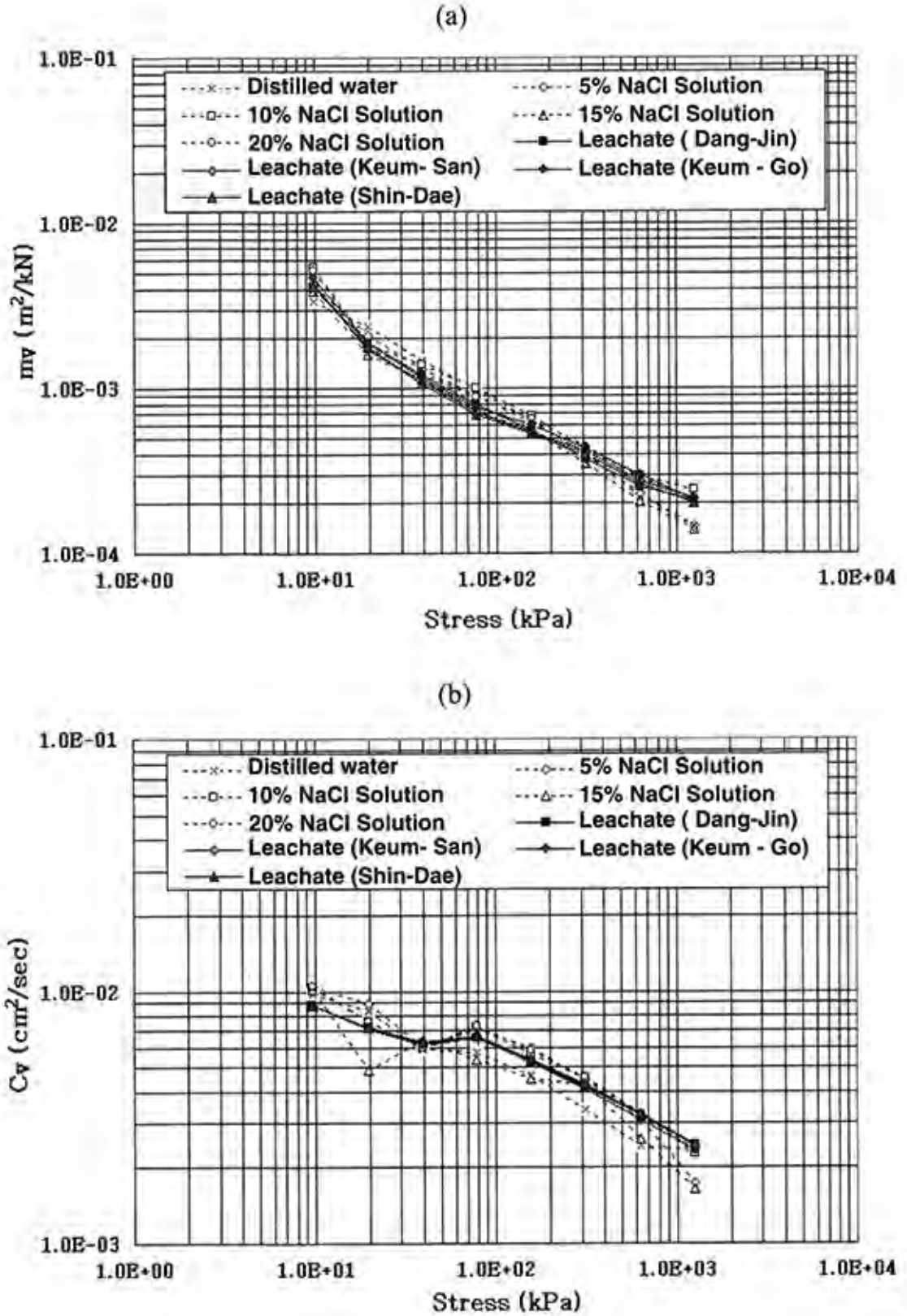


Figure 10. (a) Curves showing variation of coefficient of volume compressibility (m_v), and (b) variation of compression index (C_c).

Şekil 10. (a) Hacimsel sıkışabilirlik katsayısındaki (m_v) ve (b) sıkışma indeksindeki (C_c) değişim.

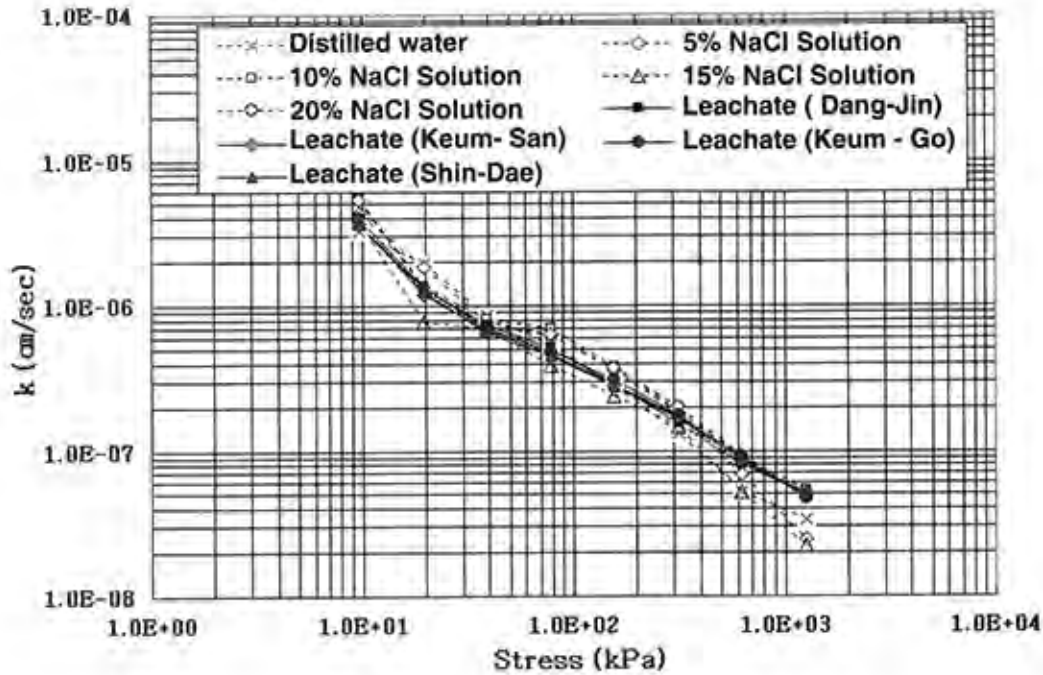


Figure 11. Variation of coefficient of permeability.

Şekil 11. Geçirimsizlik katsayısının değişimi.

water as it was in NaCl solutions. However, in order to analyze variation of coefficient of permeability of each specimen with different leachate in more detail, particular attention is needed to be drawn to the result of SAR analysis of leachate in addition to the DDL model. SAR values reflecting permeability of soil are, as shown in Table 4, revealed to be greater in the order of specimens saturated with leachates from Dang-Jin, Keum-San, Keum-Go, and Shin-Dae. When the consolidation tests to the specimens were performed in a similar compressive condition (156.91kPa) to the actual site where the specimen was taken, the relationship between SAR value and coefficient of permeability was revealed to be fairly well kept except in the test case with the specimen saturated with leachate from Shin-Dae. The reason why coefficient of permeability in the test with specimen saturated with leachate from Shin-Dae reveals to be less than those with from other sites, even with less SAR value than the leachates from the other sites, could be sought from the interaction between the soil and chemical formation in it that coefficient of permeability decreases as pH value in soil increases. Although further study with other appropriate tests may be required to find what the interstitial water precisely does to the thickness of diffuse double layer and particle texture of soil, the result of the tests for this study gives indication that pH value of the interstitial water gives more affection to the physical property of soil than its SAR value does.

Test results aforementioned lead to an assertion that compressive strength and consolidation properties of the soil relate themselves with particle composition and content of the contaminant in the interstitial water of soil to a considerable degree, and in order to exactly define such variational features of soil properties and variation mechanism thereof further research should be followed.

5. CONCLUSIONS

Basic tests to determine physical properties of the soil and analysis of chemical components were performed with the specimens obtained from a place around the Sihwa-Rake basin. Then triaxial compression and consolidation tests were performed with the specimens saturated with NaCl solution and leachates obtained from solid waste disposal spots to observe variation in strength of soil and its deformation features as follows:

- (1) Observation of the surface of the specimens in dry condition using SEM revealed that textures are composed of flaky and prickly particles and crystals of quartz and feldspar showing particle structures of 9 specimens are all in similar shape.
- (2) Result of Energy Dispersive X-Ray Spectrometer Analysis (EDX) revealed that O, C, Si, Al and Fe collectively account for around 96% of chemical elements of a whole specimen. It is noticeable that chemical element of C accounts for as much as 28.9% of a specimen in average, which gives indication that proliferation of phytoplankton had lively been taking place around the area from which specimens were taken, which probably was caused by the tide embankment construction for land development.
- (3) Result of the triaxial compress tests with the specimens saturated with solutions of various NaCl content revealed that strength of the soil increases as the NaCl content also increases. That is considered to be because, as electrolyte content in the interstitial water increase, thickness of Diffuse Double Layer decreases which in turn cause shear strength of soil to increase accordingly.
- (4) Result of consolidation tests with the specimens of various interstitial water shows that, as NaCl content in the interstitial water increases gradually from 0% to 20%, compression index (C_c) increases accordingly from 0.452 to 0.608. It is believed that as the content of electrolyte in a solution of interstitial water increases, texture of the soil becomes more downy characterizing itself more porous and thus more compressible.
- (5) Same tests with the specimens saturated with leachates from the solid waste disposal spots on the other hand revealed that, although difference was noticed to an extent to the chemical properties of the leachates, increase in soil strength was even greater than those cases of the specimens with various NaCl solutions. This is believed to be mainly because of chemical interaction that the leachate of high electrolyte content makes with soil, showing compression index (C_c) ranging between 0.548 and 0.616 which is higher value in all cases than that with distilled water which is 0.452.
- (6) Coefficient of permeability measured at time of the consolidation test shows that permeability of the soil tends to increase as the NaCl content in the specimen increases. This phenomenon is as well explicable through Diffuse Double Layer (DDL) model as is about variation of compressive strength and consolidation features of soil. Looking at

the variation of coefficient of permeability and result of SAR analysis revealed during the course of the consolidation tests with the specimens saturated with leachates, thickness of Diffuse Double Layer decreases as electrolyte content in the interstitial water increases, which attests that there is a high correlation between SAR of the leachate and its coefficient of permeability.

- (7) Tests and studies thus far tell that particle composition of the soil and content of contaminant in the interstitial water have quite a lot to do with variation in strength and deformational behavior of soil. Therefore, further studies to clearly define mechanism in interrelationship between chemical factors in interstitial water and strength and deformational behavior of soil should be pursued.

References

- Ahn, T. B., 1997. Effect of sodium chloride on stress-deformation of sand bentonite mixture. *Journal of Korean Geotechnical Society*, 13 (2), 17-27.
- Choi, J. Y., and Kim, S. Y., 1998. Distribution of clay minerals in the Korean Seas. *Journal of Korean Earth Science Society*, 19 (5), 524-532.
- Choi, M. S., Chun, J. H., Woo, H. J., and Yi, H. I., 1999. Change of heavy metals and sediment facies in surface sediments of the Shihwa Lake, *Journal of the Korean Environmental Science Society*, 8 (5), 593-600.
- Grim, R. E., 1939. Relation of the composition to the properties of clay. *Journal of American Ceramics Society*, 22, 141-151.
- Gruner, J. W., 1932. The crystal structure of kaolinite. *Z. Kristallogr*, 83, 75-88.
- Hofmann, U., Endell, K., and Wilm, D., 1933. Kristallstruktur und quellung von montmorillonit. Das Tonmineral der Bentonittone, *Z. Kristallogr*, 86, 340-348.
- Lee, Y. G., Hwang, J. Y., Jung, K. K., and Choi, J. M., 1996. Sedimentary environment change in Kwangyang Bay and Yosun Sound – based on sediment characteristics and clay minerals. *Journal of Korean Earth Science Society*, 17 (5), 407-416.
- Min, T. K., Hwang, K. M., and Kang, M. K., 2000. Chemical and mineralogical properties on the Ulsan marine deposited clay. *Journal of Korean Geotechnical Society*, 6 (6), 51-58.
- Park, J. K., and Oh, J. K., 1991. A study on the clay minerals in the Han River estuary and the Kyonggi Bay areas. *Journal of the Korean Environmental Science Society*, 26, 313-323.

KUZEY ADANA HAVZASI KALIŞ ÇÖKELLERİNİN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Investigation of the Physico-mechanical Properties of the Caliche Deposits in the Northern Adana Basin

İbrahim ÇOBANOĞLU¹, Şaziye BOZDAĞ²

¹*Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, Denizli*

²*Çukurova Üniversitesi, Mühendislik – Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balçalı, Adana*

ÖZ

Yağışın buharlaşmadan daha az olduğu kurak ve yarı kurak iklim koşullarına ait tipik oluşumlardan biri kaliş çökelleridir. Kuzey Adana Havzası'ndaki kaliş çökelleri bu oluşumlara iyi bir örnek teşkil etmektedir. Üzerinde yaygın bir kentsel yapılaşmanın da olması, heterojen sedimantasyon ürünü olan bu birimlerin jeoteknik açıdan önemini artırmaktadır. Bu çalışmada kaliş çökellerinin fiziko-mekanik özellikleri, yapılan arazi incelemeleri ve laboratuvar çalışmalarıyla incelenmiştir. Kaliş çökelleri, inceleme alanı içerisinde zemin özelliği gösteren yumuşak kaliş ve yumuşak kaya özelliği gösteren karbonat kabuk kaliş kısımlarından oluşmaktadır. Zemin sınıflarına bakıldığında; yumuşak kalişlerin CH, MH, CL ve ML türü ince taneli zemin litolojileri ile ilişkili oldukları görülmektedir. Bu çalışmada; karbonat kabuk kaliş birimi, mikroskopik ve fiziko-mekanik özelliklerine bağlı olarak, KKK-ÇK (çakıllı kaliş), KKK-BK (beyaz kaliş) ve KKK-KK (kırmızı kaliş) olmak üzere üç gruba ayrılarak incelenmiştir. Kaya özelliği gösteren bu birimlerin tek eksenli sıkışma dayanımları 1.2 ile 5.5 MPa, elastisite modülleri 0.22 ile 0.95 GPa, doğal birim hacim ağırlıkları 18.7 ile 21.7 kN/m³, ağırlıkça su emme kapasiteleri % 4.50 ile 15.0 ve gözeneklilik değerleri % 10.0 ile 27.5, Hem arazi çalışmaları, hem deneysel çalışmalar kaliş çökellerinin yapılaşma açısından üzerinde durulması gereken bir zemin türü olduğuna işaret etmektedir. 1998 Ceyhan depreminde Adana ili içerisinde yapısal hasarların büyük bir kısmının bu birimler üzerinde meydana gelmesi, mühendislik açısından bu birimlerin önemini daha da artırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fiziko-mekanik özellikler, kaliş, karbonat kabuk kaliş, Kuzey Adana Havzası, yumuşak kaliş.

ABSTRACT

Caliche deposits are the typical units in areas with arid and semi-arid climatic conditions with rainfalls less than evaporation prevail. The caliche deposits of the Northern Adana Basin are a good example of such an environment. Widespread urbanization over these units has made them more important to study their geotechnical properties. This study aims to investigate engineering properties of the caliche deposits through field and laboratory studies. The caliche deposits are

divided into two categories: soft caliche (soil) and hard caliche (carbonate crust caliche). Soft caliche is further connected with CH, MH, CL, and ML soil classes. In this study, carbonate crust caliche deposits are sub-divided into three different categories, depending on their microscopic and physico-mechanical properties; namely, KKK-ÇK (caliche with gravel), KKK-BK (white caliche) and KKK-KK (red caliche). It is found that uniaxial compressive strength ranges from 1.2 to 5.5 MPa, whereas elastic modulus fall within the 0.22 – 0.95 GPa range. Their unit weights vary between 18.7 and 21.7 kN/m³, while absorption by weight ranges from 4.5 to 15.0 % and porosity is between 10 and 27.5 %. The field investigations and laboratory studies conducted within the scope of this study revealed that the caliche deposits may be a problematic type of soil for urbanization. Most of the damage in the province of Adana, caused by the 1998 Ceyhan earthquake, occurred over this type of units and due to this the significance of the caliche increases in terms of engineering and urban development.

Keywords: *Physico-mechanical properties, caliche, carbonate crust caliche, Northern Adana Basin, soft caliche.*

1.GİRİŞ

Kalişler, özel iklimsel koşullarda ve mevcut bir jeolojik oluşum içinde gelişerek meydana gelen ikincil sedimantasyon ürünü çökellerdir. Bu durum, kalişlerin yayılımlarında da etkili olmaktadır. Ülkemizde kaliş oluşumlarının en yaygın görüldüğü yer Çukurova Havzası'dır. Bu birimler üzerinde yaygın yapılaşmanın olması, kalişlerin fiziko-mekanik özellikleri açısından incelenmesini anlamlı kılmaktadır.

İnceleme alanı içerisindeki kaliş çökelleri, Seyhan Nehri batısında, Seyhan baraj gölünün güneyinde yayılım göstermekte ve inceleme alanının dışında Tarsus ve Mersin'e kadar yayılımlarını sürdürmektedir. Kalişler, kuzeyde Handere formasyonu'na ait killi birimlerle, doğuda taraça ve güneyde alüvyon çökelleri ile dokanak halinde bulunmaktadır. Kaliş çökelleri, sert kaliş (karbonat kabuk kaliş, hardpan) olarak adlandırılan ve kaya özelliği gösteren kısımlar ile yumuşak kaliş (karbonat tüplü kaliş, softpan) olarak adlandırılan ve zemin özelliği gösteren kısımlar olmak üzere, iki ayrı litolojik özellik sunmaktadır. Yumuşak kalişin içerisinde kısmen çakıl ve kum tane boyutunda malzemenin de bulunduğu, bununla birlikte, ayrışma ve karbonatlaşmanın etkisiyle çakıl boyutundaki malzemelerin dağılgan bir yapıya sahip oldukları arazi gözlemleri ile belirlenmiştir. Karbonat kabuk kaliş veya masif kaliş olarak da adlandırılan sert kalişler, genel olarak topoğrafyada kısmen yüksek alanları oluşturmaktadır. Bu birimin kalınlığı yumuşak kalişe göre daha azdır. Zemin özelliği gösteren yumuşak kaliş ise daha düşük topoğrafyaya sahip alanlarda yer almaktadır.

Bu çalışma kapsamında yapılan arazi çalışmalarının temelini, yüzey kazıları ile yarma ve şevlerin incelenmesi oluşturmuştur. Bu çalışmalardan sonra, sondaj ile örnek alımı ve yerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar deneylerinde kullanılan örnekler, sert kaliş birimi (karbonat kabuk kaliş) içerisinde açılmış sığ kazılardan elde edilen blok örneklerden elde

edilmiştir. Blok örneklerden 42 ve 54 mm çaplı karotlar alınmış ve başlıca fiziksel ve mekanik özellikler bu karotlar üzerinde yapılan deneylerle tayin edilmiştir. Yumuşak kalış biriminden alınan örneklerin önemli bir kısmı ince taneli malzemeden oluşmaktadır. Sert kalış biriminin düşey bir istif içerisinde bile seviyeden seviyeye değişmekte olduğu görülmüş ve önce arazi gözlemleri ve ardından mikroskop çalışmaları ile karbonat kabuk kalış birimleri üç gruba ayrılarak incelenmiştir.

2. İNCELEME ALANININ TANITIMI

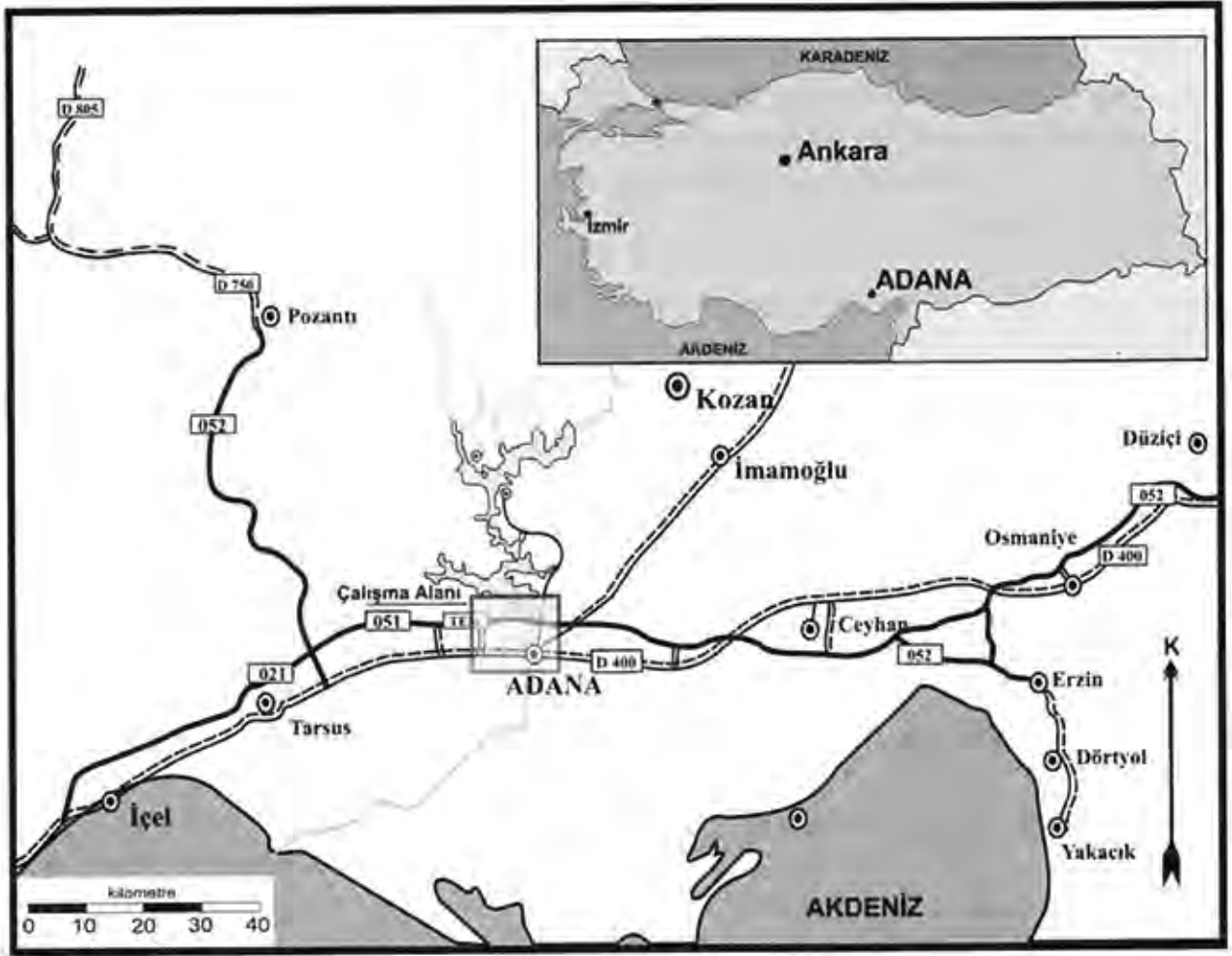
Adana ili ve yakın çevresi, topoğrafik açıdan dağlık ve ovalık alan olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. İlin kuzeybatı, kuzey ve kuzeydoğu bölümleri Orta Toroslar ile çevrelenmiştir. Adana bölgesinde dağlık ve ovalık araziler bir arada bulunmaktadır. Dağlık araziler, doğudan başlayıp kuzeye doğru uzanmaktadır. Büyük çoğunluğu alüvyal ovalardan oluşan Çukurova Havzası, D-B doğrultusunda 100 km ve K-G doğrultusunda, yaklaşık 70 km'lik bir uzanımına sahiptir. Bu ovalar, birbirlerinin devamı olmakla beraber, hafif ve orta dalgalı arazilerle kısmen birbirinden ayrılırlar. Bu tip araziler aynı zamanda ovalarla dağlık araziler arasında geçiş bölgesi oluşturan yer şekilleridir. Şekil 1, inceleme alanının yer bulduru haritasını göstermektedir.

2.1. İklim

Çalışma alanının da içinde bulunduğu Adana ilinin iklimi, dağlık ve ovalık alanlarda farklılık göstermekle beraber Akdeniz ikliminin tipik özelliklerini taşır. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Ortalama sıcaklık 18.7 °C, ortalama yağış metrekareye 663.2 mm'dir (İzcankurtaran, 2003). Yılın en sıcak ayı Ağustos ve en soğuk ayları Ocak ve Şubat'tır. Yılın ortalama 76 günü yağışlı geçer ve yağışın mevsimlere ve yıllara göre dağılımı oldukça düzensizdir. Ancak çoğu zaman Ocak ve Aralık aylarında yağış miktarında fazlalaşma olduğu görülmektedir (İzcankurtaran, 2003).

2.2. Jeolojik Özellikler

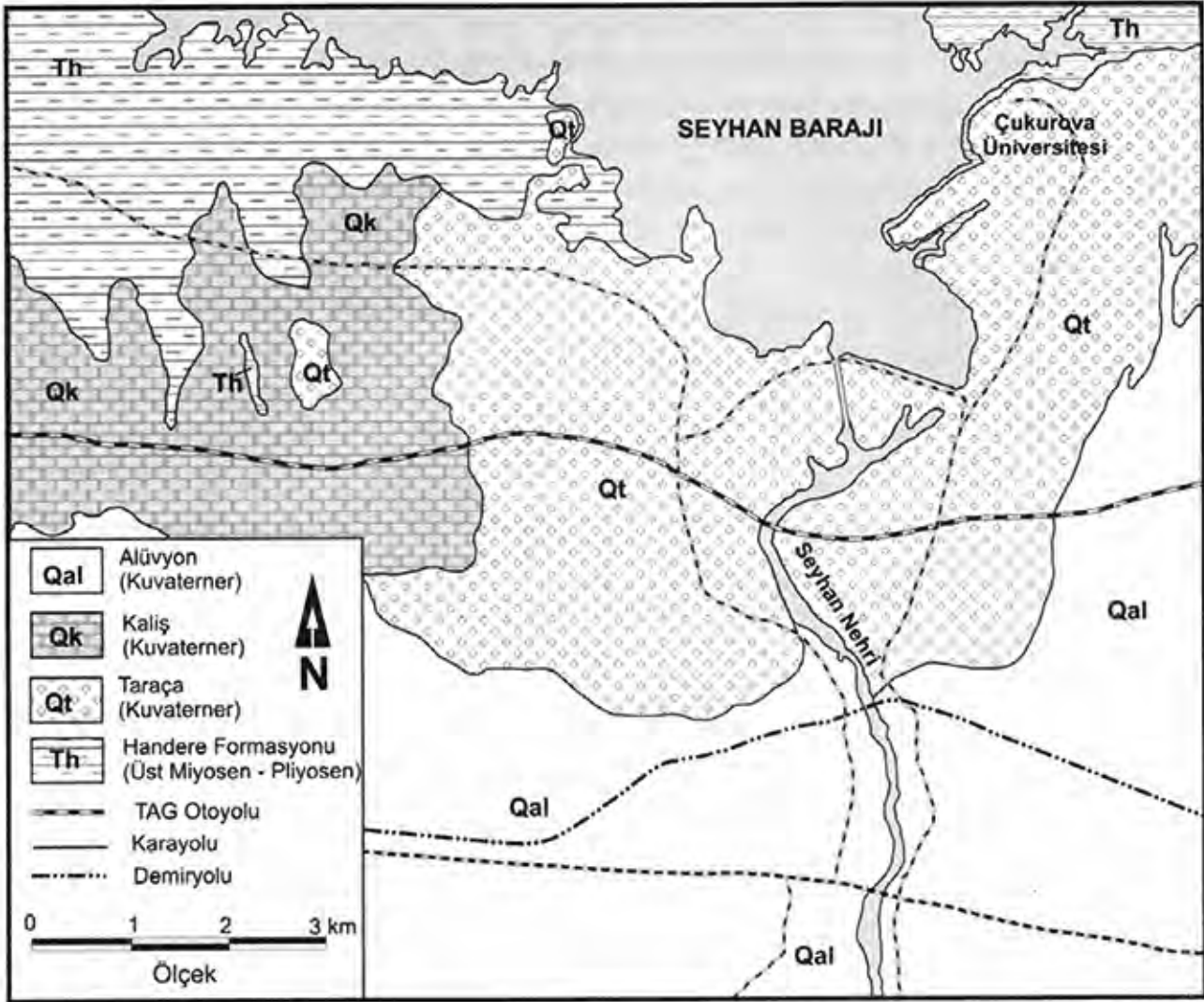
İnceleme alanındaki en yaşlı birim Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı Handere formasyonu'dur. Handere formasyonunun üzerine Kuvaterner yaşlı taraça ve kalış birimleri gelmektedir. Tüm bu birimleri ise, genç alüvyon çökelleri üstlemektedir. Adana ili yerleşim alanı içerisinde kalış çökellerinin ayrıtılan diğer tüm birimlerle dokanak halinde olduğu görülmektedir. Kalış çökelleri altta Handere formasyonuna ait ince taneli birimler ve taraça çökelleri ile üstte ise alüvyonla ilişkilidir (Şekil 2). Yetiş ve Demirkol (1986) birimin Kuvaterner yaşlı olduğunu bildirmişlerdir. Formasyon niteliğinde ilk olarak Schmidt (1961) tarafından adlandırılan Handere formasyonu Adana ili yerleşim alanı kuzeyinde geniş yayılım sunmaktadır. Bu yayılım, çalışma alanı içerisinde de verdiği geniş yüzleklerle dikkat çekmektedir. Birimin esas olarak çakıtaşı, kumtaşı ve silttaşından oluştuğu belirlenmiş ve birime Üst Miyosen – Pliyosen yaşı verilmiştir (Schmidt, 1961).



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

Seyhan Nehri tarafından taşınarak çökeltilmiş taraça çökellerinin Adana havzası içinde esas olarak tutturulmamış ve gevşek tutturulmuş çakıllardan oluşan iki tür malzeme sundukları daha önceki çalışmacılar tarafından bildirilmiştir (Yetiş ve Demirkol, 1986; Çobanoğlu, 2005). Nehir taraçalarının 50 m kadar kalınlığa ulaştığı ifade edilmektedir (Schmidt, 1961). Taraça çökelleri, Adana ili yerleşim alanı içerisinde Seyhan baraj gölünün batısında doğu-batı ve doğusunda kuzeydoğu-güney batı uzanımında yayılım sunmaktadır. Kalışlarla dokanak halinde olan bir diğer birim alüvyon çökelleridir. İnceleme alanındaki alüvyon çökelleri genellikle ince taneli malzemeden (kil ve siltli kil) oluşmaktadır. Taşkın ovası çökeli niteliğindeki bu ince taneli malzemelerle birlikte yayılım sunan ve ara seviyeler halinde yer alan kumlu ve çakıllı birimlere de rastlanmaktadır.



Şekil 2. İnceleme alanının genel jeoloji haritası (Çobanoğlu, 2005).

Figure 2. Generalized geological map of the study area (Çobanoğlu, 2005).

3. KALIŞ PROFİLİ ÖZELLİKLERİ

3.1. Kaliş Oluşumu

Kaliş, genel anlamda yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde, çakıl, kum, silt ve toprak gibi gevşek malzeme içerisinde oluşan tebeşirli, tam pekişmemiş aragonit ya da erken diyajenetik kalsit ve ikincil karbonat oluşumu olarak tanımlanmaktadır (Walls vd., 1975). Yağışın az, sıcaklığın ise fazla olduğu yarı kurak iklim bölgelerinde karbonatlı çözeltiler derinlere sızamadan buharlaştıklarından zeminlerde kalsiyum karbonatı biriktirir ve bu tür oluşumlar genel olarak kaliş olarak tanımlanırlar (Ketin, 1982).

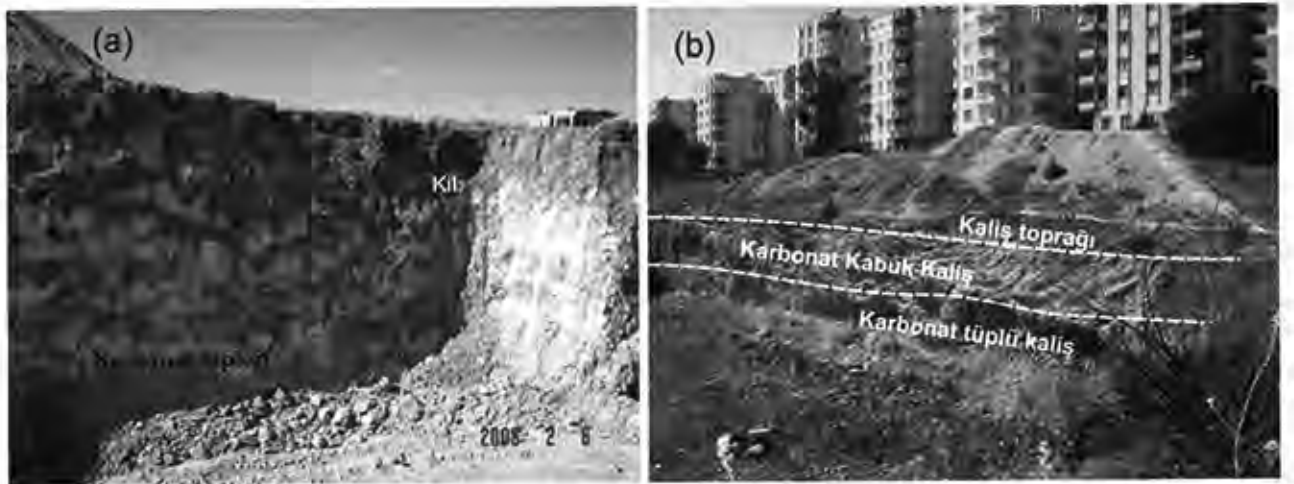
Kaliş oluşumunda, komşu ya da temel kayanın tamamen karbonat ya da karbonatlı olması, bölge topraklarında karbonat bulunması, iklimin kurak-yarı kurak ve çevrede karbondioksitin (CO_2) mevcut olması gibi koşullar gerekmektedir (Atabey vd., 1998). Özellikle kalsiyum ve

magnezyum bikarbonatlı doygun sular nispeten gevşek zeminler, topraklar ve çamurtaşları içerisine süzülerek aşağıya doğru hareket etmektedir. Bu doygun çözeltiler, kurak ve yarı kurak mevsimlerde buharlaşma ve kapilarite yolu ile tekrar yüzeye çıkmaktadır. Yüzeye çıkan çözelti içerisinde karbondioksit (CO_2) buharlaşmakta, su ise durgun hale gelmektedir. Bu şekilde bikarbonatlı doygun eriyiğin bünyesindeki karbondioksit (CO_2) ve su (H_2O) ayrılmaktadır. Bu ayrılmadan sonra, kalsiyum karbonat (CaCO_3) ve magnezyum karbonat (MgCO_3) bileşiminden oluşan yumrulu, düşey ve yatay konumlu karbonat yığılımları oluşmaktadır. Bu şekilde oluşan karbonat kayası jeolojik anlamda kaliş olarak tanımlanmaktadır (Atabey vd.,1998).

3.2. İnceleme Alanındaki Kalişlerin Genel Özellikleri

İnceleme alanındaki kaliş oluşumları; alüvyona ait taşkın ovası çökelleri, göl ortamına ait çakıltaşı, çamurtaşı ve kiltası (Handere formasyonu) ile Seyhan Nehrine ait taraça çakıltaşları içerisinde bulunmaktadır. Oluşumlarında taban kayası ve toprak içindeki karbonatlar ana kaynağı oluşturmaktadır. Bu karbonatlar eriyerek bikarbonatlı eriyikleri türetmiş, daha sonra bu doygun eriyik çökeller içerisine taşınarak ve kılcal yol ile yükselerek kalsiyum karbonat yumruları ve kaliş kabuklarını oluşturmuştur (Çobanoğlu, 2005).

Karbonat kabuk şeklindeki sert kaliş birimi, çökelim koşullarındaki değişikliklere bağlı olarak, kısmen farklı özellikler sunmaktadır. Bunların bir kısmı beyaz, kırılğan ve breşik yapıda ve daha yüksek dayanımlıdır. Diğer bir kısmı ise kırmızımsı, yumuşak ve daha düşük dayanımlıdır. Karbonat kabuk, inceleme alanında topoğrafik olarak kısmen yüksek yerlerdeki yüzlekleriyle dikkat çekmektedir. Karbonat tüplü kırmızı kaliş birimi (softpan) zemin (Şekil 3a), ve karbonat kabuk kaliş olarak tanımlanan kaliş birimi (hardpan) zayıf kaya (Şekil 3b) özellikleri taşımaktadırlar.



Şekil 3. Adana kentinin kuzey kesiminde geniş yayılım sunan kaliş birimi (a) ve yaygın karbonat tüplü oluşumlarının (b) görünümü.

Figure 3. Views from the widespread caliche deposits of the Northern Adana region (a) and carbonate tube occurrences (b).

Birim içerisinde kök kalıpları, kök tüpleri ve parçaları yer almaktadır. Bu kök tüp ve kalıpları daire ve elips şekilli boşluklu olup, genellikle düşük magnezyum ve kalsiyum çimento ile doldurulmaktadır (Klappa, 1980). İnce kesitlerde, erime boşlukları, tane çevrelerinde ve kireç çamuru içerisinde mikro çatlaklar ve bitki kök izleri yaygın olarak görülmektedir. Esteban ve Klappa (1993)' ya göre kalış oluşumlarında tane içi ve tane çevresindeki bu tip mikro çatlaklar ıslanma ve kuruma sonucunda gelişmişlerdir.

Çukurova Havzası'nda geniş bir yayılım gösteren kalış çökelleri, Adana ili yerleşim alanının kuzeyinde mevcut yapılaşmanın devam etmekte olduğu alanda yaygın olarak gözlenmektedir. İnceleme alanı içerisinde Seyhan Nehri batısı ile Seyhan baraj gölünün güneyinde yayılım göstermekte ve inceleme alanının dışında batıya doğru yayılımını sürdürmektedir. Kalışların oluşum şekillerine bağlı olarak farklı zonlar halinde bulundukları bilinmektedir. Bu çalışmada kalışlar iki alt başlık altında incelenmişlerdir.

- (1) Karbonat tüplerinden oluşan kalış – KTK (paleosolik kalış, kolon horizonu, softpan kalış).
- (2) Karbonat kabuk - KKK (karbonat kapak, masif kalış, hardpan kalış).
 - (2a) Beyaz kalış (KKK - BK grubu kalışlar)
 - (2b) Kırmızı kalış (KKK - KK grubu kalışlar)
 - (2c) Çakıllı kalış (KKK - ÇK grubu kalışlar)

3.2.1. Karbonat Tüplerinden Oluşan Kalış (KTK)

Açık kırmızımsı kahverenkli, tutturulmamış, zemin içerisinde bazen uzunlamasına yerleşmiş dikey tüpler ve bazen de saçılmış, dağınık yumrular şeklinde görülmektedirler. Bu oluşumun yukarıdan aşağıya doğru gerçekleşen bir su hareketi ile oluştuğu bilinmektedir (Hatipoğlu, 1998). Saha incelemelerinde, karbonat tüplerinin genişliklerinin 6 ile 17 cm arasında değiştiği belirlenmiştir. Uzunlukları ise farklılıklar göstermekte olup maksimum 2.5 metreyi bulmaktadır. Karbonat tüplerinin oluşumunun ileri aşamalarında, tüplerin birleşerek karbonat kabuğu oluşturdıkları görülmektedir. Bu oluşum ve birimler arasındaki geçiş en tipik haliyle Belediye Evleri Mahallesi'ndeki veri noktasında gözlenmiştir (Şekil 4). Karbonatça zengin suların kılcal olaylar etkisiyle zemin içerisinde yükselerek kalsit bileşiminde killi birimler içerisinde oluşan ve Kapur vd. (1998) tarafından “kolon horizonu” olarak adlandırılan kalış türü Adana yerleşim alanı içerisinde yayılımı en fazla olan kalış türüdür.

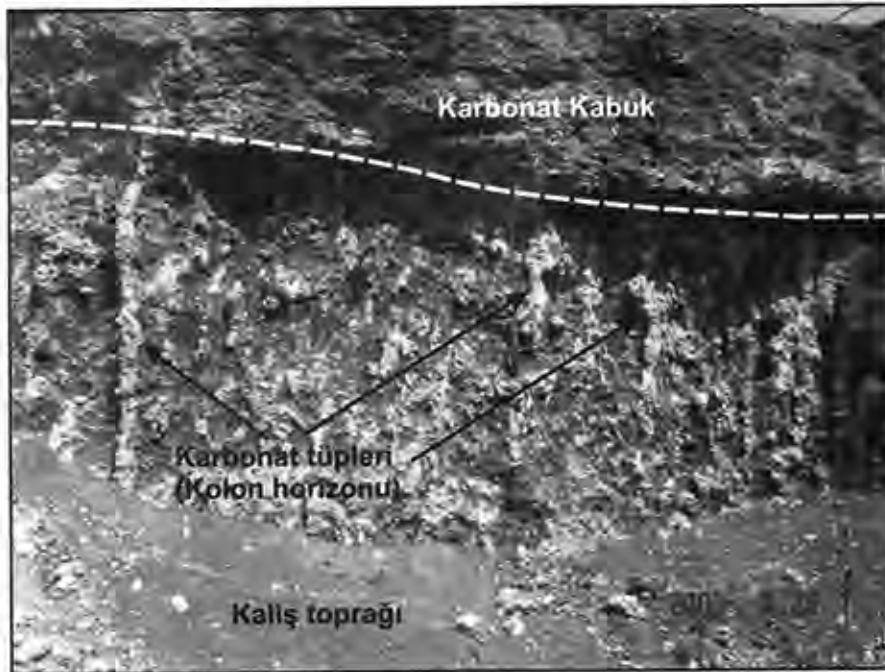
3.2.2. Karbonat Kabuk Kalış (KKK)

Bu çalışma kapsamında yapılan arazi incelemeleri, karbonat kabuğun fiziksel özellikleriyle belirgin bir şekilde ayırt edilebilen değişik türlerinin olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen

blok örneklerden laboratuvarda karot alınırken, blokların su ile temaslarında gösterdikleri renk ayrımı ve ince kesitlerle belirlenmiş yapı ayrıca deneysel olarak belirlenmiş temel fiziksel ve mekanik özelliklerdeki farklılıkları nedeniyle, karbonat kabuk kalış aşağıda tanımlanan alt gruplar halinde adlandırılmış ve incelenmiştir. Bu alt grupların bir yerde birlikte görünebilmeleri, kısa mesafelerde bir gruptan diğerine geçişin olabilmesi, yersel anlamda birimlerin ayırtılmasını olanaksız kılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada böyle bir ayrıma gidilememiştir.

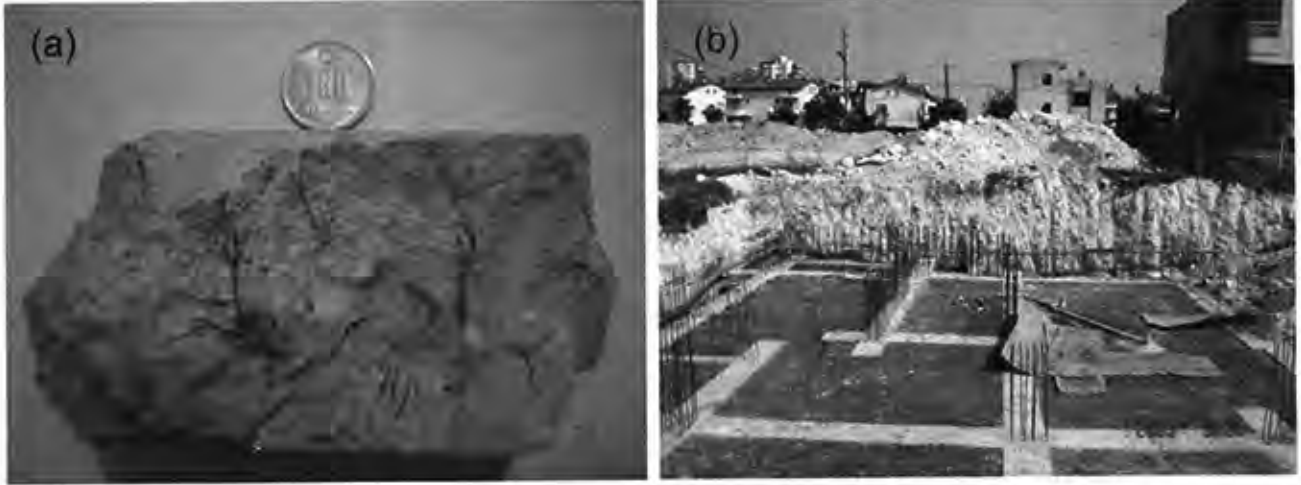
Karbonat kabuk kalış, kalış birimi içerisinde en sert olan kaya kısmını oluşturmaktadır. İncelenen bazı lokasyonlarda karbonat tüplü kalışten karbonat kabuğa geçiş net olarak izlenebilmiştir (Şekil 4). Karbonat kabuk kalış tamamen zayıf kaya kütlesi özellikleri sunmaktadır. Birim, aynı zamanda bol bitki kalıntıları ve kök izleri içermektedir (Şekil 5 a ve b). Bitki kalıntılarının varlığı, kabuğun laminalı ya da damarlı bir görünüm sunmasına neden olmaktadır. Kaya kütlesi içinde bitki kök artıkları ve kalıntıları boyunca oksidasyondan etkilenmenin fazlalığı dikkati çekmektedir.

Bu çalışma kapsamında Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Jeokimya Laboratuvarında yapılan kimyasal analizler, kayaçların yüksek oranda kalsiyum karbonat içerdiklerini ortaya koymuştur. Kimyasal analizler, hem karbonat kabuk kalışten alınan kaya örneklerinden hem de karbonat tüplü kalışten alınan örnekler üzerinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karbonat yumrulu ve tüplü kalışler ile karbonat kabuk kalışe ait örneklerin kimyasal bileşimlerinin birbirlerine yakın olduklarını ortaya koymuştur (Çizelge 1). Bu belirleme, tüplerden oluşan kalışin, karbonat kabuk kalış oluşumunun başlangıç aşaması olduğu varsayımını da desteklemektedir.



Şekil 4. Değişik kalış oluşum seviyelerinin Belediye Evleri inceleme noktasında saptanmış görüntüsü (00805 D/ 02769 K, 123 m).

Figure 4. A view from different caliche levels at Belediye Evleri (00805E / 02769N, 123m).



Şekil 5. (a) Karbonat kabuk içerisinde yer alan bitki kök kalıntıları (a) ve masif kaliş birimi içerisinde açılmış bir yüzey kazısı (Belediye Evleri Mahallesi) (b).

Figure 5. (a) Plant root remnants in carbonate crust (a), and a surface excavation within massive caliche unit (Belediye Evleri) (b).

Bu çalışmada karbonat kabuk kaliş birimi fiziksel özelliklerindeki farklılaşmalar dikkate alınarak üç ayrı grup altında incelenmiştir. Bu ayrımada, gözlemsel tanımlamaların ve ayrımların doğruluklarını kontrol etmek amacıyla petrografik incelemeler de yapılmıştır. Bu incelemelerden elde edilen sonuçlar aşağıda ana hatlarıyla sunulmuştur.

Çizelge 1. İnceleme alanındaki kaliş örneklerine ait kimyasal analiz (%) sonuçları.

Table 1. Chemical analysis results of the caliche samples taken from the study area.

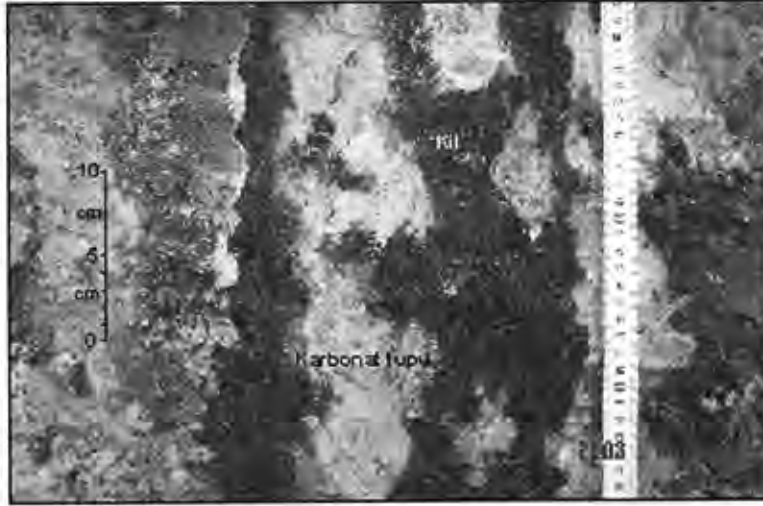
Örnek Yeri	pH	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CaCO ₃
Şambayat*	-	2.80	1.20	0.45	53.30	-	-
Kabasakal*	-	3.08	1.78	0.32	52.90	-	-
ME.Ü.Kongre Binası**	-	15.75	1.51	-	41.81	0.87	95.55
ME.Ü.Kongre Binası**	-	7.80	1.94	-	46.49	0.90	89.07
ME.Ü. Spor Kompleksi**	-	7.45	1.60	-	47.94	0.82	75.52
Mavi Bulvar sonu (28)	8.60	2.66	0.50	0.27	52.85	0.23	94.23
Belediye evleri Mah. (51)	8.45	2.09	0.36	0.24	52.20	0.70	93.07
Seyhan İlköğretim Ok. (46)	8.45	1.34	0.14	0.13	52.93	1.15	94.37
Carrefour batısı (38 a)	8.33	1.96	0.35	0.22	51.66	1.11	92.11
Carrefour güneyi (38 b)	8.38	2.85	0.33	0.20	51.68	0.83	92.16
Belediye evleri (47)	8.42	4.41	0.64	0.41	50.68	1.37	90.36

* Yetiş ve Demirkol (1986)'un verisi

** Hatipoğlu (1998)'nin verisi

3.3. Mineralojik Bileşim

Kapur vd. (1998), kolon horizonundaki kil minerali türlerini paligorskit ve simektit olarak belirlemiştir. Söz konusu araştırmacılar tarafından belirtilen yüksek miktardaki karbonat matriksin varlığına bu çalışma kapsamında yapılmış olan ince kesit incelemelerinde de rastlanmıştır. Arazi gözlemleri, karbonatça zengin olan tüplü kesimin yanal devamlılıklarının olmadığını ve kendi içinde düzenli sürekliliğinin de bulunmadığını ortaya koymuştur (Şekil 6).



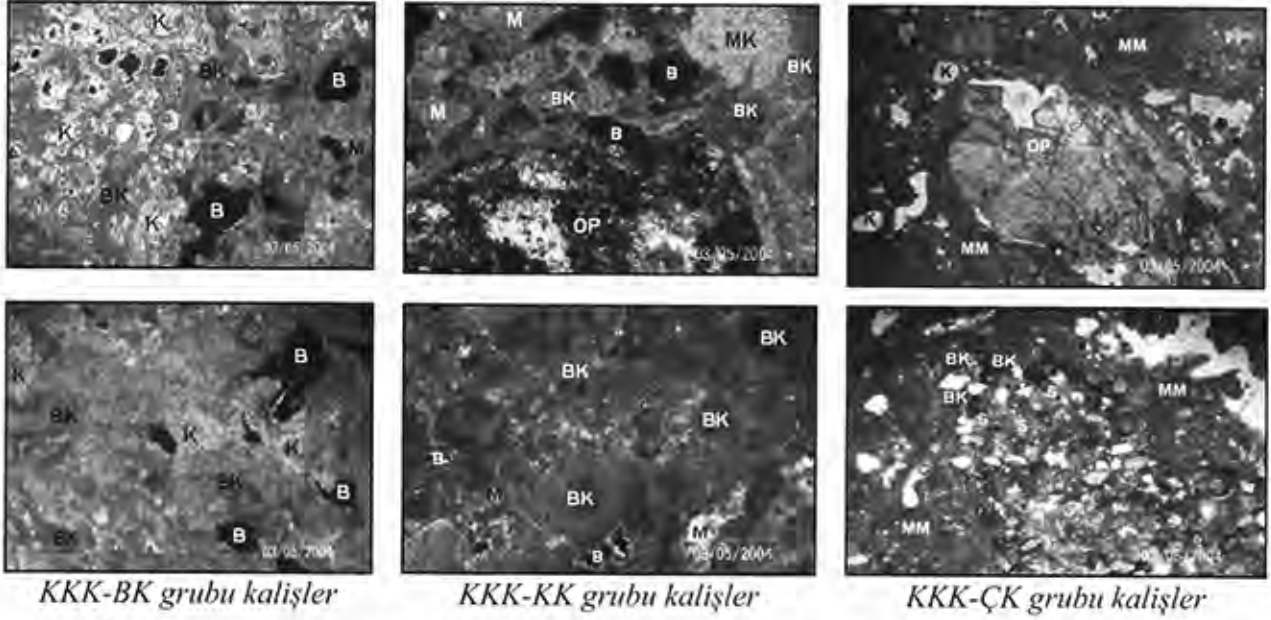
Şekil 6. Karbonat tüplü kalişin killi birim içindeki kolonsal görünümü.

Figure 6. A view from the columnar feature within the clayey unit of the caliche with carbonate tubes.

Kapur vd. (1998), karbonat kabuk kalişte (paleosolik kaliş) ise simektit türü kil minerallerinin varlığını belirtmişlerdir. Ancak bu çalışmada, bu minerallerin varlığını doğrulayabilecek bir kil analizi yapılamamıştır. İnce kesit çalışmaları, arazi gözlemleri ve fiziksel özellikler esas alınarak farklılıkları belirlenmiş KKK-BK, KKK-KK ve KKK-ÇK grubu kaliş çökelleri için ayrı ayrı yapılmıştır (Şekil 7). Mikroskop çalışmaları, ince kesit bileşenlerinin mikritik matriks (MM), mikritik olmayan matriks (M), bitki kalıntıları (BK), kuvars taneleri (K), ofiyolit taneleri (OP) ve boşluklardan (B) oluştuğunu ortaya koymuştur.

4. KALIŞ ÇÖKELLERİNİN FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde, bu çalışma kapsamında yapılan arazi ve laboratuvar deney sonuçları ve değerlendirilmesi sunulmuştur. Hem kuru sistemle, hem de sulu sistemle yapılan sondajlı incelemelerde, yumuşak kaliş çökelleri ile ilgili yeterli bilgi elde edilememiştir. Kuru sistemde ilerlemelerde güçlüklerle karşılaşmış, sulu sistemde ise tamamen örselenmiş örnekler elde edilebilmiştir. Bu birimdeki sondajlı incelemeler sırasında yapılan SPT deneyleri ise, gerçeği yansıtmayan oldukça yüksek darbe sayıları vermiştir. Birim içerisindeki killi kısımlar düşük darbe sayıları verirken, kalişleşmeye bağlı olarak karbonatlaşmış kısımlar oldukça yüksek darbe sayılarının elde edilmesine neden olmuştur.



Şekil 7. Karbonat kabuğa ait farklı kalış türlerinin tipik ince kesit görüntüleri ve bileşenleri.
 Figure 7. Typical thin section views of different types of caliches in carbonate crust and its components.

Kaya özelliği gösteren karbonat kabuk kalışte ise, sondajlar sırasında uygun boyutlarda karot elde edilememiştir. Islanmaya karşı yüksek derecede duyarlı olması, karbonat kabuk kalış çökellerinin de incelenmesinde verimli sonuç alınamamasına neden olmuştur. Bu nedenle yapılan sondajlardan elde edilen bilgilerin değerlendirme dışı tutulması uygun görülmüştür. Karbonat kabuğa ait kalışlerde yapılan tüm deneyler, temel kazılarında kırıcı makineler tarafından kırılarak elde edilmiş bloklardan alınan karotlar üzerinde yapılmıştır.

4.1. Fiziksel Özellikler

Kalış çökelleri oldukça değişken fiziksel ve mekanik özellikler göstermektedirler. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonucunda elde edilmiş fiziksel ve mekanik parametreler Çizelge 2’de verilmiştir. Zemin sınıflarına bakıldığında, yumuşak kalışlerin yaygın olarak CH, MH, CL ve ML türü ince taneli zeminler içinde gelişmiş oldukları görülmektedir.

Yumuşak kalış birimi kullanılarak yapılan makaslama deneylerinin sonuçları, killi birim içerisinde yer alan karbonatlı malzeme ve diğer ince ve iri tane miktarına bağlı olarak kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinin değiştiğini ortaya koymuştur. Deneysel çalışma, yumuşak kalış seviyelerinin kohezyonunun 11 ile 55 kPa, içsel sürtünme açısının ise 5° ile 23° arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Elde edilen bu değerlerin Çizelge 2’de sunulan diğer verilerden büyük oranda farklı olması dikkat çekicidir. Bunda, uygulanan deney yöntemleri ile birlikte örnek alımının da etkili olduğu düşünülmektedir.

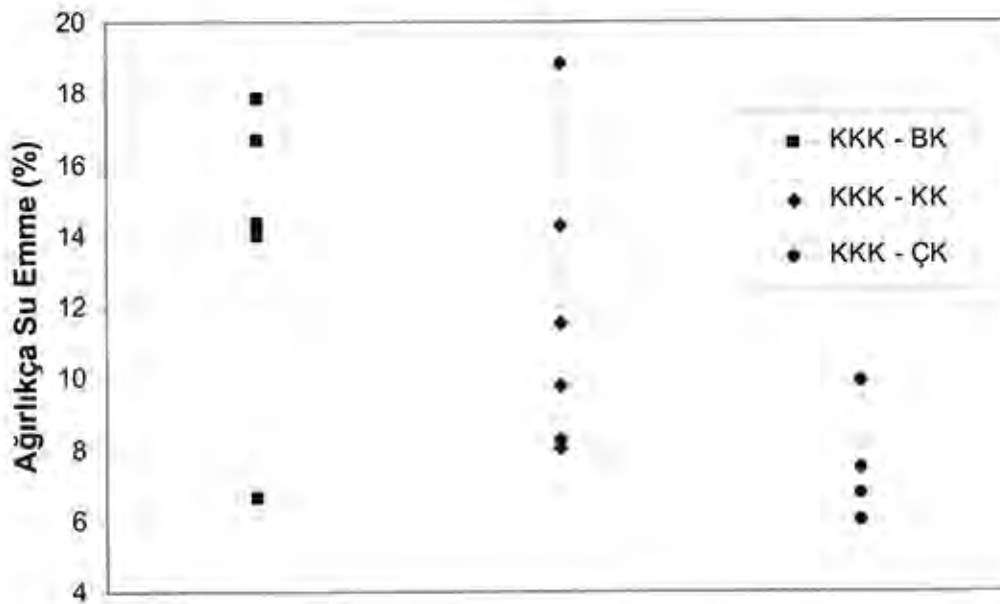
Kaya özelliği gösteren ve bu çalışmada üç gruba ayrılarak incelenen sert kalış (karbonat kabuk

Çizelge 2. Kaliş çökelleri için elde edilmiş bazı fiziksel özelliklerin değişimleri.

Table 2. Variations in some physical properties of the caliche deposits.

Veri No.	Yer	Derinlik (m)	LL (%)	PL (%)	γ_n (kN/m ³)	c (kPa)	φ (°)	Birim
ZE-366*	Belediye Ev.	1.50	37.0	21.1	20.6	336	-	Zemin
MES-1*	Kireçocağı	2.20	51.0	28.0	17.1	130	-	Zemin
ZE-375*	Esentepeler	3.00	69.9	29.0	20.0	164	-	Zemin
İMO-10*	100. Yıl M.	1.80	57.0	20.8	19.7	50	-	Zemin
İMO-15*	Kurttepe	5.50	78.7	41.4	19.2	400	-	Zemin
İMO-32*	Umudum Ok	3.50	60.4	28.9	20.0	200	-	Zemin
İMO-42*	Kurttepe	3.50	58.4	20.6	18.8	67	4.0	Zemin
AÇ-51	Belediye Ev.	4.50	-	-	17.1	12	23.2	Zemin
AÇ-47	Belediye Ev.	4.00	-	-	19.7	-	-	Kaya
AÇ-47 a	Esenşehir	3.50	-	-	19.3	-	-	Kaya
AÇ-47b	Belediye Ev.	5.00	-	-	20.2	-	-	Kaya
AÇ-46	Seyhan İlk.	1.00	-	-	19.2	-	-	Kaya
AÇ-43	Huzurevleri	4.00	52.0	27.6	18.1	38	5.0	Zemin
AÇ-38	Carrefour	3.50	-	-	20.6	-	-	Kaya
AÇ-38a	Carrefour	5.00	41.1	18.6	19.6	43	8.0	Zemin
AÇ-28	Mavi Bulvar	4.00	32.4	18.0	17.9	55	16.0	Zemin
AÇ-14	Yeşiloba	3.00	42.3	28.5	17.9	36	13.3	Zemin
AÇ-13	Mavi Bulvar	4.00	61.0	24.2	17.3	11	14.6	Zemin
AÇ-11	Huzurevleri	6.00	-	-	19.4	30	18.5	Zemin
AÇ- 8	Yurt Mah.	4.30	-	-	17.6	16	19.0	Zemin
Değişim Aralığı			32-79	18-42	17-21	10-400	5-24	

*Bölgede farklı kişi ve kuruluşlarca yapılan etüt çalışmalardan elde edilmiş veriler olup, bunların dışındaki veriler, bu çalışmada elde edilmiştir.



Şekil 8. Ağırlıkça su emme değerlerinin karbonat kabuk kaliş grupları içindeki değişimleri.

Figure 8. The variations of water adsorption by weight of different groups of carbonate crust caliche.

kaliş) biriminden alınan karot numuneler üzerinde yapılan ağırlıkça su emme deneylerine ait sonuçlar Şekil 8’de gösterilmiştir. Şekil 8’deki su emme değerleri 24 saat sonunda elde edilmiştir. KKK-ÇK grubu kalişlerde ağırlıkça su emmenin KKK-BK ve KKK-KK grubu kalişlere oranla daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, ÇK grubu kalişler içinde sıklıkla rastlanılan çakıl boyutu malzemenin su emmeye uygun olmamasıdır. KKK-KK ve KKK-BK grubu kalişlerin su emme değerleri ise maksimum % 17.84 – % 18.86 gibi birbirine oldukça yakın değerler vermiştir.

Düzgün şekilli olmayan örneklerin birim hacim ağırlıkları suya daldırma yöntemiyle belirlenmiş olup, porozite değerleri ile birlikte Çizelge 3’de sunulmuştur. Bu çizelgede verilen sonuçlar değerlendirildiğinde, en düşük porozite değerleri ile en yüksek kuru birim hacim ağırlık değerlerinin KKK-ÇK grubu kalişlere ait örneklerden elde edildiği görülmektedir. Bu durumun, esas olarak, kaliş içerisindeki çakıl boyutundaki tanelerin kendi birim ağırlıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu grup içerisinde yer alan çakılların birim hacim ağırlıklarının 24.9 ile 26.7 kN/m³ arasında değiştiği belirlenmiştir. Karbonat kabuğa ait deney sonuçları, kuru birim hacim ağırlıklarının 19.2 ile 22.9 kN/m³ ve doymun birim hacim ağırlıklarının 21.8 ile 24.0 kN/m³ değerleri arasında değişmekte olduğunu ortaya koymuştur.

Çizelge 3. Kaya olarak tanımlanan kaliş örneklerinin bazı fiziksel parametreleri.

Table 3. Some physical parameters of hard caliche samples.

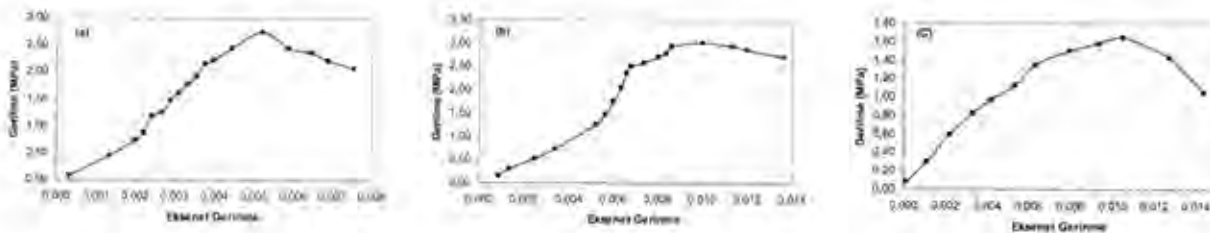
Örnek No.	Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	Porozite (%)
KK-Bha.1	19.3	21.8	24.54
KK-Bha.2	22.6	23.8	17.66
KK-Bha.3	20.0	22.1	21.40
BK-Bha.1	19.5	21.9	23.05
BK-Bha.2	19.2	21.8	26.26
BK-Bha.3	19.4	22.0	25.76
BK-Bha.4	20.0	22.4	23.28
ÇK-Bha.1	21.2	22.8	16.46
ÇK-Bha.2	22.9	24.0	10.93
ÇK-Bha.3	21.8	23.3	15.13
Değişim	19.2-22.9	21.8-24.0	10.5-25.0

4.2. Kaya Olarak Tanımlanan Kalış Örneklerinin Mekanik Özellikleri

Blok örneklerden hazırlanan 42 mm çaplı karot örnekleri üzerinde düşey deformasyon kontrollü tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri ISRM (1981)'e göre yapılmıştır. Tek eksenli sıkışma dayanımları, hem kuru hem de farklı su içeriklerine sahip örnekler üzerinde ayrı ayrı tayin edilmiştir. Karot örnekler üzerinde tek yönlü deformasyon okumaları da alınabilecek şekilde yükleme yapılmış, deneylerde yükleme hızı 0.1 kN/s olarak seçilmiştir. Bu düşük yükleme hızının seçiminde kayanın düşük dayanımlı olması dikkate alınmıştır. Elde edilen değerlere göre kalışlar, Deere ve Miller (1966), ISRM (1978) ve Hoek (1998) tarafından önerilmiş kaya sınıflandırılmalarına göre sınıflandırılmışlardır. Tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerine (Çizelge 4) göre tanımlandıklarında kalışlar, ISRM (1978)'e göre "çok düşük dayanımlı" (1.0-5.0 MPa arasında) kaya sınıfında, Deere ve Miller (1966) sınıflamasına göre "çok düşük dayanımlı" (< 27.5 MPa) kaya sınıfında ve Hoek vd. (1998)'nin sınıflamasına göre "çok düşük dayanımlı, RO" (1.0-5.0 MPa arasında) kaya sınıfında yer aldıkları görülmektedir. Her üç sınıflama tarafından bu birimin "çok düşük dayanımlı kaya" olarak tanımlandığı görülmektedir.

KKK-BK, KKK-KK ve KKK-ÇK kalış grupları için tipik gerilme-birim deformasyon (gerinme) eğrileri Şekil 9'da verilmiştir. Şekillerden KKK-BK ve KKK-KK grubu örnekler için deformasyon eğrilerinin oldukça düzgün ve tipik olduğu, buna karşılık KKK-ÇK grubu örnekler için eğrinin çakıl boyutu malzemelerden kaynaklanan şekilde farklılık sunduğu görülmektedir. Bu duruma, kalış içindeki çakıl taneleri ile bağlayıcı malzemenin dayanımlarının farklı olmasının neden olduğu düşünülmüştür. Zira, KKK-ÇK grubu kalışlarda elde edilmiş gerilme-birim deformasyon eğrileri belirgin bir dalgalı görünüm sunmaktadır. Bu durum, kayacın yenilmesi sırasında çakıl tanelerinin karbonatlı bağlayıcıdan daha yüksek dayanıma sahip olmasından ileri gelmektedir. Bu grup kalışlarda, yüklemeler sırasında, tanelerin yeniden paketlenmelerine bağlı olarak yük azalmasının ve ardından yeniden yük artışlarının tipik olduğu görülmüştür.

Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri sırasında düşey deformasyon ölçümleri de yapılarak örneklerin elastisite modülleri belirlenmiştir. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir. Deneylerin farklı doygunluk derecelerine sahip örnekler üzerinde yapılmış olması, kayacın kuru ve doymun durumlardaki tek eksenli sıkışma dayanımları arasındaki farkların belirlenebilmesini sağlamıştır.



Şekil 9. Kalış grupları için tipik gerilme – birim deformasyon eğrileri: (a) KK 8, (b) ÇK 8 ve (c) BK 5 no.lu örnekler.

Figure 9. Typical stress – strain curves for the specimens of caliche groups: (a) KK 8, (b) ÇK 8 and (c) BK 5.

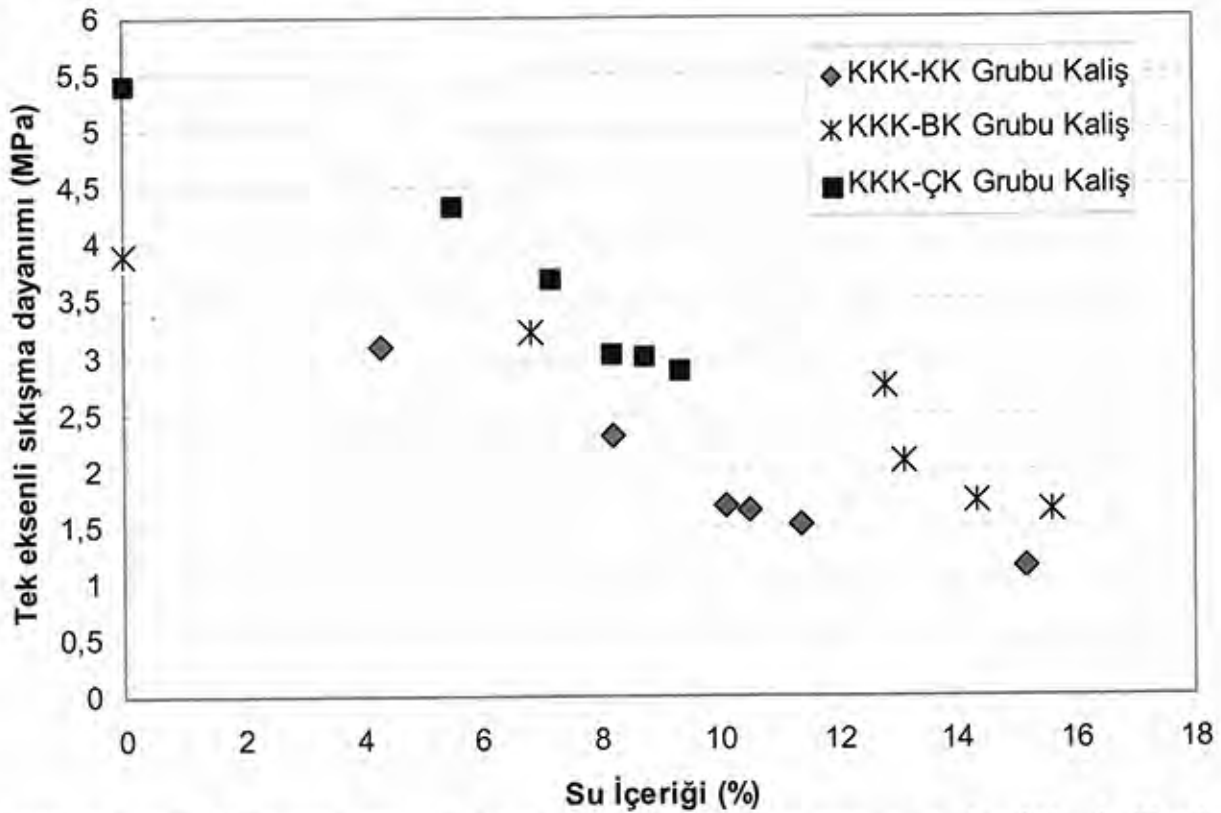
Çizelge 4. Tek eksenli sıkıştırma dayanımı (UCS) deneylerinin sonuçları.

Table 4. The uniaxial compressive test results from hard caliche units.

Örnek No	UCS (MPa)	Su içeriği (%)	E_t (GPa)	E_s (GPa)	E_{ort} (GPa)
KK 1	2.10	0.00	0.93	0.62	0.45
KK 2	1.49	0.00	0.57	0.58	0.51
KK 3	1.20	0.00	0.20	0.23	0.28
KK 4	2.10	11.38	0.24	0.36	0.30
KK 4*	3.98	8.24	0.73	0.66	0.76
KK 5	1.96	0.00	0.36	0.34	0.30
KK 6	1.07	0.00	0.25	0.26	0.28
KK 7	2.37	0.00	0.58	0.40	0.67
KK 8	2.74	0.00	0.77	0.59	0.70
KK 9	3.31	0.00	0.75	0.92	0.55
KK 10	1.15	15.15	0.28	0.43	0.22
KK 11	1.63	10.50	0.55	0.50	0.52
KK 12	1.69	10.12	0.44	0.53	0.30
KK 13	2.30	0.00	-	-	-
KK 14	2.11	0.00	0.38	0.40	0.54
KK 15	2.21	0.00	0.48	0.28	0.44
KK 16	2.07	0.00	0.73	0.75	0.72
KK 17	2.30	0.00	0.42	0.27	0.53
KK 18	3.60	0.00	-	-	-
KK 19	2.74	0.00	0.30	0.31	0.32
KK 20	2.81	0.00	0.69	0.71	0.67
KK 21	1.26	0.00	0.34	0.48	0.26
KK 22	2.16	0.00	0.40	0.51	0.64
KK 23	2.14	0.00	0.69	0.81	0.66
KK 24	2.60	0.00	0.42	0.28	0.40
Değişim Aralığı	1.07-3.98		0.20-0.93	0.23-0.92	0.22-0.76
BK 1	2.25	0.00	0.33	0.73	0.55
BK 3	3.90	0.00	0.76	0.73	0.75
BK 4	3.23	0.00	0.74	0.42	0.66
BK 5	1.65	15.59	0.23	0.24	0.21
BK 6	1.73	14.33	0.32	0.34	0.30
BK 7	2.74	12.79	0.35	0.39	0.36
BK 8	2.07	13.11	0.51	0.44	0.49
B2	3.09	0.00	0.60	0.35	0.40
B3	2.93	0.00	0.55	0.61	0.46
B4	2.81	0.00	0.33	0.21	0.46
Değişim Aralığı	1.65-3.90		0.23-0.76	0.21-0.73	0.21-0.75
ÇK 8	3.02	8.74	0.49	0.28	0.50
ÇK 9	3.84	0.00	0.68	0.60	0.76
ÇK 10	2.34	5.53	0.40	0.50	0.37
ÇK 11	5.42	0.00	0.84	0.91	0.78
ÇK 12	3.70	7.19	-	-	-
ÇK 13	3.03	8.21	0.85	0.83	0.87
ÇK A1	4.15	0.00	1.00	0.66	0.95
ÇK A2	4.32	0.00	1.00	0.72	0.88
Değişim Aralığı	2.34-5.42		0.40-1.00	0.28-0.91	0.37-0.95
En küçük	1.07	-	0.20	0.21	0.22
En büyük	5.42	-	1.00	0.91	0.95

E_t : Tanjant elastisite modülü, E_s : Sekant elastisite modülü, E_{ort} : Ortalama elastisite modülü

Tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri KKK-ÇK grubu kalışlerde dayanımın KKK-KK ve KKK-BK grubu kalışlere göre belirgin bir şekilde yüksek olduğunu ortaya koymuştur. KKK-BK ve KKK-KK grubu kalışler ise, birbirlerine oldukça yakın dayanım değerleri vermişlerdir. Örneklerin farklı su içeriklerinde sıkışma dayanımlarının değişimini incelemek amacıyla elde edilmiş veriler değerlendirilmiş ve Şekil 10'da sunulmuştur. KKK-ÇK grubu kalışlerde su içeriğindeki artışa bağlı olarak tek eksenli sıkışma dayanımındaki azalma KKK-KK ve KKK-BK grubu kalışlere göre daha az olmuştur.



Şekil 10. Farklı kalış grupları için tek eksenli sıkışma dayanımının su içeriğine bağlı olarak değişimi.

Figure 10. Variation of the uniaxial compressive strength with water content of different caliche groups.

Karbonat kabuk kalış birimi için bir değerlendirme yapıldığında, doymun durumdaki kayacın sıkışma dayanımı (1.15 MPa) ile kuru durumdaki kayacın sıkışma dayanımı (5.42 MPa) arasında % 79'luk bir fark olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İkincil sedimantasyon ürünü olmaları, kalış çökellerinin diğer zeminlerden oldukça farklı özellikler sunmalarına neden olmaktadır. Adana ili yerleşim alanı içerisinde üzerinde yapılaşmanın da olduğu bir birim olması nedeniyle kalış çökelleri ayrı bir önem arz etmektedir. Sert kabuk biriminin diyajenez geçirmemiş olması, özellikle atmosferik

koşullardan hızla etkilenmesi ve bünyesinde dışarıdan gelen ve tane olmayan çok sayıda farklı malzeme içermesi, birimin fiziksel ve mekanik özelliklerini değişken kılmaktadır. Bu açıdan, birimin kaya kütlesi olarak nitelendirilebileceği düşünülse de, bazı yerlerde kaya malzemesi özellikleri sunduğu da yapılan arazi incelemeleri sırasında görülmüştür. Bu birimin hemen altında yer alan yumuşak kalış çökellerinin ise, ağırlıklı olarak kil tane boyutunda malzeme içermesi, tanelerin tutturulma derecelerinin oldukça düşük olması ve yine atmosferik olaylar ve özellikle de suyla kolayca dağılıp parçalanmaları, yumuşak kalış çökellerinin zemin özellikleri sunmasına neden olmaktadır. Karbonat kabuğa ait sert kalış örnekleri üzerinde yapılan petrografik çözümler, kalış bileşenlerinin mikritik matriks, mikritik olmayan matriks, bitki kalıntıları, kuvars taneleri, ofiyolit taneleri ve boşluklardan oluştuğunu ortaya koymuştur. İnceleme alanındaki yumuşak kalış çökellerinin CH, MH, CL ve ML türü ince taneli zemin litolojileri içinde oluştuğu belirlenmiştir. Kalışın sert kısmındaki litolojik farklılığın yumuşak kısma göre daha fazla olduğu görülmektedir. Daha ayrıntılı olarak incelenen karbonat kabuğa ait sert kalış çökelleri, bu çalışma kapsamında KKK-ÇK (çakıllı kalış), KKK-BK (beyaz kalış) ve KKK-KK (kırmızı kalış) olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Bunlardan KKK-ÇK grubu kalışların, mikroskopik ve makroskopik özelliklerine bağlı olarak, diğer kalış türlerinden daha yüksek dayanıma sahip oldukları belirlenmiştir. Bununla birlikte, yapılan tek eksenli sıkışma dayanımı deneyleri, kalışların tamamının "düşük dayanımlı kaya" sınıfında yer aldığını ortaya koymuştur. Kayacın kuru ve doymun haldeki tek eksenli sıkışma dayanımları arasındaki % 79'luk fark, bu tür düşük dayanımlı kayalar için önem taşımaktadır. Bu nedenle, tek eksenli sıkışma dayanımı deneylerinde doymun kalış örneklerden elde edilecek fiziko-mekanik parametrelerin kullanılması daha güvenilir tasarımların yapılmasını sağlayacaktır. Birim içerisinde yapılan sondajlı zemin incelemeleri yeterli nitelik ve nicelikte örnek alınamaması yüzünden başarılı olamamıştır. Bu birimlerde sığ temel tasarımları için, sondajlı zemin incelemeleri yerine, sığ yüzey kazılarından elde edilecek örselenmemiş örnekler üzerinde yapılacak deneylerden belirlenecek dayanım değerleri ile daha doğru bilgilerin elde edileceği düşünülmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, TÜBİTAK (ÇAYDAG 103Y004) ve Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu (FBE2000D183) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Atabey, E., Atabey, N. ve Kara, H., 1998. Kırşehir yöresi kalış (kalkrit) oluşumlarının sedimentolojisi. MTA Dergisi, 120, 93-104.
- Çobanoğlu, İ., 2005. Adana ili ve yakın çevresinin jeoteknik koşullarının statik ve sismik durumlar için coğrafi bilgi sistemi ile değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana (yayınlanmamış).

- Deere, D.U., and Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties of rock. Technical Report No. AFNL-TR-TR-65-116. Air Force Weapon Laboratory.
- Esteban, M., and Klappa, C.F., 1993. Subaerial exposure environments: Carbonate depositional environments. AAPG Memorial, 33, 2- 54.
- Hatipoğlu, Z., 1998. Çiftlikköy (Mersin) ve çevresindeki kalışın oluşumu ve özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin (yayınlanmamış).
- Hoek, E., Marinos, P., and Benissi, M., 1998. Applicability of the Geological Strength Index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses: The case of the Athens Schist formation. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 57, 151-160.
- ISRM, 1978. Commission on standartisation of laboratory and field tests, suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanical Abstracts, 15, 319-368.
- ISRM, 1981. Rock Characterization, Testing and Monitoring, In: E.T. Brown (ed.), Pergamon Press, Oxford.
- İzcankurtaran, Y., 2003. Adana ili Seyhan Nehri sol sahil (Yüreğir) hidrojeolojik etüdü. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (yayınlanmamış).
- Kapur, S., Saydam, C., Akça, E., Çavuşgil, V.S., Karaman, C., Atalay, İ., and Özsoy, T., 1998. Carbonate pools in soils of the mediterranean: A case study from Anatolia. In: R. Lal, J.M. Kimble, B.A. Stewart (eds.), Global Climate Change and Pedogenic Carbonates Lewis Publishers, pp. 187-212.
- Ketin, İ., 1982. Dış Olaylar ve Yeryüzü Şekilleri, Cilt II, İTÜ Yayını, 396 s.
- Klappa, C.F., 1980. Rhizoliths in terresrial carbonates; classification, recognition, genesis and significance. Sedimentology, 27, 613 – 629.
- Schmidt, E., 1951. A non-destructive concrete tester. Concrete, 59 (8), 34-35.
- Schmidt, G.C., 1961. Stratigraphic nomenclature for the Adana region petroleum district. 7th Petroleum Administration Bulletin, 6, 47-63.
- Walls, R.A., Harris, W.B., and Nunan, W.E., 1975. Calcareous crust (caliche) profiles and early subaerial exposure of Carboniferous carbonates, northeastern Kentucky. Sedimentology, 22, 417 – 440.
- Yetiş, C. ve Demirkol, C., 1986. Adana baseni batı kesiminin detay jeoloji etüdü. MTA Derleme Rapor No. 8037, Ankara (yayınlanmamış).

MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ BÜLTENİ

AMAÇ, YAYINA KABUL İLKELERİ VE YAZIM KURALLARI

AMAÇ

Mühendislik Jeolojisi Bülteni,

1. Türkiye’de mühendislik jeolojisi konusunda gerek duyulan bilimsel teknik iletişimi saylamak.
2. Türkçe’nin bilimsel ve mesleki yayın dili olarak gelişmesi ve yabancı sözcüklerden arındırılması çabalarına katkıda bulunmak,
3. Mühendislik jeolojisi konusunda uluslararası düzeyde yapılan çalışmaların özellikle uygulamacılar tarafından kolayca izlenebilmesini ve yararlanılabilirliğini sağlamak amacıyla yayımlanmaktadır.

NİTELİK,

Mühendislik Jeolojisi Bülteni’nde yayımlanması istemiyle gönderilecek olan yazılar mühendislik jeolojisinin herhangi bir alanında bir konuyu içermesi koşuluyla, aşağıdaki niteliklerden en az birini taşımalıdır:

1. Bilimsel yöntemlerle yapılmış özgün sonuçları olan bir çalışma,
2. Mühendislik jeolojisi konusunda daha önce yapılmış çalışmaları eleştiren bir yaklaşımla derleyen ve o konuda katkı sağlayan eleştirel, derleme veya uygulamaya dönük bir çalışma,
3. Mühendislik jeolojisi konusunda Türkiye’yi büyük ölçüde ilgilendiren ve yabancı bir dilde yayımlanmış bir yazının Türkçe versiyonu.

Yazıların Bülten’de yayımlanabilmesi için daha önce Türkçe yayımlanmamış olması gerekir.

YAZILARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAYINA KABUL İLKELERİ

Mühendislik Jeolojisi Bülteni Editörlüğü’ne sunulan yazılar, öncelikle içerik, sunum, yayım kuralları vd. yönlerden Editörlük tarafından incelenir ve daha sonra değerlendirmek üzere en az iki Yayın Kurulu üyesine gönderilir. Yayın Kurulu üyelerinden gelecek görüşler doğrultusunda yazının doğrudan, az veya önemli ölçüde düzeltilmesi koşuluyla yayımlanmasına veya reddine Editörlükçe karar verilerek sonuç yazarlara bildirilir. Yazarlar, incelemecilerin ve Editörlüğün yaptığı eleştiri, öneri ve düzeltmelere ilişkin yanıtlarını ayrı sayfalarda gerçekleriyle birlikte açıklamalıdır.

YAZIM DİLİ

Mühendislik Jeolojisi Bülteni’nin yazım dili “Türkçe” dir. Bununla birlikte; yazıların başlıkları, özetleri, anahtar kelimeler ve tüm çizelgelerin başlıkları ile şekil altı açıklamaları Türkçe ve İngilizce olarak iki dilde birlikte verilmelidir.

YAZIM KURALLARI

İncelenmek üzere Editörlüğe gönderilecek makalelerin hazırlanmasında dikkat edilecek yazım kuralları aşağıda verilmiştir. Yayına kabul edilen makalelerin derginin formatına göre dizilmesi işlemi, basımevi tarafından yapılmaktadır. Bu nedenle, yayına kabul edilen makalelerin metni, çizelgeleri, şekilleri ve şekiller dizini CD’ye yüklenmiş olarak ayrıca makalenin bir orijinal çıktısıyla birlikte Editörlüğe gönderilmelidir.

Metin Bölümü

1. Metin; A4 boyutunda (24.7x21 cm) kağıtların üzerine bilgisayarda, 1.5 satır aralıklı, 12 punto ve Times New Roman fontuyla yazılmalıdır. Sayfaların alt, üst ve yanlarında 2.5 cm boşluk bırakılmalı ve sayfalar kurşun kalemle numaralandırılmalıdır. Bilgisayar çıktılarının silik olmamasına özen gösterilmelidir.
2. Başlık; konuyu en iyi şekilde belirtir ve 10 kelimeyi geçmeyecek şekilde kısa seçilmeli ve Türkçe başlığın (tamamı büyük harfle ve koyu yazılmış) yanı sıra, İngilizcesi (İtalik ve normal küçük harflerle) de yazılmalıdır.
3. Öz; yazının başlangıcında en fazla 200 kelimeyi geçmeyecek şekilde hazırlanmış, Türkçe ve İngilizce öz (abstract) bulunmalıdır. Bu bölüm, yayının diğer bölümlerinden ayrı olarak yayımlanabilecek düzende yazılmış, yazının tümünü en kısa, ancak öz biçimde yansıtır nitelikte (özellikle çalışmanın amacını ve başlıca sonuçlarını yansıtarak) olmalıdır. Öz içinde; yararlanılan kaynaklara, şekil, çizelge ve eşitlik numaralarına değinilmemelidir. Ayrıca öz ve abstract bölümlerinin altında bir satır boşluk bırakılarak Anahtar kelimeler ve Key words (en az 3, en çok 6 kelime) verilmelidir.
4. Yazının genel olarak aşağıda belirtilen düzene göre sunulmasına özen gösterilmelidir.
 - a. Başlık (Türkçe ve İngilizce)
 - b. Yazar ad(lar)ı ve adres(ler)i (yazar adları koyu karakterle ve soyadları tamamen büyük harfle, adresler İtalik olarak)
 - c. Öz (anahtar kelimeler eklenerek)
 - d. Abstract (key words eklenerek)
 - e. Giriş (amaç, kapsam vd.)
 - f. Metin bölümü (yöntemler, çalışılan malzeme, saha tanımlamaları, bulgular vb.)
 - g. Sonuçlar ve tartışmalar (sonuçların tartışılması gerektiği durumlarda tartışmalar sonuçlarla birlikte vermelidir. Bu durumda 'Sonuçlar' başladığı yerine 'Tartışma ve Sonuçlar' başlığı kullanılmalıdır).
 - h. Katkı belirtme (gerekiyorsa)
 - i. Kaynaklar
5. Yazılarda okuyucuya aktarılması istenen veriler, görüşler, tartışmalar (metin kısmı), çizelgeler ve şekiller dahil en fazla 20 sayfayı aşmayacak şekilde düzenlenmelidir.
6. Metin içinde ana bölüm başlıkları dışında en fazla üç alt başlık oluşturulmalı ve başlıklara numara verilmelidir. Bunların yazım şekil yandaki gibi olmalıdır (1., 1.1, ..., 2., 2.1, ..., gibi).
7. SI birimleri (kPa, kN/m³ vb.) kullanılmalıdır.
8. Gerek metin içinde ve çizelgelerde, gerekse şekillerde rakamların ondalık bölümlerinin ayrılması için nokta konulmalıdır (3.1 gibi).

Kaynaklar

Kaynaklar, alfabetik sırayla ve türlerine göre aşağıda belirtilen formatlara uygun şekilde verilmelidir.

Makale:

Soyadı, A., Tarih. Makalelerin başlığı, Derginin Açık Adı, sayı, başlangıç ve bitiş sayfaları

Kitap:

Soyadı, A., Tarih. Kitabın Adı. Basımevi, Basıldığı Kentin Adı, Sayfa sayısı.

Rapor ve Tez:

Soyadı, A., Tarih. Rapor veya tezin başlığı. Kuruluş veya Üniversite Adı, Sayfa sayısı (yayımlanıp yayımlanmadığı).

Not : Tüm kaynaklarda ilk satırdan sonrası satırlar 3 harf içerden başlanarak yazılmalıdır. Kaynaklara metin içerisinde yazarın soyadı ve yayın tarihi belirtilerek aşağıdaki örneklere benzer şekilde atıfta bulunmalıdır.

Ketin ve Canitez (1972).....

Bazı araştırmacılar (Bieniawski, 1989; Barton, 2002).....

Eşitlikler

- Eşitlikler elle yazılmamalı ve bilgisayardan yararlanılmalıdır. Eşitliklerde, yaygın olarak kullanılan uluslararası simgelere yer verilmesine özen gösterilmelidir.
- Her eşitliğe sırayla numara verilmeli, numaralar parantez içinde eşitliğin hizasında ve sayfanın sağ kenarında belirtilmelidir.

Çizelgeler

- Yazarlar, Bülten'in boyutlarını dikkate alarak, çizelge sayısını sınırlı tutmalı, gerekiyorsa çizelgeleri metinde kullanılabilecek oranda çizelgeleri daha küçük karakterlerle yazılmalıdır. Tam sayfaya yerleştirilmesi zorunlu olan büyük çizelgelerin (çizelge açıklaması dahil) en fazla (15x20) cm boyutlarında olması gereklidir. Bu boyutlardan daha büyük ve katlanacak çizelgeler kabul edilmez.
- Çizelgelerin başlıkları, kısa ve öz olarak seçilerek, hem Türkçe (normal karakterle ve ilk harfi büyük diğerleri küçük harfle) hem de İngilizce (İtalik harflerle) hemen ilgili çizelgenin üzerinde verilmelidir.
- Çizelgelerde kolonsal ayrımı gösteren dikey çizgiler yer almalı, sadece çizelgenin üst ve alt sınırları ve gerek görülen diğer bölümleri için yatay çizgiler kullanılmalıdır. Çizelgeler, metinden sonra ayrı sayfalarda verilmelidir.

Şekilde (Çizim ve fotoğraflar)

- Tüm çizim ve fotoğraflar şekil olarak değerlendirilip numaralandırılmalıdır. Şekil alt yazıları 'Şekiller Dizini' başlığı altında hem Türkçe (normal karakterle ve ilk harfli büyük diğerleri küçük harflerle) hem de İngilizce (ilk harfi büyük diğerleri küçük İtalik harflerle) ayrı bir sayfada verilmelidir.
- Her şekil, ayrı bir sayfada yer alacak biçimde sıraya dizilerek Şekiller Dizin sayfasıyla birlikte çizelgelerden sonra sunulmalıdır. Şekil alt yazılarının ayrıca şekil sayfalarına gerek olmayıp, şekil numaralarının kurşun kalemle her şeklin sağ üst köşesinde belirtilmesi yeterlidir.
- Harita, kesit ve planlarda sayısal ölçek yerine çubuk (bar) türü ölçek kullanılmalıdır.