

HEYELAN EL KİTABI— Heyelanları anlama kılavuzu

Çeviren
Tolga ÇAN

USGS Yayın no 1325

ABD İçişleri Bakanlığı
ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu

Kapak: Heyelanlar, 12 Mayıs 2008 tarihli merkez üssü Wenchuan (Çin) deprem bölgesine ulaşmaya çalışan kurtarma ve yardım dağıtım ekipleri için yapılan uzun yolculuğu riskli bir olay haline getirmiştir. Fotoğraf 23 Mayıs 2008'de Wenchuan'a giriş ve çıkışı kapatan heyelanı göstermektedir. (Fotoğraf: Chua Chin Hon, Straits Times, Singapur.)

Heyelan El Kitabı

Heyelanları anlama Kılavuzu

Yazarlar:

Lynn M. Highland, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu

Peter Bobrowsky, Kanada Jeoloji Araştırmaları Kurumu

USGS Yayın no 1325

ABD İç İşleri Bakanlığı

ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu

Çeviren:

Prof. Dr. Tolga ÇAN

Çukurova Üniversitesi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü

ABD İçişleri Bakanı

DIRK KEMPTHORN

ABD Jeoloji Araştırmalar Kurum Müdürü

Mark D. Myers

ABD Jeolojik Araştırmaları Kurumu, Reston, Virginia: 2008

Ürün ve sipariş bilgileri için:

<http://www.usgs.gov/pubprod>

Telefon: 1-888-ASK-USGS

Dünya, doğal kaynakların ve canlıların, doğal afetler ve çevre ile ilgili federal bilim kaynağı ABD Jeolojik Araştırmaları Kurumu (USGS) hakkında daha fazla bilgi için: <http://www.usgs.gov>

Telefon: 1-888-ASK-USGS

Ticari, ürün veya firma adlarının herhangi bir şekilde kullanılması yalnızca açıklama amaçlıdır ve ABD Hükümeti tarafından onaylandığı anlamına gelmez.

Bu rapor kamu malı olmasına rağmen, bu raporda yer alan telif hakkıyla korunan materyallerin çoğaltılması için bireysel telif hakkı sahiplerinden izin alınmalıdır.

Kaynak Gösterimi:

Highland, L.M., and Bobrowsky, Peter, 2008, The landslide handbook—A guide to understanding landslides: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p

Katkı Belirtme

Yazarlar, projeye sponsor oldukları için Uluslararası Heyelan Konsorsiyumu'na ve zamanlarının ve çabalarının çoğunu bu kitabın dikkatli bir şekilde incelenmesine katkı koyan herkese teşekkür ederler. Ayrıca daha önce yayınlanmış metin, fotoğraf ve grafiklerin kullanılmasına izin verenlere ve heyelan araştırmaları ve bilgilerinin yazarlarına ve bunların tamamlanmasında özenli çalışma gerçekleştiren kişilere teşekkür ederiz. Değerli incelemeleri ve önerileri için Kanada Jeolojik Araştırma Kurumu'na ve özellikle Jan Aylsworth'a teşekkür ederiz. Ayrıca, tüm el kitabı sürecini destekleyen ve tavsiye ve teşvik sağlayan ABD Jeolojik Araştırmalar Kurumu'na, özellikle de Paula Gori'ye teşekkür ederiz. Kanada Jeoloji Araştırmaları Kurumu, Proje Numarası 20080377'dir.

Depremi tetiklediği heyelanlar,
Sichuan Eyaleti, Çin, 12 Mayıs 2008.
Fotoğraf Dr. Yin Yueping'in izniyle, Çin
Jeoloji Araştırmaları Kurumu, Tapu ve
Kadastro Bakanlığı, Çin.



ÇEVİRENİN ÖNSÖZÜ

TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odasının, meslektaşlarına ve yerbilimlerinin tüm disiplinlerine kamu yararının, doğal ortamın ve çevrenin korumasını esas alarak göstermiş olduğu çabaların küçük bir ürünü olan bu çeviri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odasının, Heyelan Çalışma Grubu faaliyetleri kapsamında gerçekleşmiştir. Telif hakkı olmayan kitap, başka dillere de çevrilmiş olup, bu kapsamda kitabın yazarları ve bağlı oldukları kurumlara göstermiş oldukları hassasiyetten dolayı teşekkür ederim. Kitabın Türkçe çevirisinin, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları arasında ücretsiz olarak sunmaktan büyük bir memnuniyet duyduğumu belirtirim.

Toprak, moloz ve kaya kütlelerinin yamaç aşağıya hareketi olarak tanımlanan heyelanlar dünyada olduğu gibi ülkemizde de başta mekansal planlama ve mühendislik hizmetlerindeki eksiklikler ile son yıllarda giderek artan küresel iklim değişikliği etkileri sonucu önemli sosyal ve ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Hareket eden malzemenin cinsi, hareket eden kütleinin alansal büyüklüğü ve derinliği, hareketin tipi ve hızı ile heyelana neden olan hazırlayıcı ve tetikleyici faktörlerin çeşitliliği, çalışma alanının büyüklüğü, ölçeği, çalışmanın amacı gibi değişkenler göz önünde bulundurulduğunda, heyelanlar ile ilgili yapılan çalışmalarda farklı yaklaşımların kullanılması zorunlu hale gelmektedir.

Türkçe çevirisini yaptığım, "Heyelan El Kitabı - Heyelanları Anlama Kılavuzu"nun, heyelanların karmaşık doğasını anlamak ve olası heyelan tehlikelerinin etkilerini azaltmak isteyen herkes için yararlı başvuru kaynağı olmasını dilerim.

Çevirinin gözden geçirilmesi ve düzenlenmesine katkı sağlayan Prof. Dr. Tolga Görüm, Prof. Dr. Ahmet Hakan Nefeslioğlu ve Doç.Dr. Senem Tekin'e teşekkür ederim. Kitabın çevirisini teşvik eden ve basımını üstlenen TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Başkanı Sayın Hüseyin Alan başta olmak üzere tüm Yönetim Kurulu Üyeleri ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Saygılarımla,

Tolga ÇAN

İçindekiler	I
Şekil Listesi.....	XI
Giriş.....	1
Konu 1. Heyelanlarla İlgili Temel Bilgiler	3
Bölüm I A. Heyelan Nedir?	4
Bölüm I-B. Genel Heyelan Tipleri.....	5
Düşmeler	6
Kaya düşmesi	6
Oluşumu ve görece büyüklüğü	7
Hareket hızı.....	7
Tetikleyici faktörler	7
Doğrudan ve dolaylı etkileri	7
İyileştirme çalışmaları	7
Öngörülebilirliği	7
Devrilme.....	9
Oluşumu.....	9
Hareket hızı.....	9
Tetikleyici faktörler	9
Doğrudan ve dolaylı etkileri	9
İyileştirme / zarar azaltma çalışmaları.....	9
Öngörülebilirlik	9
Kaymalar	11
Dairesel Kayma	11
Oluşumu.....	11
Görece büyüklük.....	11

Hareket hızı.....	11
Tetikleme Mekanizması	11
Doğrudan ve dolaylı etkileri	11
İyileştirme Önlemleri.....	12
Öngörülebilirlik	12
Düzlemsel Kayma Türü Heyelan	14
Oluşumu.....	14
Görece büyüklük.....	14
Hareket hızı.....	14
Tetikleme Mekanizması	14
Doğrudan ve dolaylı etkileri	14
İyileştirme Önlemleri.....	14
Öngörülebilirlik	15
Yayılmalar	17
Yanal Yayılmalar	17
Oluşumu.....	17
Görece büyüklük.....	17
Hareket hızı.....	17
Tetikleme Mekanizması	17
Doğrudan ve dolaylı etkileri	18
İyileştirme Önlemleri.....	18
Öngörülebilirlik	18
Akmlar	20
Moloz Akmaları	20
Oluşumu.....	20
Görece büyüklük.....	20

Hareket hızı.....	20
Tetikleme Mekanizması	21
Doğrudan ve dolaylı etkileri	21
İyileştirme Önlemleri.....	21
Öngörülebilirlik	21
Lahar (Volkanik moloz akmaları).....	23
Oluşumu.....	23
Görece büyüklük.....	23
Hareket hızı.....	23
Tetikleme Mekanizması	23
Doğrudan ve dolaylı etkileri	23
İyileştirme Önlemleri.....	24
Öngörülebilirlik	24
Moloz çığı	26
Oluşumu.....	26
Görece büyüklük.....	26
Hareket hızı.....	26
Tetikleme Mekanizması	26
Doğrudan ve dolaylı etkileri	26
İyileştirme Önlemleri.....	27
Öngörülebilirlik	27
Toprak akması.....	29
Oluşumu.....	29
Görece büyüklük.....	29
Hareket hızı.....	29
Tetikleme Mekanizması	29

Doğrudan ve dolaylı etkileri	30
İyileştirme Önlemleri.....	30
Öngörülebilirlik	30
Yavaş toprak akması (Krip)	32
Oluşumu.....	32
Görece büyüklük.....	32
Hareket hızı.....	32
Tetikleme Mekanizması	32
Etkileri	32
İyileştirme Önlemleri.....	33
Öngörülebilirlik	33
Sürekli don bölgelerinde akmalar	35
Oluşumu.....	35
Görece büyüklük.....	35
Hareket hızı.....	35
Tetikleme Mekanizması	35
Doğrudan ve dolaylı etkileri	35
İyileştirme Önlemleri.....	35
Öngörülebilirlik	36
<i>Bölüm I C. Heyelanlar Nerede Meydana Gelir?</i>	<i>38</i>
<i>Bölüm I D. Heyelanlara Sebep Olan Faktörler</i>	<i>40</i>
Doğal Sebepler	40
Heyelanlar ve Su.....	40
Heyelanlar ve sismik aktivite	41
Heyelanlar ve volkanik aktivite.....	43
İnsan Etkisi.....	44

Bölüm I E. Heyelanların etkileri ve sonuçları nelerdir?	45
Yapılaşma alanlarında heyelanların etkileri	45
Heyelanların Doğal Çevreye Etkileri	47
<i>Bölüm I F. Heyelanların Diğer Doğal Olası Tehlikeler ile İlişkileri-Çoklu Olası Tehlike Etkileri</i>	<i>51</i>
KONU II. Heyelan Olası Tehlikelerinin Değerlendirilmesi ve İletişimi	54
Bölüm II A. Heyelan Olası Tehlike Değerlendirmeleri	55
Heyelan hareketini gösterebilecek özellikler	55
Heyelanların değerlendirilmesi için teknolojik araçlar- Haritalama, Uzaktan algılama ve aletsel gözlem	57
Harita analizi	57
Hava fotoğrafı ve Uydu görüntülerinin incelenmesi	58
Arazi çalışması	58
Sondaj	58
Aletsel gözlem	58
Jeofizik çalışmalar	59
Akustik görüntü ve kesitleri	59
Sayısal heyelan arazi analizleri	59
Bölüm II B. Heyelan Olası Tehlikesinde İletişim	60
Güvenlik bilgisi	60
Bina ve inşaat bilgisi	60
Heyelan olası tehlikesi için önerilen yerel yönetim desteği	61
Olası Tehlike Uyarı İşaretlerine Örnekler	62
KONU III. Zarar Azaltma Kavramları ve Yaklaşımları	64
<i>Bölüm III A. Farklı tipteki heyelan olası tehlikeleri için zarar azaltma yöntemlerinin genel değerlendirilmesi</i>	<i>65</i>
Zemin şevlerinin stabilizasyonu	65
Kaya düşme olası tehlikesinin azaltılması	66

Moloz akması olası tehlikesinin azaltılması.....	66
Heyelan set gölleri zararlarının azaltılması.....	67
Biyoteknolojik yöntemler ile heyelan zararlarının azaltılması	69
<i>Bölüm III B. Ev, İşletme, Yönetici ve Vatandaşlar için Basit Zarar Azaltma Teknikleri.....</i>	<i>71</i>
<i>Bölüm III C. Daha detaylı araştırmalar için atıf ve alıntı yapılmış çalışmaların listesi</i>	<i>72</i>
EK-A Heyelanlarla İlgili Temel Bilgiler	78
Bölüm A1. Heyelan Terimleri Sözlüğü	79
Terimler Sözlüğü Kaynakları:.....	84
Bölüm A2. Heyelanın bölümleri-Özelliklerin açıklanması/sözlük.....	85
Bölüm A3. Heyelanın sebepleri ve tetikleme mekanizmaları	87
EK-B Heyelan Değerlendirme Araçlarına Giriş – Heyelanların Haritalanması, Uzaktan Algılama Ve Aletsel Gözlem.....	90
Bölüm B1. Haritalama	91
Bölgesel haritalama.....	91
Alt bölge/lokal Haritalama	91
Sahaya özgü haritalama.....	92
Heyelan haritalarına ilişkin üç önemli ölçüt	92
Heyelan envanter Haritaları.....	92
Heyelan Duyarlılık Haritaları	93
Heyelan Olası Tehlike Haritaları.....	94
Bölüm B2. Heyelan Aktivitesi Özelliklerini Gösteren Uzaktan Algılama ve Diğer Araçlar	96
Bölüm B3. Heyelanların gerçek zamanlı izlenmesi ve izlemede kullanılan araçlar.....	101
EK-C Heyelanların stabilizasyonu ve zarar azaltma yöntemlerine giriş	105
Bölüm C1. Toprak Şevlerin İyileştirilmesi / Zarar Azaltma.....	106
Kazı	106
Kayan kütlelerin üzerinden malzeme alınması.....	106
Şev yüksekliğinin düşürülmesi.....	107

Görece hafif malzemelerle geri dolgusu yapmak	108
Basamaklandırma	109
Şev açısını azaltma	110
Kayan kütlelerin kazılmaması gereken durumlar	110
Şevlerin güçlendirilmesi.....	110
Plastik hasır ile güçlendirme.....	110
Kaya dolgu ile topuk desteği	111
Akarsu yatağı kaplaması/Taş pere	112
Kontrol barajları	113
Kontrol seddelerde yenilmenin önlenmesi	113
Drenaj teknikleri.....	115
Arazi tesviyesi	116
Hendek ve drenler.....	116
Drenaj boruları.....	117
Saman çiti ve Saman balyası	119
İstinat duvarları.....	120
Kereste beşik (domuzdamı).....	120
Çelik sandık duvar	121
Donatılı toprak duvar.....	123
Gabyon duvar	123
Kazık (Fore kazık).....	125
Bitkilendirme ile şev stabilizasyonu	127
Tohum çeşitleri	128
Malçlama (örtüleme)	128
Biyoteknik yöntemler ile şevlerin korunması	128
Bölüm C2. Kaya şevlerin iyileştirilmesi / zarar azaltma	132

Güvenli yakalama/tutma teknikleri	133
Yakalama hendekleri	133
Halat, hasır, çit/bariyer ve kaya perdeleri.....	133
İstinat duvarları.....	136
Kaya sundurmaları Sheds/shelters.....	136
Kaya çıkıntılarının güçlendirilmesi	136
Kaya kazıları	138
Basamaklandırma	138
Düzenleme ve sıyırma	140
Potansiyel kaya düşme alanlarının güçlendirilmesi	141
Püskürtme betonu ve Gunit	141
Ankraj, kaya saplaması ve çivisi	143
Bölüm C3. Moloz akmalarının iyileştirilmesi	145
Şevlerin erozyon/moloz akmasına karşı güçlendirilmesi.....	145
Zeminin erozyona karşı direncinin artırılması	146
Şevlerdeki erozyonu önleyebilecek uygun bitkilendirme	146
Yangına karşı şev üzerindeki yanıcı birikintilerin temizlenmesi	146
Moloz akmasına karşı zarar azaltıcı yapılar	147
Moloz akma havuzları	147
Kontrol seddeleri	148
Moloz akmaları için İstinat duvarları	148
Heyelan setleri zarar azaltma	160
Erozyona dirençli dolu savak oluşturma	160
Yan yamaçlardan drenaj tünelleri açma	161
EK-D Duyuru ve dağıtım için Heyelan ve Moloz akmalarına karşı basit güvenlik bilgileri	165
Heyelana Duyarlı Yüksek Eğimli Bölgelerde İkamet Ediyorsanız Ne Yapabilirsiniz?	166

Yoğun Fırtınalar Öncesi Yapılması Gerekenler	166
Aşırı Yağışlar Sırasında Yapılması Gerekenler	166
Heyelan Tehlikesinden Şüphelenilmesi Durumunda Yapılması Gerekenler	167
Heyelan Oluştuktan Sonra Yapılması Gerekenler	167

Şekil Listesi

- Şekil 1. On kişinin yaşamını yitirdiği, La Conchita (Kaliforniya-ABD) bölgesinde 2005 yılında meydana gelen bir heyelan. (Fotoğraf: Mark REID, USGS)..... 4
- Şekil 2. Dairesel kayma ile başlayıp toprak akması şeklinde gelişen bir heyelanın şematik gösterimi. Şekilde bir heyelanın bölümleri için yaygın olarak kullanılan terimler verilmiştir (Varnes 1978'den, Kaynak no 43). 5
- Şekil 3. Kaya düşmesinin şematik olarak gösterimi (Kaynak 9'dan değiştirilerek)..... 8
- Şekil 4. Clear Creek Canyon (Kolorado, ABD) bölgesinde 2005 yılında meydana gelen bir kaya düşmesi/kayması. Heyelan nedeniyle yol birkaç hafta trafiğe kapanmıştır. Fotoğrafta ayrıca tehlikeli kaya yüzeylerine uygulanan bir kaplama türü olan kaya perdesi örneği de gösterilmektedir (Fotoğrafın sağında). (Fotoğraf: Kolorado, USGS)..... 8
- Şekil 5. Devrilme olayının şematik olarak gösterimi (Kaynak 9'dan alınmıştır). 10
- Şekil 6. Fort St. John (Britanya Kolombiyası, Kanada) bölgesinde kaya devrilmesi (Fotoğraf: G. Bianchi Fasani)..... 10
- Şekil 7. Dairesel Kaymanın şematik olarak gösterimi (Kaynak 9'dan değiştirilerek alınmıştır). 12
- Şekil 8. Yeni Zelanda'da meydana gelen bir dairesel heyelan. Sol ortadaki yeşil çizgi heyelan aynasıdır (yenilmenin başladığı alan). Sağ altta engebeli topoğrafya (Gölgeli yer) heyelanın topuk bölgesidir (kırmızı çizgi). Hareket eden malzeme kavisli bir kayma yüzeyi üzerinde soldan sağa doğru hareket etmiş olup, dairesel kayma olarak isimlendirilir. Dönme eksenini ve yönü fotoğrafta gösterilmiştir (Fotoğraf: Michael J. Crozier, 21 Eylül 2007 tarihinde güncellenen Yeni Zelanda Ansiklopedisi'nden alınmıştır)..... 13
- Şekil 9. Düzlemsel heyelanın şematik olarak gösterimi (Kaynak 9'dan değiştirilerek alınmıştır). 15
- Şekil 10. Beaton nehri vadisinde (Britanya Kolombiyası, Kanada) 2001 yılında meydana gelen düzlemsel heyelan (Fotoğraf: Réjean Couture, CGS)..... 16
- Şekil 11. Yanal yayılma türü heyelanın şematik olarak gösterimi. Yüzeyden aşağıda sıvılaştırılabilir bir zemin bulunmaktadır (Kaynak 9'dan değiştirilerek alınmıştır)..... 19
- Şekil 12. 1989 Loma Prieta (Kaliforniya, ABD) depreminde meydana gelen yanar yayılma sonucu yoldaki hasar (Fotoğraf: Steve Ellen, USGS). 19

Şekil 13. Moloz akmasının şematik olarak gösterimi (Kaynak 9'dan değiştirilerek alınmıştır). .	22
Şekil 14. Venezuela'nın kuzey kıyısındaki, Cordillera de la Costan eteklerinde bulunan Caraballeda şehrinde moloz akmasının yol açtığı hasarlar. Aralık 1999'da meydana gelen olay, Venezuela'da 20. Yüzyılda yaşanmış en büyük doğal afettir. Birkaç gün süren sağanak yağışların tetiklemesiyle oluşan moloz akmaları 30000 kişinin ölümüne yol açmıştır (Fotoğraf: L.M. Smith, Waterways Experiment Station, U.S. Army Corps of Engineers).	22
Şekil 15. Lahar (Volkanik çamur akması) olayının şematik gösterimi (USGS'den alınmıştır). ..	25
Şekil 16. St. Helens (Washington ABD) yanardağının 1982'deki patlaması sonucu meydana gelen lahar (Fotoğraf: Tom Casadevall, USGS).	25
Şekil 17. Moloz çığının şematik olarak gösterimi (Kaynak 9'dan değiştirilerek alınmıştır).	28
Şekil 18. Şubat 2006 yılında Guinsaugon köyünü tamamen örten (Güney Leyte, Filipinler) moloz çığı (Fotoğraf: Tokyo Üniversitesi Jeoteknik Grubu). Bir başka moloz çığı örneği için Şekil 30'a bakınız.	28
Şekil 19. Toprak akmasının şematik gösterimi (CGS'den alınmıştır).	31
Şekil 20. 1993 Lemieux heyelanı. Ottawa (Kanada) bölgesinde hassas denizel kil birimi içerisinde gelişen hızlı toprak akması. Heyelan ana aynası nehir kıyısından itibaren 680m gerilemiştir. Yaklaşık 2.8 milyon ton kil ve silt birimi sıvılaşarak South Nation nehri vadisine akarak heyelan seti oluşturmuştur (Fotoğraf: G.R. Brooks, CGS).	31
Şekil 21. Genellikle kriş olarak isimlendirilen, yavaş toprak akmasının şematik gösterimi (Kaynak 9'dan değiştirilerek alınmıştır).	34
Şekil 22. Fotoğrafta, Doğu Sussex (Birleşik Krallık) yakınlarında bir bölgedeki kriş etkisi görülmektedir. Yüksek eğimli yamaçlarda Denizel kireçtaşı birimi üzerindeki ince toprak seviyesinde, 0.3-0.6m'lik ondülasyonlu basamaklar gelişmiştir. Daha sonrasında üzerinde yürüyen küçük ve büyükbaş hayvanlar tarafından daha belirgin hale getirilen teraslar kademeli olarak toprak seviyesinin yamaç aşağı kriş hareketi sonucu oluşmuştur. (Fotoğraf: Ian Alexander)	34
Şekil 23. Geriye doğru gelişen çözünme akışı kaymasının şematik gösterimi. (Çizen: Jan Aylsworth, CGS)	36

- Şekil 24. Kanada kuzeybatı bölgelerinde geriye doğru gelişen çözülme akması. Orman yangını muhtemelen yalıtkan bir yosun tabakasına zarar vererek akmanın büyüklüğüne etki etmiş, donmuş zeminin çözülmesiyle de aktif tabakanın kalınlaşmasına neden olmuştur. (Fotoğraf: Marten Geertsema, Ministry of Forests, British Columbia, Canada). 37
- Şekil 25. Yanal yayılma sonucu meydana gelen yapısal hasarlar. Fotoğraf, 2001 Nisqually depremi sonrasında Puget Sound (Washington) bölgesinde çekilmiştir (Seattle Times'in izniyle)39
- Şekil 26. Mameyes (Puerto Rico) bölgesinde 1985 yılında meydana gelen bir heyelan. Heyelan sonucu 120 ev yıkılmış ve en az 129 kişi ölmüştür. Heyelan tropik fırtına sırasında aşırı yağışların tetiklemesi sonucu oluşmuştur. Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerleşim yerindeki atık sular ve heyelanın üst kotlarındaki su kaçaklarının zemini suya doymuş hale getirmesi de heyelanı hazırlayıcı faktörler arasında sayılabilir (Fotoğraf: Randall Jibson, USGS). 41
- Şekil 27. Yapay dolgu zemin üzerine inşa edilen bir evde, 2004 tarihli Niigata Prefecture (Japonya) depremi tetiklemesi ile oluşan heyelanın yol açtığı hasarlar (Fotoğraf: Profesör Kamai, Kyoto Üniversitesi, Japonya). 42
- Şekil 28. Casara Yanardağı (Nikaragua - Orta Amerika) konisi üzerinde, 30 Ekim 1998 tarihinde Mitch kasırgası sırasında oluşan aşırı yağışlar sonucu meydana gelen volkanik çamur akması. Heyelan 2000'den fazla kişinin ölümüne yol açmış, El Porvenir ve Rolando Rodrigues yerleşimlerini yok etmiştir (Fotoğraf: K.M. Smith, USGS). 43
- Şekil 29. San Vicente şehri yakınlarına, Pan Amerikan Karayolu (El Salvador- Orta Amerika) üzerinde 2001 yılında meydana gelen bir heyelan (Fotoğraf: Ed Harp, USGS). 46
- Şekil 30. Shasta Dağı (Kaliforniya – ABD) aktif volkanı. Fotoğrafın ön tarafındaki arazi şekilleri 300000 yıl önce oluşmuş moloz çığı sonucu gelişmiştir. Moloz çığı volkandan çok uzaklara kadar yayılmış olup, arazi şekilleri günümüzde hala yapısını korumaktadır (Fotoğraf: R. Crandall, USGS). 48
- Şekil 31. Rio Malo ve Rio Coca (KD Ekvator, Güney Amerika) nehirlerinin birleştiği noktadan akış aşağı bakış. Her iki nehir yatağı da 1982 Reventador depremleri sonucu tetiklenen moloz akmalarından kaynaklanan sedimanlar tarafından doldurulmuştur. Bölgedeki yamaçlar deprem öncesinde aşırı yağışlar sonucu suya doymuş hale gelmiştir. Moloz/toprak

- kaymaları, moloz çığı, moloz/çamur akmaları ve beraberindeki taşkınlar sonucu 40 km uzunluğundaki Ekvator petrol boru hattı ve Quito'dan gelen tek otoyol tahrip olmuştur (Fotoğraf: R.L. Schuster, USGS, açıklama 32 nolu kaynaktan alınmıştır)..... 49
- Şekil 32. Slumgullion (Kolarado – ABD) heyelanı. Bu heyelan Gunnison nehri üzerinde set oluşturmuş vadide taşkınlara ve Cristobal heyelan set gölünün oluşmasına yol açmıştır (Fotoğraf: Jeff Coe, USGS). 50
- Şekil 33. Çoklu olası tehlike olayına bir örnek. Lituya körfezinin (Alaska-ABD) havadan çekilmiş fotoğrafı görölmektedir. 9 Temmuz 1958 meydana gelen depremin tetikleme sonucu körfez içerisinde heyelan meydana gelmiştir. Heyelan meydana getirdiği tsunami ile Lituya körfezinde 30m'lik dalga yüksekliği oluşmuş olup, karşı kıyıda 174m'ye ulaşmıştır. Bu olay şimdiye kadar heyelanın oluşturduğu kaydedilen en büyük büyük tsunami dalgasıdır. Tsunami dalgası fotoğrafta körfez kıyılarını çevreleyen ormanlık olmayan hatlara kadar ulaşmıştır (Fotoğraf: D.J. Miller, USGS)..... 52
- Şekil 34. Tanaguarena'da (Venezuela - Güney Amerika) 1999 yılında meydana gelen çoklu olası tehlike olayı. Taşkın ve heyelanlar aşırı yağışlar tarafından tetiklenmiştir (Fotoğraf: Matthew Larsen, USGS). 53
- Şekil 35. Güney Amerika'nın en yüksek zirvesi olan Peru'daki, And Dağları ve Nevado Huascarán'ın bir bölümünü gösteren havadan çekilmiş fotoğrafta çoklu olası tehlike etkileri görölmektedir. 31 Mayıs 1970'te tarihinde meydana gelen depremle tetiklenen büyük buz ve kaya çığı, Yungay ve Rannrahirca kentlerini yok ederek 20000'den fazla insanın ölümüne (bölgedeki toplam ölü sayısı 67000) yol açmıştır. Hareket yaklaşık 1000m genişliğinde 1600m uzunluğunda bir buz ve kaya kütlelerinin kayması sonucu başlamıştır. Buz ve buzul morenine ait su, çamur ve kaya kütlelerini de içeren kütle, 160 km/saat'ten daha yüksek hızla, 5.4 kilometrelik yolu kat ederek Yungay ulaşmıştır. (Fotoğraf: George Plafker, USGS). Fotoğraf ve bilgi USGS <http://libraryphoto.cr.usgs.gov/> adresindeki fotoğraf arşivinden alınmıştır..... 53
- Şekil 36. Zeminde açılma çatlakları (Utah Jeoloji Araştırmaları biriminin izniyle). 56
- Şekil 37. Ev kenar kaldırımının yapıdan ayrılması (Utah Jeoloji Araştırmaları biriminin izniyle). 56

Şekil 38. Bir yapının temelindeki çatlamlar (Utah Jeoloji Araştırmaları biriminin izniyle).	57
Şekil 39. Kaya düşmesi tehlikesine karşı bir uyarı levhası örneği.	63
Şekil 40. Uçurum kenarındaki olası tehlikeler için uyarı levhası, Wanneroo şehri, Avustralya. .	63
Şekil 41. Virginia, ABD'de bir otoyoldaki uyarı levhası.....	63
Şekil 42. Thistle heyelanı (Utah- ABD). 1983 tarihinde oluşan heyelan Spanish Folk nehrini bloke ederek arkasında oluşan set gölü nedeniyle Thistle yerleşimini sel basmıştır. Çoğu heyelan setleri burada gösterilenden çok daha küçüktür ve akış yukarıdan gelen sular üstten aşmış veya aşınmış olabilir. Bazıları ise daha büyük olup hasar gören karayolu ve demiryolu hatları heyelan kütesinin etrafından yönlendirilmelidir. Fotoğrafın alt bölümündeki beton tünel, demiryolu hattının Thistle heyelanının çevresindeki dağ içerisinden açılarak yeniden yönlendirildiğini göstermektedir.	68
Şekil 43. Beichuan İlçesi dağlık bölgelerinde heyelandan kaynaklanan ağır hasar 12 Mayıs 2008'de Çin'de meydana gelen büyük deprem nedeniyle oluşmuştur. Çoğu durumda dik vadi yamaçlarında gelişen heyelanlar, heyelan seti oluşturarak gerisinde birkaç saat içinde büyük heyelan gölleri oluştururlar. Deprem öncesi 14 Mayıs 2006 (üstte) ve deprem sonrası 14 Mayıs 2008 tarihli (altta) Tayvan Formosat-2 uydusundan alınan yüksek çözünürlüklü görüntülerde, Jiangjian Nehri'ni bloke eden büyük heyelanı ve heyelan set gölünü görülmektedir.....	69
Şekil A 1. Bir heyelanın bölümleri (Varnes, 1978'den değiştirilerek, kaynak no:43).....	85
Şekil B 1 Geçmişte meydana gelen heyelanların dağılımını gösteren bir heyelan envanter haritası. Şekilde aynı zamanda yükseklik değerleri ve drenaj ağı da gösterilmiştir (Harita USGS'den alınmıştır).	93
Şekil B 2. Bir heyelan duyarlılık haritası örneği. Harita Mackenzie Nehri vadisi, Kuzeybatı Bölgeleri'ndeki (Kanada), bir alana aittir (Hazırlayan: Réjean Couture, CGS).	94
Şekil B 3. Magnolia bölgesinin (Seattle, Washington, ABD) sığ heyelan olası tehlike haritasından bir bölüm.	95
Şekil B 4. La Conchita heyelanının (Kaliforniya, ABD) 2005 tarihinde çekilmiş hava fotoğrafındaki konumu. Mavi poligon daha eski, sarı poligon ise yeni heyelan sınırını	

göstermektedir (AirPhoto USA ve Ventura yerleşimi (Kaliforniya) izniyle ve Randy Jibson, USGS).....	97
Şekil B 5. Bir uydunun dünya yüzeyinden kayıt alma işleminin şematik gösterimi (Şekil, 42 nolu kayaktan değiştirilerek alınmıştır)	98
Şekil B 6. InSAR görüntü işleme yönteminden elde edilen interferogram ile Cascade Sıradağları (Oregon, ABD) Three Sisters volkanlarındaki (kırmızı üçgenler) yükselme (1997-2001) (daireler deprem merkez üslerini göstermektedir) (Fotoğraf 41 nolu kayaktan değiştirilerek alınmıştır).....	99
Şekil B 7. La Conchita heyelanının (Kaliforniya, ABD) 2005 yılında çekilmiş verev LIDAR görüntüsü. 1995 (mavi) ve 2005 (sarı) tarihli heyelan sınırları gösterilmiştir. Siyah oklar bölgedeki diğer heyelanları göstermektedir. Kırmızı çizgi ise tüm kayalık alanı içeren eski bir heyelanın ana aynasını göstermektedir. (Fotoğraf: Airborne 1, El Segundo, Kaliforniya (ABD) ve Randy Jibson, USGS).....	100
Şekil B 8. Ekstensometre (kayan ve sabit olan zemin arasındaki hareket miktarını ölçmeye yarayan alet) kullanılarak heyelan hareketinin ölçülmesi (Fotoğraf: Richard LaHusen, USGS).....	101
Şekil B 9. Gerçek zamanlı heyelan verilerine uzaktan iletim için güneş enerjisi ile çalışan bir radyo telemetri sisteminin test edilmesi (Fotoğraf: Mark Reid, USGS).	101
Şekil B 10. Gerçek zamanlı heyelan verilerinin ölçümü ve aktarımı için bir ağ örneği (Şekil USGS'ten alınmıştır.)	103
Şekil C 1. Bir şevin üst ve topuk kesimlerinde kazı sonucu meydana gelen stabilite farklılıklarının gösterimi (Şekil: Rex Baum, USGS).....	107
Şekil C 2. Bir şevin üst ve topuk kesimlerine yük konulması sonucu meydana gelen stabilite farklılıklarının gösterimi (Şekil: Rex Baum, USGS).....	107
Şekil C 3. Şev stabilitesinde su etkisinin öneminin gösterimi (Şekil: Rex Baum, USGS).	108
Şekil C 4. Hafif dolgu malzemesinin şematik ve arazi uygulaması. İnşaat mühendisliği uygulamalarında geri dönüşümlü lastik parçalarının kullanımında artış görülmektedir. Karayolu uygulamaları arasında, lastik parçalarının köprü dolgularında ve istinat duvarında zayıf zeminler üzerine hafif dolgu olarak veya çok soğuk iklim bölgelerinde,	

yol dolgularının altında don kabarmalarına direnç göstermesi ve yol kenarlarında yüksek geçirimli bir ortam oluşturmak için kullanılmaktadır (Şekil kaynak 11'den, fotoğraf ABD Ulaştırma Bakanlığı, Federal Karayolu İdaresinden alınmıştır.).....	109
Şekil C 5. Kaya dolgu ile topuk desteği uygulamasının şematik ve arazi görünümü (Şekil kaynak 11'den alınmıştır).....	111
Şekil C 6. Kaya blokları kullanarak Dickson deresi (Montana, ABD) yatak kaplaması örneği (Fotoğraf ve şekil ABD Tarım Bakanlığı).....	112
Şekil C 7. Bir beşik duvar kontrol barajının şematik gösterimi ve arazi uygulaması (Şekil kaynak 9; fotoğraf Trafoi'de (İtalya) çekilmiş olup, Santa Barbara, Kaliforniya ABD, "Erosion Control," Forester Communications).....	114
Şekil C 8. Betonarme kontrol barajının (Güney Kaliforniya, ABD) akış yukarısından görünümü (Fotoğraf: Los Angeles County Flood Control District).	115
Şekil C 9. Drenaj hendeğinin şematik ve arazi görüntüsü (Şekil kaynak 11, fotoğraf Ulaştırma Bakanlığı, Enerji ve Altyapı Bölümü, Güney Avustralya).	117
Şekil C 10. Drenaj borularının şematik (Kaynak 11) ve arazi görüntüsü (Fotoğraf: Andrew Alden).	118
Şekil C 11. Yol kenarında kullanılan silindirik saman balyaları, sedimanların birikip, yerinde kalması ile tohumları yerinde tutarak ve çimlenmesini sağlayarak, yeni bitki örtüsü gelişim sürecine yardımcı olurlar (Fotoğraf: Lynn Highland, USGS).	119
Şekil C 12. Saman balyaları da benzer uygulamalar için kullanılmakta ve kolay temin edilmektedir. Balya boyutu fotoğrafın sağ ortasındaki balya yığnında görülebilir (Fotoğraf: New Mexico, ABD, New Mexico Department of Mining, Minerals, and Natural Resources.).....	120
Şekil C 13. Keresteden yapılmış istinat duvarın şematik ve arazi görüntüsü (Şekil; Kaynak 11, Fotoğraf; PHI Grup, UK, izniyle).....	121
Şekil C 14. Çelik kutu duvarın şematik ve arazi görüntüsü (Şekil Kaynak 11'den).....	122
Şekil C 15. Güçlendirilmiş toprak dolgu duvarın şematik ve arazi görüntüsü (Şekil Kaynak 11'den).....	123

Şekil C 16. Gabyon duvarın şematik ve araziden görünümü (Şekil Kaynak 11'den) (Fotoğraf: Pocono Dağları, Pensilvanya, ABD, Lynn Highland (USGS).	125
Şekil C 17. Beton fore kazık duvar (Brighton, Melbourne, Avustralya). Kazıkların önündeki demir hasır, püskürtme betonu uygulaması için yapılmıştır. (Fotoğraf: Basement Construction Services, Victoria, Avustralya, izniyle).	126
Şekil C 18. Yerleşim alanlarında ve yol şevlerinin stabilizasyonunda oyuntu kontrolü sağlamak amacıyla Kongo Demokratik Cumhuriyeti'nde güve otundan yapılmış çim sistemi kullanılmaktadır. Bu tür oyuntular bu bölgede ve Batı Afrika ülkelerinde (üst fotoğraf) büyük bir problemdir; üstteki fotoğraftaki şen güve otu dikimi yapılarak drenaj koşulları iyileştirilmiştir (orta fotoğraf), alttaki fotoğraf güve otlarının dikildikten üç ay sonraki halidir.	130
Şekil C 19. Aktif Vetiver çim programlarının dünya çapında mekansal dağılımı ((http://www.vetiver.org)).	131
Şekil C 20. Kuzey Galler otoyolu, Pen-y-Clip tüneli girişinde, kaya düşmesine karşı alınan önlemlere ilişkin olarak beton istinat duvarı, gabyon duvar (her ikisi de fotoğrafın üst kesiminde), kontrol çiti, kaya bloğu ile iyileştirme ve destekleme (Fotoğraf: Dave Giles, Engineering Geology Consultancy Group, University of Portsmouth, United Kingdom).	132
Şekil C 21. Düşen kayaları tutması için bir kaya şevine uygulanmış tel örgü kaplama örneği.	134
Şekil C 22. Yol kenarlarında uygulanan koruyucu kaya bariyeri, Pensilvanya, ABD (A), Kaliforniya ABD (B). (Foto A: Lynn, Highland USGS, Foto B: Federal Karayolu İdaresi, ABD).	135
Şekil C 23. Kaya düşmesine karşı tel örgü kaya perdesi örneği (Foto, Doug Hansen, High Angle Technologies, Inc).	136
Şekil C 24. Pitquah kaya sundurmaları (rock sheds), Sundurmalar demiryolunun belirli bölümlerini çevreleyerek kay düşmesi ve kaya çığlarından yapıyı korumaktadır (Foto: John Carter, www.trainet.org).	137

Şekil C 25. Yeni Zelanda’da bir açık kaya sundurması örneği (Fotoğraf Richard Wright’ın izniyle).....	137
Şekil C 26. Montenyard (Fransa) bölgesinde yapılmış bir kaya çığı sundurma yapısı. Sundurmanın uzunluğu kısa olduğundan yapının sağ tarafında yol moloz akmalarından zarar görmüştür (Fotoğraf: Dave Giles, Jeoloji Danışmanlık Grubu, Portsmouth Üniversitesi, Birleşik Krallık).....	138
Şekil C 27Chapmans Peak Drive (Cape Town, Güney Afrika)’da güçlendirilmiş bir kaya çıkıntısı örneği (Fotoğraf: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Chapmans_peak_dr.jpg .).....	138
Şekil C 28. Tuscon maden sahasında (Arizona, ABD) kaya şev basamaklarının şematik ve arazi görünümü (Şekil kaynak 11’den, Fotoğraf: Setve Dutch, Wisconsin Üniversitesi, ABD).	139
Şekil C 29. Şev düzenleme ve patlatma çalışmaları sonucu düşürülen kayalar (Fotoğraf: Washington Department of Transportation, ABD).	140
Şekil C 30. Patlatma tekniğine alternatif olarak, bir hidrolik kaya kırıcısı ile şev düzenlenmesi (Fotoğraf: Washington Department of Transportation, ABD).	141
Şekil C 31. Wolf Creek geçidi (Rocky dağları, Colorado, ABD), kaya düşmelerine karşı püskürtme betonu uygulaması (Fotoğraf: Colorado Department of Transportation)... ..	142
Şekil C 32. Kaya ankrajının (ankraj boyu 5m) yakından görünümü ve daha fazla koruma için kaya yüzeyine çelik hasır uygulaması.	143
Şekil C 33. Doğal süreksizliklerin yapısı ve kaya saplaması uygulaması (Fotoğraf: Washington Department of Transportation, ABD).....	144
Şekil C 34. Lytle deresi (Kaliforniya, ABD)’nde gerçekleşen orman yangını ve sonrasındaki moloz akmaları (Fotoğraf: Sue Cannon, USGS).	145
Şekil C 35. San Bernardino Kaliforniya, ABD) eteklerinde yapılan, moloz akması toplama havuzunun havadan görüntüsü (Fotoğraf: Doug Morton, USGS).....	148
Şekil C 36. Moloz akmasına karşı yapılacak istinat duvarlarının yer seçimi ve yapımı özel dikkat gereklidir. Fotoğrafta La Conchita (Kaliforniya)’da kereste ve çelik kirişli bir istinat duvarı görülmektedir. Yapı 1995 yılında oluşan heyelan sonrasında evleri koruma	

amacıyla yapılmış olmasına rağmen, 2005 yılında meydana gelen moloz akmaları sonucu zarar görmüştür. Duvar bazı yapıları korumuş ancak ağır hasar görmüş olup, duvar yapısının yönlendirmesi sonucu ise başka bir ev hasar görmüştür (Fotoğraf: Randall Jibson, USGS).....	149
Şekil C 37. Kamikochi havzasında (Japonya) yamaç molozuna karşı yapılan bir istinat duvarı (Fotoğraf: Goncalo Vieira'nın izniyle).....	149
Şekil C 38. Moloz akması ve/veya çamur akmasına karşı korunmasız bir yapı. Moloz akması olası tehlikelerini azaltmak için uygulanabilecek bazı yaklaşımlar Şekil C39'da verilmiştir.....	150
Şekil C 39. Moloz akmasına karşı binaları korumak amacıyla yapılabilecek saptırma duvarları ve moloz bariyerleri gibi uygun koruma yapıları. Moloz akmalarının meydana getireceği aşırı yükler nedeniyle, bu tip yapılar dikkatli tasarlanmalı ve inşa edilmelidirler.....	150
Şekil C 40. Taşkın ve moloz akma olaylarına karşı zarar azaltmada yaygın olarak kullanılan malzemeler.....	151
Şekil C 41. Kum torbaları genel olarak düşük akım koşullarında 0.6m yüksekliğe kadar koruma sağlayabilir.....	152
Şekil C 42. Evi korumak için tipik bir kum torbası yerleştirme şekli.	153
Şekil C 43. Kum torbaları, moloz kütlelerini binalardan uzaklaştırmaya yardımcı olur.	153
Şekil C 44. Kum torbaları ile yollarda moloz akması veya sel sularının kontrol edilmesi.	154
Şekil C 45. Kum torbaları kullanılarak binalar arasındaki akışların kontrol edilmesi.....	154
Şekil C 46. Plastik örtü ve kum torbaları ile sürgülü pencerelerde su sızıntıların önlenmesi. 155	
Şekil C 47. Çıkarılabilir kontrplak malzemeler ile pencere ve kapı koruma önlemleri.....	156
Şekil C 48. Kontrplak veya kerestelerin çivilemesi ile pencere ve kapı korumaları.	156
Şekil C 49. Kum torbalarından daha kalıcı olan keresteden yapılmış bir saptırıcı.	157
Şekil C 50. Bir ahşap saptırıcı yapım tekniğinin yakından şematik görünümü.	157
Şekil C 51. Farklı bir ahşap saptırıcı tekniği, ahşap telefon direkleri veya demiryolu traversi.	158

Şekil C 52. Çıkarılabilir garaj girişi bariyeri. Metal direkler zemindeki betondan yapılmış yuvaya yerleştirildiklerinden gerektiğinde çıkarılabilir veya yenilenebilir.....	158
Şekil C 53. 1983 Thistle heyelanı (Utah – ABD). Heyelan set gölü meydana gelmesiyle Thistle yerleşimini sel basmıştır (Fotoğraf: Robert L. Schuster, USGS).	162
Şekil C 54. Thistle heyelan barajının etkisini azaltmak amacıyla yapılan alt ve üst derivasyon tünelleri (Fotoğraf: Utah, USGS)	162
Şekil C 55. Thistle heyelan setinde meydana gelen sonraki hareketler.	163

Kılavuz nasıl okunmalı

Kılavuzda üç ana konu ve dört adet ek bulunmaktadır. Bu yazım stili okuyuculara farklı ilgi alanları ve ayrıntı seviyeleri açısından esneklik sağlamaktadır. Çoğu detaylı bilgi ve açıklamalar, heyelan terimleri sözlüğü ile birlikte eklerde verilmiştir. Daha ayrıntılı bilgi için başvurulması gereken kaynaklar belirtilmiştir.

Önemli not

- Okuma kolaylığı açısından, ana konuların içindeki bölümlerin sonunda kaynaklar numaralandırılarak metin içerisinde atıf verilmiştir. Daha fazla yardım ve yönlendirme için okuyucular ABD (USGS) veya Kanada (CGS) Jeoloji Araştırmaları Kurumları ile iletişime geçebilirler.
- Kitapta bazı web sayfalarına da atıfta bulunulmuştur. Zaman içerisinde verilen web sitesi adreslerindeki değişikliklerden dolayı ilgili bağlantılar çalışmayabilir. Bu durumda, Web tabanlı arama motorlarında anahtar kelimeler girilerek ilgili konuların araştırılması önerilir.

Heyelan El Kitabı—

Heyelanları Anlama Kılavuzu

Yazarlar: Lynn M. Highland, USGS ve Peter Bobrowsky, CGS

Giriş

Bu el kitabı, heyelanlardan etkilenen insanlar için özellikle kendi çevreleri ve bölgelerine özgü koşullar hakkında daha fazla bilgi edinmeleri açısından bir kaynak olması amacıyla hazırlanmıştır. Heyelanlarla ilgili çok sayıda literatür ve araştırma mevcuttur, ancak çok azında yeryüzünün coğrafi açıdan özel jeolojik ve iklimsel koşulları ele alınarak sentezlenip birleştirilmiştir. Heyelanlar dünya genelinde tüm iklim koşullarında ve arazi şartlarında meydana gelmekte ve milyarlarca dolar maddi kayıplara ve binlerce ölüm ve yaralanmalara yol açmaktadır. Heyelanlar genellikle, uzun vadeli ekonomik bozulmalara, insanların yaşadığı yerlerin değiştirilmesine ve doğal çevre üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Günümüz şartlarına cevap vermeyen eski arazi kullanım politikaları, heyelana duyarlı bölgelerde arazi kullanımı açısından her zaman en iyi planlamayı yansıtmayabilir. Mevcut ve potansiyel jeolojik tehlikelerin zararlarını en aza indiren arazi kullanım politikalarının yetersiz veya hiç olmamasının çok sayıda nedeni bulunmakta olup, genel olarak politik, kültürel, finansal karmaşıklık ve toplumun yaşam tarzı gibi faktörlere bağlıdır. Heyelanlar genellikle yerel bir sorun olarak nitelendirilir; ancak etki ve maliyetleri sık sık yerel yönetimleri aşarak, il veya ulusal düzeyde üst yönetimlerin çözmesi gereken sorunlara dönüşebilir.

Yerleşim birimlerinde artan yapılaşma alanları, duraysız ve yüksek eğimli alanlar dışında coğrafi açıdan genişlemeye uygun olmayabilir. Çoğu zaman, heyelanın gerçekleştiği bir alanda iyileştirme çalışmaları çok maliyetli olup, bazı sakinlerin ise yer değiştirebileceği başka bir alan bulunmamaktadır. Ancak, güvenlik açısından, basit, “düşük teknoloji ürünü” önlemler ve müdahaleler bulunmakta olup, bu el kitabı bu tür seçeneklerin birçoğu hakkında kısa bir genel bilgi sunmaktadır. Problemlili alanlara herhangi bir müdahalede bulunmadan önce, mümkünse, profesyonel mühendis / jeolog veya şev duraysızlıklarının başarılı bir şekilde azaltılması konusunda deneyimli kişilere danışılmalıdır. Bu el kitabı, mal sahiplerine, yerel ve acil durum

yöneticilerine ve karar vericilere heyelan olası tehlikelerine karşı olumlu adım atmaları yönünde, mümkün olan seçeneklerin ve kaynakların farkındalığını sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

Heyelanlar hakkında daha fazla bilgi için kullanılabilecek basılı ya da internet ortamında bulunabilecek kaynakların bir listesi de sunulmuştur. Bu el kitabındaki bilgilerin, yöneticiler ve karar vericiler tarafından dikkate alınarak, toplumun tüm kesimlerine yayılması ümit edilmektedir. Dünya genelindeki farklı okuryazarlık seviyelerini dikkate almak amacıyla, içerikte görsel olarak fotoğraf ve şekillere ağırlık verilmiştir. Finasman sağlanması durumunda, kullanımını kolaylaştırmak amacıyla, kitabın bazı diğer dillere çevrilmesi planlanmaktadır.

Yorum ve eleştirileriniz için iletişim bilgileri aşağıda verilmiştir.

Daha fazla bilgi için,

Bu kitabın içeriği veya heyelanlarla ilgili diğer sorularınız için;

ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS), Ulusal Heyelan Bilgi Merkezi (NLIC)'ne (Golden, Colorado, ABD), yazılı olarak, telefon veya e-posta aracılığı ile iletişime geçebilirsiniz.

United States Geological Survey
Landslide Program and National Landslide Information Center
Mail Stop 966, Box 25046, Denver Federal Center
Denver, Colorado, 80225 USA
Web adresi: <http://landslides.usgs.gov/>
Tel: 1-800-654-4966 veya 1-303-273-8586
e-posta: Highland@usgs.gov

Geological Survey of Canada
Landslides and Geotechnic Section
601 Booth Street
Ottawa, Ontario, Canada KIA 0E8
Web adresi: http://gsc.nrcan.gc.ca/landslides/index_e.php
Tel: 1-613-947-0333e-posta: pbobrows@nrcan-rncan.gc.ca

Konu 1. Heyelanlarla İlgili Temel Bilgiler



Konu I. Heyelanlarla ilgili temel bilgiler

Bölüm I A. Heyelan Nedir?

Jeologlar, mühendisler ve diğer uzmanlar heyelanlar için az çok farklılıklar içermekle birlikte aynı tanımlamaları kullanmaktadırlar. Tanımlamalardaki farklılıklar ise heyelan olaylarının incelenmesi ile ilgili olarak çok farklı disiplinlerin karmaşık doğasını yansıtmaktadır. Bizim açıımızdan heyelan yer çekimi etkisi altında toprak, kaya veya organik zeminlerin yamaç aşağı hareketini tanımlamak için kullanılan genel bir terim olup, aynı zamanda bu hareketlerin sonucu oluşan arazi yapısını tanımlamaktadır (Bir heyelan örneği için bkz. Şekil 1).

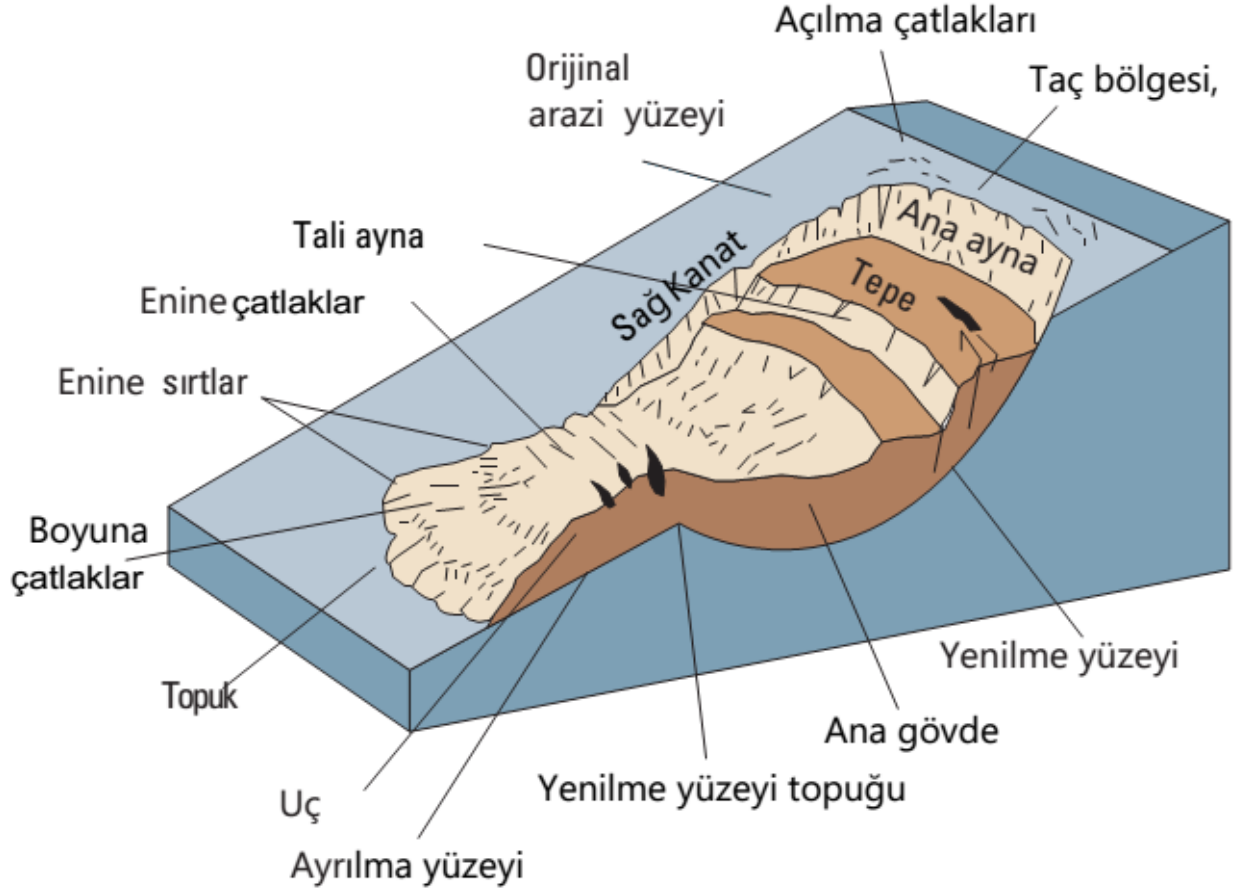
Heyelan sınıflamalarındaki farklılıklar, hareket mekanizmaları ve yenilme tiplerinin özellikleri ile ilgili olup, bu bölümde bu farklılıklar kısaca tartışılacaktır.

Kütle hareketi ve yamaç yenilmesi gibi tanımlamalar dahil olmak üzere “Heyelan” terimi yerine kullanılacak çok sayıda sözcük/terim bulunmaktadır. Yaygın olarak bu terimler bütün heyelan tipleri ve büyüklükleri için kullanılmaktadır.

Kullanılan kesin tanım veya herhangi bir heyelan tipinden bağımsız olarak tipik bir heyelanın belli başlı bölümlerini anlamak yararlı olacaktır. Heyelanın belirli alt bölgelerini tanımlamak için yaygın olarak kullanılan terimler ve bunların konumları Şekil 2’de verilmiştir. Bu terimler ve bunlarla ilişkili sözcükler EK-A’da verilen “Heyelan Terimleri Sözlüğü” içinde tanımlanmışlardır.



Şekil 1. On kişinin yaşamını yitirdiği, La Conchita (Kaliforniya-ABD) bölgesinde 2005 yılında meydana gelen bir heyelan. (Fotoğraf: Mark REID, USGS).



Şekil 2. Dairesel kayma ile başlayıp toprak akması şeklinde gelişen bir heyelanın şematik gösterimi. Şekilde bir heyelanın bölümleri için yaygın olarak kullanılan terimler verilmiştir (Varnes 1978'den, Kaynak no 43).

Bölüm I-B. Genel Heyelan Tipleri

Heyelan, toprak, moloz veya kaya kütlelerinin yamaç aşağıya doğru hareketi (kayma, akma, düşme, devrilme yanal yayılma) olarak tanımlanmaktadır.

Bu bölümde farklı heyelan tiplerinin tanımlamaları ve gösterimleri verilmektedir. Bir bölgede belli bir tipte heyelan olası tehlikesinin özelliklerini anlamak, planlama ve uygun iyileştirme çalışmalarını kayıp ve zarar risklerinin azaltmada hayati önem taşır. Heyelanın tipi, hareketin potansiyel hızı, hareket eden kütle hacmi, hareket mesafesi yanı sıra heyelanın olası etkileri ve göz önünde bulundurulması gereken uygun zarar azaltma çalışmalarının belirlenmesine yardımcı olur.

Heyelanlar hareketin tipi ve hareket eden malzemenin cinsine göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır (bkz. Kaynak 9 ve 39). Özet olarak, heyelan kütle içindeki malzeme

kaya ve zemin (veya her ikisi) olup; zemin malzemesi genel olarak kum boyu ve daha ince taneler içeriyorsa toprak, daha iri taneler içermesi durumunda moloz olarak tanımlanmaktadır. Hareketin tipi; düşme, devrilme, kayma, yayılma ve akma şeklinde sınıflandırılmakta ve hareket eden kütlelerin mekanik hareketini tanımlamaktadır. Böylece heyelanlar malzeme türü ve hareket mekanizması olmak üzere, iki terim birlikte kullanılarak tanımlanırlar (kaya düşmesi, moloz akması vb.). Birden fazla hareket mekanizmasına sahip heyelanlar kompleks heyelan olarak sınıflandırılmaktadır (örneğin, kaya kayması-moloz akması).

Bu el kitabında “hareketin tipi” terimi “heyelan tipi” ile eş anlamlı olarak kullanılmıştır. Her bir hareket tipi aynı zamanda belirli birtakım özelliklere göre alt bölümlere ayrılabilir, burada her bir heyelan tipinin ana alt kategorileri el kitabının ileriki kısımlarında tanımlanmıştır. Çok sık kullanılmayan alt kategorilere, el kitabında değinilmemiş, fakat kaynakça olarak referanslarda belirtilmiştir.

El kitabı içerisinde atıf ve kullanılan kaynakların referansları doğrudan metin içerisinde verilmemiştir. Ancak kaynak olarak kullanılan materyallerin tamamı beraberindeki referans listelerinde verilmiştir.

Düşmeler

Yüksek eğimli bir yamaç yüzeyinde, toprak, kaya veya moloz kütlelerinin çok az veya hiçbir makaslama hareketi olmaksızın ayrılmasıyla düşme hareketi oluşmaktadır. Düşmeyi takiben malzeme yamaç aşağıya genel olarak düşme, sıçrama veya yuvarlanma şeklinde hareket etmektedir.

Kaya düşmesi

Düşmeler toprak, kaya veya moloz kütlelerinin dik yamaç ve yarlardan veya falezlerden ayrılarak yamaç aşağıya doğru gelişen ani hareketlerdir. Düşen malzeme genellikle düşme noktasından daha düşük açılı alt yamaçlara çarparak sıçrama yapar. Düşen kütle çarpmanın etkisiyle parçalanabilir, düz bir araziye ulaşıncaya kadar eğimli yamaçlarda yuvarlanır.

Oluşumu ve görece büyüklüğü

Dünya genelinde yüksek eğimli veya dik yamaçlarda ve aynı zamanda kıyı alanlarında ve kayalık akarsu vadilerinde yaygındır. Düşen malzemenin hacmi, tekil kaya parçalarından binlerce metreküplük masif bloklara kadar çok değişkenlik gösterebilir.

Hareket hızı

Çok hızlıdan son derece hızlı aralığında serbest düşme, sıçrama ve yuvarlanma. Yuvarlanma hızı yamacın eğimine bağlı olarak değişmektedir.

Tetikleyici faktörler

Yamaç topuğunun akarsular ve ayrışma (örn. donma çözünme süreçleri) gibi doğal süreçler ile alttan oyularak aşındırılması, insan etkisi (örn. yol yapımı sırasında gerçekleştirilen kazılar), deprem sarsıntısı veya patlatma gibi yapay diğer titreşimler.

Doğrudan ve dolaylı etkileri

Düşen malzemeler yaşamı tehdit edici olabilir. Büyük kaya blokları düşme hattı boyunca yapılara zarar verebilir. Kaya parçaları sıçrama ve yuvarlanma hareketi ile uzun mesafeler kat edip insan ölümüne veya yapılarda hasara neden olabilir. Özellikle demiryolu veya karayollarında meydana gelen hasarlar yüksek olup, ulaşımı engelleyebilir veya araç içindeki insanların ölümüne yol açabilir.

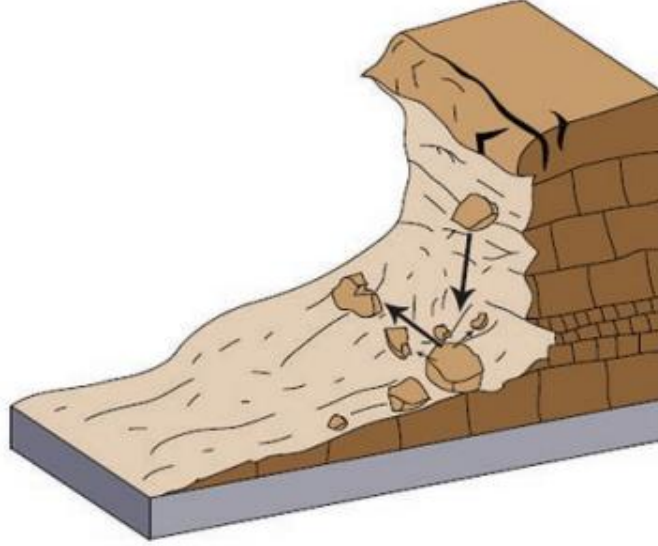
İyileştirme çalışmaları

Kaya veya diğer şev kaplamaları, yol üzerine inşa edilen koruyucu yapılar, yuvarlanma ve sıçramaları önlemek amacıyla yapılan dayanma yapıları, kaya düşme tehlikesinin bulunduğu kaynak alanların patlayıcılar kullanılarak temizlenmesi, karayolu veya demiryolu hattı boyunca potansiyel blokların kontrollü bir şekilde uzaklaştırılması işlemleri uygulanabilir. Kaya saplamaları veya benzer ankraj elemanları şevi duraylı hale getirmek veya olası tehlikeyi azaltmak amacıyla kullanılabilir. Tehlikeli alanların belirtilmesi amacıyla uyarı işaretlerinin kullanılması önerilir. Aynı zamanda, tehlikeli yamaçların altında durulması veya park edilmesine karşı gerekli uyarılarda bulunulmalıdır.

Öngörülebilirliği

Kaya düşme tehlikesi altındaki alanların haritalanması dünyada çok az yerde tamamlanmıştır. Kaya düşme zonu çevresindeki alanları tanımlamak kaya-sıçrama hesaplamaları ve kestirim

yöntemleri ile belirlenebilmekte olup, bu konuda çok sayıda yayınlanmış çalışma bulunmaktadır. Özellikle donma-çözünme süreçlerine maruz kalan bölgelerde, eklemli ve kırıklı sarp anakaya yamaçları kaya düşme potansiyelinin yüksek olduğu alanlardır. Aynı zamanda çakıllı bloklu hendek duvarlarında da düşme olayları gözlenebilir. Şekil 3 ve 4'te kaya düşmesinin şematik gösterimi ve araziden bir örneği verilmiştir.



Şekil 3. Kaya düşmesinin şematik olarak gösterimi (Kaynak 9'dan değiştirilerek).



Şekil 4. Clear Creek Canyon (Kolorado, ABD) bölgesinde 2005 yılında meydana gelen bir kaya düşmesi/kayması. Heyelan nedeniyle yol birkaç hafta trafiğe kapanmıştır. Fotoğrafta ayrıca tehlikeli kaya yüzeylerine uygulanan bir kaplama türü olan kaya perdesi örneği de gösterilmektedir (Fotoğrafın sağında). (Fotoğraf: Kolorado, USGS).

Devrilme

Devrilme toprak veya kaya kütlesinin yamaç dışına doğru bir noktadan veya eksenden ağırlık merkezinin altında rotasyonel hareketi sonucu hareket etmesi olarak tanımlanmaktadır. Devrilme bazı durumlarda hareket eden kütlenin yamaç yukarısında bulunan malzemenin ağırlığı sonucu graviteye bağlı gelişmektedir. Bazı durumlarda ise devrilme hareket eden kütle içerisindeki çatlaklarda su veya buz bulunması sonucu meydana gelebilir. Devrilmeler kaya, moloz (iri taneli) ve toprak malzemelerde (ince taneli) gelişebilir. Devrilmeler kompleks ve kompozit olabilir.

Oluşumu

Dünya'nın karasal tüm sarp alanlarında gözlenebilir, genellikle sütunsal-eklemlili volkanik arazilerde yaygındır, aynı zamanda yüksek eğimli akarsu dikliklerinde oluşabilir.

Hareket hızı

Hareket hızı, son derece yavaş ve son derece hızlı arasında gözlenmektedir. Bazı durumlarda hız hareket mesafesine bağlı olarak artmaktadır.

Tetikleyici faktörler

Hareket eden kütlenin üzerindeki şevlerde bulunan malzemelerde gravite etkisi ile meydana gelebildiği gibi bazı durumlarda kütle içerisinde bulunan çatlakların su veya buzlanma etkisi sonucu veya titreşim, oyulma (undercutting) diferansiyel ayrışma, kazı veya akarsu erozyonu sonucu gelişebilir.

Doğrudan ve dolaylı etkileri

Son derece yıkıcı olabilir, özellikle de yenilmenin ani ve/veya hızın yüksek olduğu durumlarda.

İyileştirme / zarar azaltma çalışmaları

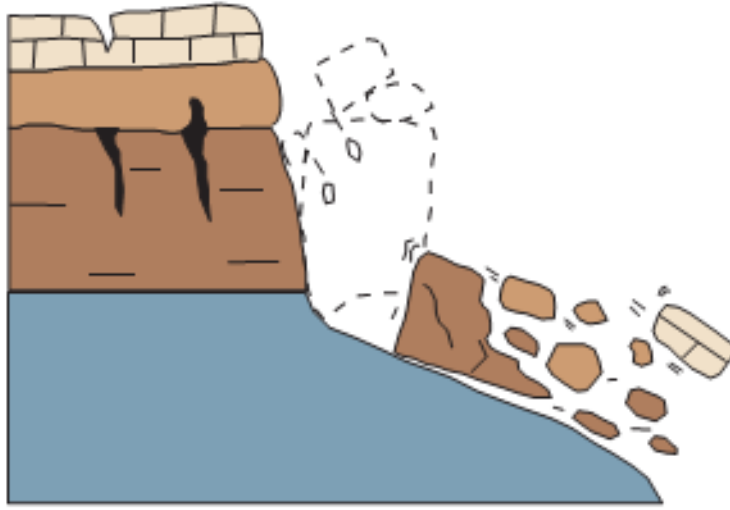
Kaya kütlelerinde devrilmeye duyarlı alanların stabilizasyonu için çok sayıda seçenek bulunmaktadır. Bu tip şevlerde destekleme sistemleri olarak kaya saplama, mekanik ve diğer tip ankraj çeşitleri örnek verilebilir. Su sızıntıları kaya duraysızlıklarına yol açan önemli bir faktör olup, drenaj sistemleri düzenleme çalışmalarında göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Öngörülebilirlik

Ölçek nedeniyle, genel olarak duyarlılık çalışmaları için haritalanmamaktadır, yaygın olarak gözlemlendiği sınırlı alanlarda envanter çalışmaları bulunmaktadır. Devrilmeye duyarlı

alanların izlenmesi yararlı olup, bunun için tiltmetreler kullanılabilir. Tiltmetreler çatlakların yakınlarına veya en büyük düşey hareketlerin oluşabileceği alanların yakınına yerleştirilerek şev açısındaki değişimler kayıt altına alınabilir. Tiltmetreler aracılığı ile ölçülen hareketlere bağlı uyarı sistemleri etkin şekilde kullanılabilir. Şekil 5'te devrilmelerin şematik ve Şekil 6'da arazi görüntüsü verilmiştir.

Daha ayrıntılı bilgi için 9, 39,43 ve 45 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 5. Devrilme olayının şematik olarak gösterimi (Kaynak 9'dan alınmıştır).



Şekil 6. Fort St. John (Britanya Kolombiyası, Kanada) bölgesinde kaya devrilmesi (Fotoğraf: G. Bianchi Fasani)

Kaymalar

Kayma, toprak veya kaya kütlesinin yenilme yüzeyi boyunca veya ince bir makaslama zonu üzerinde yamaç aşağıya doğru hareketidir.

Dairesel Kayma

Dairesel kayma yenilme yüzeyinin yukarı doğru eğrisel olduğu (kaşık şeklinde) ve kayma hareketinin şev konturuna paralel olan bir eksen etrafında az çok daireysel hareket ettiği bir heyelan. Hareket eden malzeme, belirli koşullar altında, kayma yüzeyi boyunca iç deformasyonu az olan tutarlı bir kütle olarak yer değiştirir. Hareket eden kütlenin üst seviyesi hemen hemen düşey olarak aşağıya doğru hareket edebilir ve yer değiştiren malzemenin üst yüzeyi ana aynaya doğru (scarp) geriye doğru tıtlenebilir. Eğer kayma daireysel ve birkaç tane paralel kayma düzlemi şeklinde hareket ediyorsa slump olarak isimlendirilir.

Oluşumu

Dairesel kaymalar sıklıkla homojen malzemelerde meydana geldiğinden dolayı dolgu tipi malzemelerde de en yaygın gözlenen heyelanlardır.

Görece büyüklük

20-40 derece arasında değişen yamaçlarda gözlenir. Toprak zeminlerde yenilme yüzeyi genellikle derinliğin uzunluğa oranı 0.3 ile 0.1 arasında değişmektedir.

Hareket hızı

Son derece yavaştan (5 yılda 0.3 metreden az), orta hızlı (1.5 m/ay) - hızlı.

Tetikleme Mekanizması

Yoğun ve/veya uzun süreli yağış veya ani kar erimesi, şevin suya doygun hale gelmesine ve yeraltı su seviyesinin yükselmesine yol açar; taşkınları takip eden süreçte nehirlerde hızlı su çekilmesi, rezervuarda su tutulması sonucu yeraltı su seviyesinde yükselme veya nehirlerde akarsu, göl ve su seviyesinin artışı şev tabanında erozyona yol açabilir. Bu tip heyelanlar depremlerin tetiklemesi sonucu da oluşabilir.

Doğrudan ve dolaylı etkileri

Yapılar, yollar ve su elektrik, kanalizasyon ağlarına çok fazla hasara yol açabilir; fakat hareket yavaş olduğunda genellikle hayati tehlike yoktur. Heyelan kütlesindeki deformasyonlar ve çarpılmalar (tıtlenmeler) sebebiyle hareket eden kütle üzerindeki yapılarda ağır hasarlar meydana

gelebilir. Hareket eden kütlenin hacmi büyük olduğunda kalıcı olarak stabilizasyonu zordur. Büyük kaymalar heyelan baraj gölleri oluşturarak, taşkınlara yol açabilir.

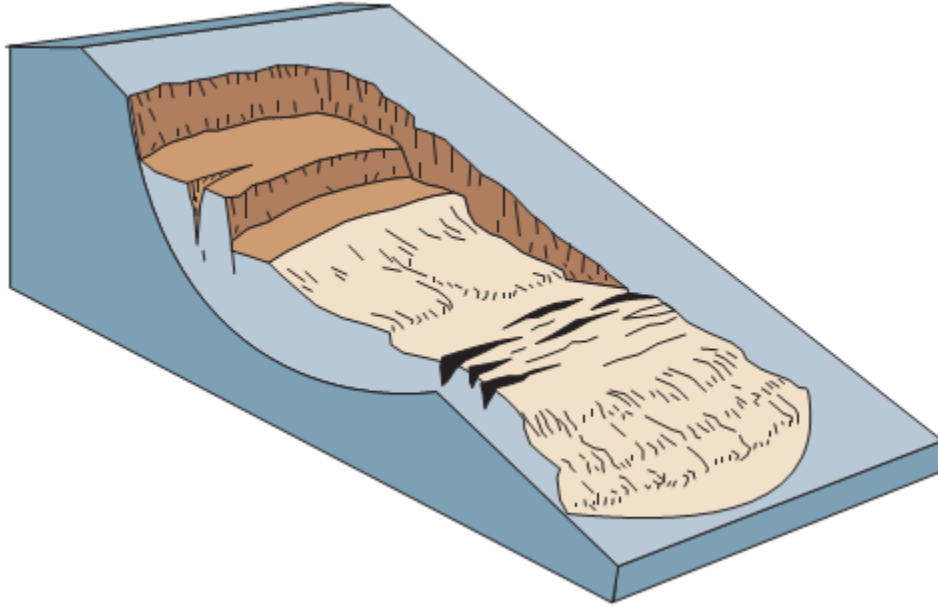
İyileştirme Önlemleri

Hareketi izlemek ve hareket hızını belirlemek amacıyla aletsel gözlem yapılabilir. Bozulan doğal drenaj kanalları yeniden düzenlenmeli veya bazı mühendislik yapıları yapılarak kayan kütle içerisine su gelişleri önlenir. Mümkün olan yerlerde uygun şev düzenlemeleri veya mühendislik uygulamaları ile olası tehlikeler önemli derecede azaltılabilir. Kaymanın topuğuna istinat duvarı yapılması hareketi yavaşlatmak veya hareket eden malzemeyi tutma açısından etkili olabilir. Ancak iyi yapılmış olmasına rağmen kayma hareketi istinat yapısının üzerinden aşabilir.

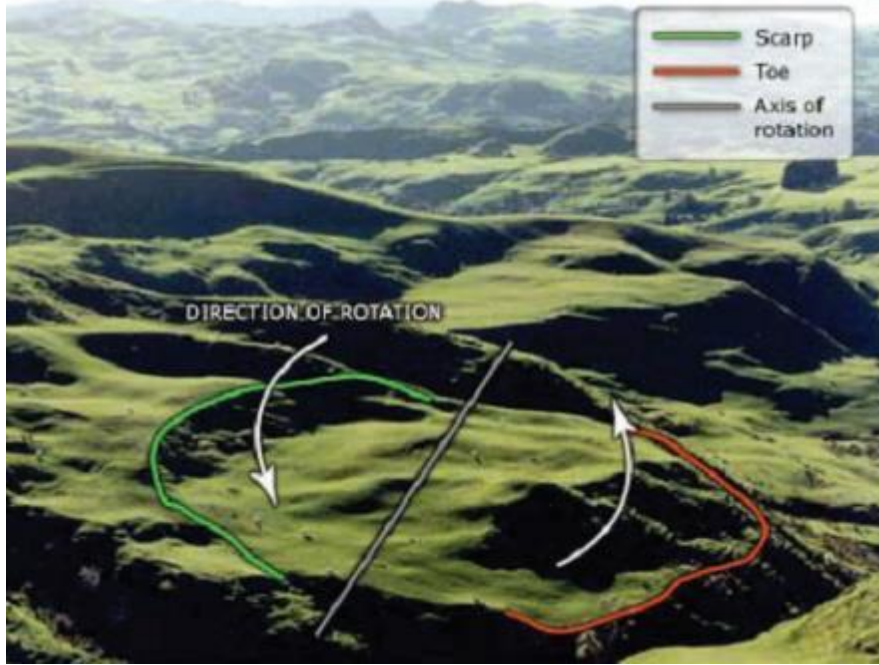
Öngörülebilirlik

Eski kaymalar tekrar aktif hale gelebilir, heyelan tepesindeki yamaçta meydana gelen açılma çatlakları yenilmenin başladığına işaret eden önemli göstergelerdir. Dairesel kayma türü heyelanın şematik ve arazi görüntüsü Şekil 7 ve 8’de verilmiştir.

Daha ayrıntılı bilgi için 9, 39,43 ve 45 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 7. Dairesel Kaymanın şematik olarak gösterimi (Kaynak 9’den değiştirilerek alınmıştır).



Şekil 8. Yeni Zelanda’da meydana gelen bir dairesel heyelan. Sol ortadaki yeşil çizgi heyelan aynasıdır (yenilmenin başladığı alan). Sağ altta engebeli topoğrafya (Gölgeli yer) heyelanın topuk bölgesidir (kırmızı çizgi). Hareket eden malzeme kavisli bir kayma yüzeyi üzerinde soldan sağa doğru hareket etmiş olup, dairesel kayma olarak isimlendirilir. Dönme eksenini ve yönü fotoğrafta gösterilmiştir (Fotoğraf: Michael J. Crozier, 21 Eylül 2007 tarihinde güncellenen Yeni Zelanda Ansiklopedisi’nden alınmıştır).

Düzlemsel Kayma Türü Heyelan

Düzlemsel kayma türü heyelanda kütle dışarı, aşağıya doğru göreceli olarak düz bir düzlem üzerinde çok az geriye tiltlenme ve dairesel hareket göstererek hareket eder. Bu tip hareketlerde kayma düzlemi yeterince eğimli ise dairesel kaymaların aksine, dengeye ulaşabilmesi için önemli mesafeler kat edebilir. Kayan kütle içindeki malzeme gevşek, konsolide olmamış zeminlerden kalın kaya kütlelerine veya her ikisi birlikte olabilir.

Oluşumu

Bütün ortam ve koşullarda oluşabilir ve dünya çapında en fazla gözlenen heyelanlardan biridir.

Görece büyüklük

Dairesel kaymalara oranla genellikle daha sığ derinliklerde gözlenir. Yenilme yüzeyi mesafe uzunluk oranı 0.1'den daha az olup, büyüklüğü küçük heyelanlardan kilometre genişliğine sahip bölgesel heyelanlara kadar değişebilir.

Hareket hızı

Hareket hızı başlangıçta yavaş olabilir (1.5 m/ay) fakat çoğunun hızı orta hızlıdan (1.5 m/gün) son derece hızlı arasında değişir. Artan hareket hızı ile düzlemsel kaymalarda heyelan kütleli parçalanarak moloz akmasına dönüşebilir.

Tetikleme Mekanizması

Öncelikle yoğun yağış olmak üzere, kayan kütle içerisinde yağmur, kar erimesi, taşkın veya sulamadan kaynaklanan göllenme veya borularda meydana gelen su kaçakları nedeniyle yer altı sularında yükselme veya insan kaynaklı şev kazıları bu tür heyelanları tetikleyebilir. Bu tip heyelanlar deprem tetiklemesi sonucu da oluşabilir.

Doğrudan ve dolaylı etkileri

Düzlemsel kaymalar başlangıçta yavaş olabilir, yapılara ve/veya yaşam hatlarına (ulaşım, haberleşme, içme suyu vs.) hasar verebilir. Bazı durumlarda hız kazanarak hayatı tehdit edecek hale gelebilir. Ayrıca vadilerde heyelan setleri oluşturarak taşkınlara neden olabilirler.

İyileştirme Önlemleri

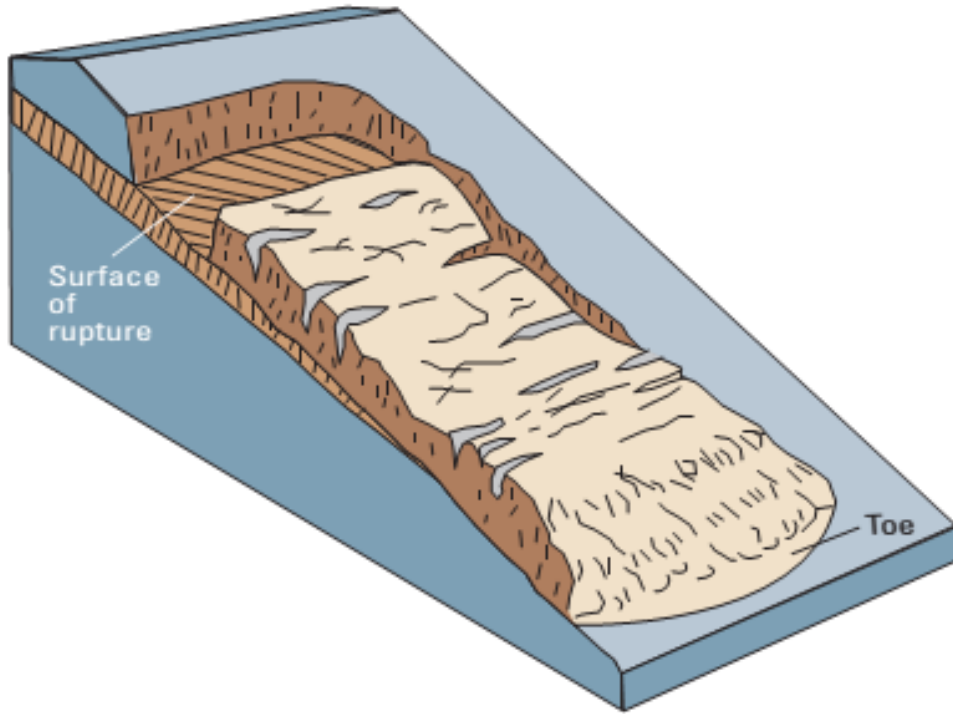
Heyelanı olmasını veya mevcut bir heyelanın tekrar harekete geçmesini önlemek için uygun drenaj sistemi yeterli olabilir. Yaygın olarak kullanılan iyileştirme çalışmaları arasında basamaklandırma, drenaj ve istinat duvarları sayılabilir. Kaya kütlelerinin bulunduğu ortamlarda daha ayrıntılı

çözümler için profesyonel kişiler tarafından tasarlanan ankraj sistemleri ve kaya saptamaları kullanılabilir. Orta ve yüksek eğimli yamaçlarda düzlemsel kaymaların kalıcı olarak stabilize edilmesi çok zordur.

Öngörülebilirlik

Sık sık büyük depremlere maruz kalan bölgeler dahil olmak üzere, geçmişte oluştuğu alanlarda tekrar meydana gelme olasılıkları yüksektir. Heyelanın taç kesimlerinde açılma çatlakları veya topuktaki kabarmalar yeni bir yenilmenin oluşabileceğini gösteren işaretlerdir. Şekil 9 ve 10'da düzlemsel kaymanın şematik ve araziden bir görüntüsü verilmiştir.

Daha ayrıntılı bilgi için 9, 39,43 ve 45 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 9. Düzlemsel heyelanın şematik olarak gösterimi (Kaynak 9'dan değiştirilerek alınmıştır).



Şekil 10. Beatton nehri vadisinde (Britanya Kolombiyası, Kanada) 2001 yılında meydana gelen düzlemsel heyelan (Fotoğraf: Réjean Couture, CGS).

Yayılmalar

Kohezyonlu zemin veya kaya kütlelerinin altındaki daha yumuşak olan çatlaklı kohezyonlu malzemenin içine çökerek hareket etmesi yayılma olarak tanımlanmaktadır. Yayılmalar yumuşak kıvamdaki alttaki birimlerin akması veya sıvılaşması sonucu meydana gelebilir. Yayılma çeşitleri olarak, blok yayımları, sıvılaşma yayımları ve yanal yayımlar sayılabilir.

Yanal Yayımlar

Yanal yayımlar özellikle alttaki daha yumuşak veya zayıf yapıları seviyeler üzerinde üstteki daha dayanımlı kaya veya zemin seviyelerinin hareket etmesiyle genel olarak çok az eğimli veya düz alanlarda oluşmaktadır. Bu tip yenilmeler alttaki daha zayıf seviyelerin içerisine genel olarak üstteki seviyelerin göçmesi/oturması şeklinde gözlenirler. Kaya yayımları, sağlam zeminde açılma ve çatlaklar şeklinde duraylı zeminden yavaş yavaş başlayıp, zayıf zemin üzerinde belirgin bir yenilme düzlemi oluşturmasına gerek olmaksızın hareket edebilirler. Yumuşak yapıları ve zayıf olan birim, belirli koşullar altında, yayılan bloklar arasındaki kırıklarda sıkışarak yukarı doğru çıkış yapabilir.

Oluşumu

Dünya çapında ve özellikle sıvılaşmaya uygun alanlarda olduğu bilinmektedir. Sismik aktivitenin yüksek olduğu alanlarda yaygın olmakla birlikte sadece bu alanlarda sınırlı değildir.

Görece büyüklük

Etkilenen alan küçük bir alanda ve birkaç kırıkla başlayıp, hızlıca yayılarak, yüzlerce metre genişliğindeki alanı etkileyebilir.

Hareket hızı

Yavaş ve orta hızda olabilir. Bazı durumlarda deprem gibi belirli tetikleme mekanizmasından sonra hızlı hareket edebilir. Yanal yayılma sonrası zemin günde birkaç milimetre hareketten günde onlarca metrekare alana yayılan hareketler gösterebilir.

Tetikleme Mekanizması

Zayıf zeminin duraylılığını bozan tetikleyiciler olarak:

- Deprem sarsıntıları nedeniyle alttaki zayıf zeminin sıvılaşması,
- Duraysız bir şev üzerine doğal ya da insan kaynaklı aşırı yükleme,
- Yağış, kar erimesi ve/veya yeraltı su seviyesi değişimleri sonucu alttaki zayıf zeminin suya doygun hale gelmesi,

- Alttaki hassas denizel killerin nehir kıyısı veya yamaçlarının erozyonal süreçler ile bozulması sonucu sıvılaşması,
- Derinlerdeki duraysız malzemelerde (örneğin tuz seviyeleri) meydana gelen plastik deformasyonlar sayılabilir.

Doğrudan ve dolaylı etkileri

Bina, karayolu, demiryolu ve diğer yaşam hatlarına çok büyük zararlar verebilir. Alttaki farklı zemin seviyelerinin suya doygunluk derecesine bağlı olarak yavaş ve hızlı yayılmalar gözlenebilir. Yanal yayılma alanlarında daha sonra toprak akmaları gelişebilir.

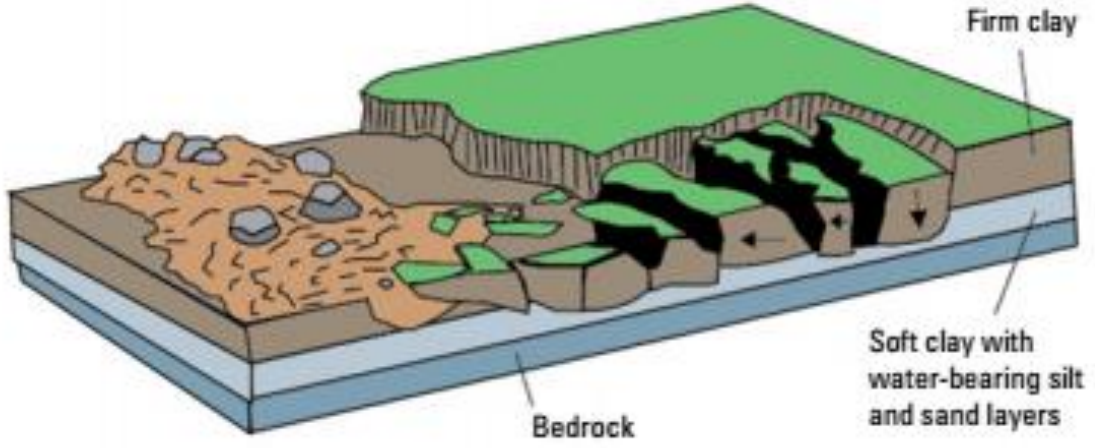
İyileştirme Önlemleri

Bazı bölgeler için sıvılaşma potansiyelini gösteren haritalar mevcut olmakla birlikte çok yaygın değildirler. Özellikle depremlerin sık tekrarlandığı bölgelerde, sıvılaşma potansiyeline sahip alanlar yapılaşma bölgesi dışında tutulmalıdır. Yeraltı suyunun yüksek olduğu alanlarda drenaj veya diğer susuzlaştırma çalışmaları yapılabilir.

Öngörülebilirlik

Daha önce yanal yayılma meydana gelmiş alanlarda tekrarlanma olasılığı yüksektir. Olası deprem tehlikesi yüksek olan alanlarda ve sıvılaşma potansiyeline sahip zeminlerde yaygın olarak gözlenir. Yanal yayılma hareketleri aynı zamanda hassas killerin bulunduğu alanlarla da ilişkili olup, Doğu Kanada'nın St. Lawrence düzlüklerinde genel olarak yaygın bir sorundur. Yanal yayılmaların şematik olarak ve arazi görüntüsü sırasıyla Şekil 11 ve 12'de verilmiştir.

Daha ayrıntılı bilgi için 9, 39,43 ve 45 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 11. Yanal yayılma türü heyelanın şematik olarak gösterimi. Yüzeyden aşağıda sıvılaştırılabilir bir zemin bulunmaktadır (Kaynak 9'dan değiştirilerek alınmıştır).



Şekil 12. 1989 Loma Prieta (Kaliforniya, ABD) depreminde meydana gelen yanıl yayılma sonucu yoldaki hasar (Fotoğraf: Steve Ellen, USGS).

Akmalar

Akma, hareket yüzeylerinin kısa ömürlü ve çok uzun süre korunmadığı, mekânsal olarak sürekli bir harekettir. Akma olayında hareket eden kütle içerisindeki bileşenlerin hızları viskoz bir sıvıya benzer. Genellikle, su içeriğine, malzemenin hareketliliğine ve hareketin gelişimine bağlı olarak kaymalardan akmalara doğru dereceli bir geçiş vardır.

Moloz Akmaları

Moloz akması, gevşek toprak, kaya ve bazen organik yapıları zeminlerin su ile birleşerek, yamaç aşağıya doğru akan bir karışım şeklinde gelişen hızlı bir kütle hareketi biçimidir. Akan malzeme içerisinde yüksek oranda bulunan ince taneli zeminler nedeniyle uygun olmayan bir tabirle “çamur kayması” olarak da adlandırılmaktadırlar. Zaman zaman, dairesel veya düzlemsel kaymalar hız kazandıkça ve hareket eden kütle kohezyonunu kaybettiğinde veya su içeriği çok arttığında moloz akmasına dönüşebilmektedir. Kuru akmalar bazen kohezyonsuz kumlarda (kum akmaları) meydana gelmektedir. Moloz akmaları son derece hızlı ve herhangi bir ön belirti olmadan oluşabildikleri için ölümcül sonuçlara yol açabilir.

Oluşumu

Moloz akmaları dünya çapında meydana gelmekte ve kanyon ve yüksek eğimli oyuntularda yaygındır. Orman yangınları sonucu bitki örtüsünün ortadan kalkması veya ormansızlaştırma çalışmaları sonucu oluşan oyuntu ve yamaçlarda yoğunluk göstermektedirler. Volkanik bölgelerde zayıf zeminlerde de yaygındır.

Görece büyüklük

Bu tip akmalar su içeriği yüksek sığ veya sediman ve molozların oluşturduğu derin hareketler şeklinde olabilir. Genellikle yamaç aşağıya doğru hareketi kolaylaştıran derin boyutlu oyuntular ile sınırlandırılırlar. Genellikle hareket göreceli olarak sığ ve yayılımı dar ve uzundur. Ancak yüksek eğimli arazilerde kilometrelere varan mesafelerde yayılım gösterebilir. Moloz ve çamur genellikle şev topuğunda sonlanır ve yelpazeye benzer yapılar duraysız yapılar oluşturup, moloz yelpazesi olarak isimlendirilirler.

Hareket hızı

Kıvamlılık ve yamaç eğimine bağlı olarak hareket hızlıdan son derece hızlı (56 km/saat) arasında değişebilir.

Tetikleme Mekanizması

Moloz akmaları genellikle aşırı yağış veya hızlı kar erimesi nedeniyle yoğun yüzeysel su akışı olduğu durumlarda yüksek eğimli yamaçlarda aşındırma ve gevşek toprak ve kayaların hareket etmesi sonucu meydana gelir. Moloz akmaları aynı zamanda yaygın olarak eğimli yamaçlarda, hemen hemen suya doygun ve yüksek oranda silt ve kum boyu malzeme içeren birimler içerisinde gelişen diğer tip heyelanlar içerisinde de oluşabilirler.

Doğrudan ve dolaylı etkileri

Moloz akmaları ani başlangıçları, yüksek hareket hızı ve diğer moloz parçalarıyla birlikte büyük blokları içermesi açısından ölümlü sonuçlanan kayıplara yol açabilirler. Akış aşağıya doğru ev büyüklüğünde objeleri hareket ettirip, hızlı sediman ve organik madde akışları ile bazı yapıları doldurabilir. Getirdiği büyük miktarda silt ve moloz malzemeleri sonucu su kalitesini etkileyebilir.

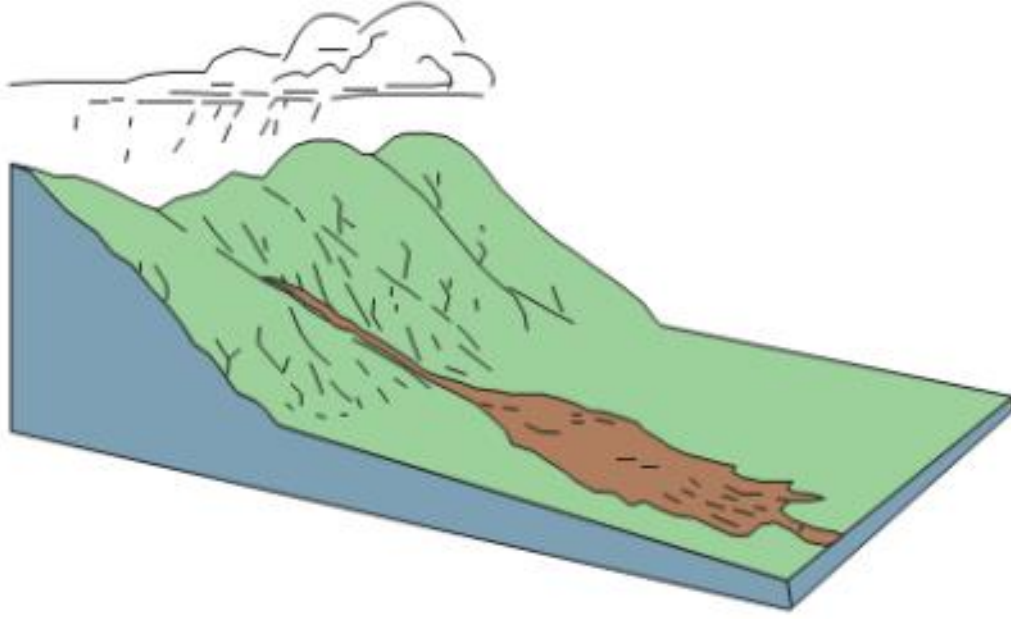
İyileştirme Önlemleri

Akmalar genellikle önlenemez. Bu nedenle binalar geçmişte moloz akmasının yaşandığı, orman yangınlarına veya moloz akmasına duyarlı zemin tipleri içerisinde inşa edilmemelidir. Saptırma (yönlendirme) yöntemi ile yeni oluşacak akmaların yapıları etkilemesi önlenebilir, moloz akması toplama havuzları inşa edilebilir ve bazı alanlarda moloz akmasını tetikleyebilecek belirli bir yağış şiddeti eşik değerine göre uyarı sistemleri yerleştirilebilir. Tahliye, sakınma ve/veya yerleşimin nakledilmesi, yaralanma ve can kaybını önlemek için yapılacak en iyi yöntemlerdir.

Daha ayrıntılı bilgi için 9, 39,43 ve 45 nolu kaynaklara bakınız.

Öngörülebilirlik

Potansiyel moloz akması olası tehlikelerine karşı haritalar bazı alanlar için bulunmaktadır. Moloz akmaları yüksek eğime sahip yamaçlarda ve gerek mevsimsel veya belli aralıklarla aşırı yağışlara maruz kalan ve özellikle de orman yangınları sonucu veya diğer sebeplerle bitki örtüsünün tahrip edildiği alanlarda sıklıkla meydana gelebilir. Moloz akmasının şematik ve arazi görünümü örnekleri Şekil 13 ve 14'te verilmiştir.



Şekil 13. Moloz akmasının şematik olarak gösterimi (Kaynak 9'dan değiştirilerek alınmıştır).



Şekil 14. Venezuela'nın kuzey kıyısındaki, Cordillera de la Costan eteklerinde bulunan Caraballeda şehrinde moloz akmasının yol açtığı hasarlar. Aralık 1999'da meydana gelen olay, Venezuela'da 20. Yüzyılda yaşanmış en büyük doğal afettir. Birkaç gün süren sağanak yağışların tetiklemesiyle oluşan moloz akmaları 30000 kişinin ölümüne yol açmıştır (Fotoğraf: L.M. Smith, Waterways Experiment Station, U.S. Army Corps of Engineers).

Lahar (Volkanik moloz akmaları)

Lahar kelimesi Endonezya kökenli bir kelimedir. Laharlar aynı zamanda volkanik çamur akıntısı olarak da tanımlanmaktadır. Bu tip akmalar volkan konisi yamaçlarında oluşmakta olup, moloz akması tipinde hareketlerdir. Lahar gevşek tefra birikimlerinin (volkan patlaması sonucu havadan yere çökelen tutturulmamış volkanik malzemeler) ve ilgili moloz malzemelerinin akışkanlık kazanmasıdır.

Oluşumu

Dünyadaki bütün volkanik bölgelerde bulunabilir.

Görece büyüklük

Laharlar yüzlerce kilometre kareye ulaşabilir. Yamaç aşağıya doğru hız kazanması ve moloz taşınma miktarının artmasından dolayı daha da büyük ölçeklerde gelişebilir. Bazı durumlarda ise hacimce küçük ve volkanın sadece belirli alanlarında etkili olarak yamaç aşağılarında sonlanırlar.

Hareket hızı

Laharlar özellikle kar ve buzul erime alanlarında bol su kaynağı ile karıştığı ortamlarda çok hızlı (50 km/saat) hareket edebilirler. Eğer malzeme viskoz ve moloz boyutları büyük ve su içeriği düşükse hareketin hızı yavaş veya orta derecede yavaş olabilir.

Tetikleme Mekanizması

Su birincil tetikleme mekanizması olup, su kaynağını krater gölü, volkanın içinden çıkan buhar yoğunlaşmaları veya volkan konisi üzerindeki kar ve buz erimeleri oluşturabilir. Bazı çok büyük ve ölümcül laharlar volkanik patlamalar sonucu çevredeki kar ve buz birikintilerinin hızla eriyerek felakete yol açan bir hızda eğimli volkan konisi yamaçlarından aşağıya doğru akması şeklinde gelişmektedir.

Doğrudan ve dolaylı etkileri

Etkileri son derece geniş alanda ve tahrip edici olabilir, özellikle volkanik patlamanın tetiklemesi ve sonrasında gerçekleşen hızlı kar ve buz erimesi sonucu akan malzeme, volkanın aşağısında yer alan yerleşim alanlarını örterek kaplayabilir. Bazı büyük akmalar nehir setleri oluşturabilir ve akış yukarısında taşkınlara yol açabilir. Daha sonraki aşamada yıkılan set gölleri akış aşağısında felakete yol açan taşkınlar oluşturabilir. Bu tip heyelanlar genellikle çok sayıda insanın hayatını kaybetmesiyle sonuçlanabilir.

İyileştirme Önlemleri

Yapılaşmaya kapalı ya da volkan konisi yamaçları üzerinde sadece akış güzergahı dışındaki alanlarda yapılaşma yapılması dışında kalan alanlarda laharların yol açacağı hasarları önemeye karşı bilinen herhangi bir yaklaşım bulunmamaktadır. Uyarı sistemleri ve tahliye çalışmaları bazı durumlarda hayat kurtarabilir. Buna rağmen, uyarı sistemleri aktif sürekli gözlem gerektirmekte ve güvenilir bir tahliye yöntemi oluşturulmalıdır.

Öngörülebilirlik

Geçmişte oluşmuş lahar olayları temel alınarak duyarlılık haritaları potansiyel akış alanlarını da içerecek şekilde yapılabilmektedir. Bu tip haritalar çoğu tehlikeli alanlar için henüz hazır değildir. Bir lahar olayının şematik ve arazi görünümü örnekleri Şekil 15 ve 16'da verilmiştir.



Şekil 15. Lahar (Volkanik çamur akması) olayının şematik gösterimi (USGS'den alınmıştır).



Şekil 16. St. Helens (Washington ABD) yanardağının 1982'deki patlaması sonucu meydana gelen lahar (Fotoğraf: Tom Casadevall, USGS).

Moloz ığı

Moloz ığları genellikle çok büyük, son derece hızlı ve çoğunlukla duraysız bir Şevin gemesi sonucu oluşan moloz parçalarının hızlıca yamaç aşağıya doğru hareketi sonucu açık Şevlerde meydana gelen olaylardır. Bazı durumlarda, ortamda bulunan kar ve buz sonucu yeterince suyun varlığı hareketi moloz akması ve/veya lahar hareketine dönüŐtürebilmektedir.

Oluşumu

Dünya genelinde yüksek eğimli arazilerde meydana gelebilir. Volkan konilerinin yüksek eğimli yamaçlarında yaygın olup ana drenaj kanallarını izleyebilir.

Görece büyüklük

Bazı büyük ığların 3 kilometre genişliğinde büyük blokları kaynağından birkaç kilometre uzaklara taŐıdıęı bilinmektedir.

Hareket hızı

Hızlı - son derece hızlı arasında değişebilir. Bazı moloz ığları 100 m/sn hıza yakın hareket edebilmektedir.

Tetikleme Mekanizması

Genel olarak, sıcak ve soğuk olmak üzere iki tip moloz çığı bulunmaktadır. Soğuk moloz çığlarının genellikle duraysız bir yamaçta, yüksek eğimli Şevlerde ayrışmış malzemelerin yenilmesi veya anakayanın parçalanarak bozulması sonucu yüksek hızda kayma türü heyelanın yamaç aşağıya hareketi sonucu oluştuğu bilinmektedir. Bu urumda kütle moloz ığına dönüşebilmektedir. Sıcak moloz ığları ise volkanik depremleri de kapsayacak Şekilde volkanik aktiviteler veya magma sokulumu sonucu meydana gelen Şev duraysızlıkları olarak tanımlanmaktadır.

Doğrudan ve dolaylı etkileri

Moloz ığları birkaç kilometre boyunca hareket edebilir. Ya da daha sonra su içeriğince zengin laharlara veya moloz akmalarına dönüŐerek onlarca kilometre akış aşağıya doğru hareket edebilir. Bu tip yenilmeler nehir kalitesini tahrip ederek aşağıdaki yerleşim birimlerinde su baskınlarına yol açabilir. Çok hızlı hareket hızına sahip olmalarından ve erken uyarı ve hazırlık açısından çok sınırlı çözümler olmasından dolayı ölümcül sonuçlar doğurabilir.

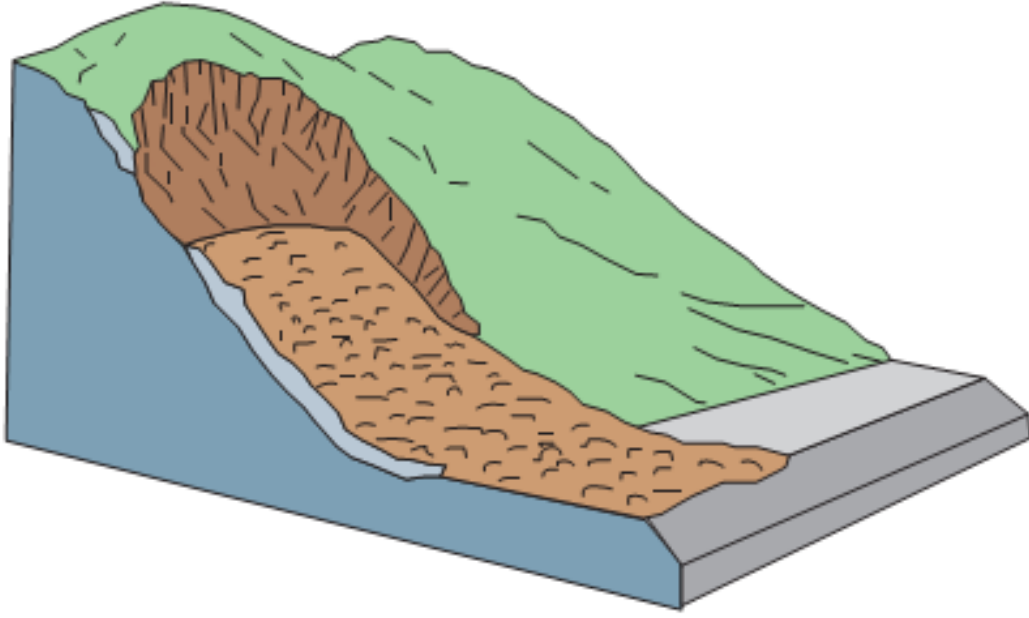
İyileştirme Önlemleri

Volkan üzerindeki vadilerde, yüksek eğimli dağ yamaçlarında yapılaşmadan kaçınılmalıdır. Gerçek zamanlı uyarı sistemleri oluşacak zararların azaltılmasını sağlayabilir. Bununla birlikte uyarı sistemleri moloz çığlarının yüksek hızlarda oluşmasından ve insanların tahliye edilmesi için yeterince zaman olmayacağından dolayı etkili olmayabilir. Moloz çığlarının tetikleme mekanizmasının önlenemez olmasından dolayı mühendislik yaklaşımları ile de durdurulması ya da önlenmesi mümkün değildir.

Öngörülebilirlik

Belirli bir bölgede önceki moloz çığlarına ait izler/veriler mevcut ve eğer geçmişteki olaylar tarihlendirilebilirse, olasılıksal olarak tekrarlanma aralıkları elde edilebilir. Volkanik patlamalar sırasında büyük bir moloz çığı oluşma olasılığı yüksek olup, uygun uyarı sistemleri uygulanabilir. Bir moloz çığı olayının şematik ve arazi görünümü örnekleri Şekil 17 ve 18'de verilmiştir.

Daha ayrıntılı bilgi için 9, 39,43 ve 45 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 17. Moloz çığının şematik olarak gösterimi (Kaynak 9'dan değiştirilerek alınmıştır).



Şekil 18. Şubat 2006 yılında Guinsaugon köyünü tamamen örten (Güney Leyte, Filipinler) moloz çığı (Fotoğraf: Tokyo Üniversitesi Jeoteknik Grubu). Bir başka moloz çığı örneği için Şekil 30'a bakınız.

Toprak akması

Toprak akmaları az ve orta eğimli yamaçlarda genellikle kil veya silt gibi ince taneli zeminlerde fakat aynı zamanda çok ayrılmış kil içeren anakayalarda da meydana gelebilir. Akan kütle güçlü iç deformasyona sahip plastik veya viskoz davranış gösterir. Hassas killer (denizel killer) dış etkenler tarafından rahatsız edildiğinde, doğal su içeriğinde makaslama dayanımını kaybedip, aniden sıvılaşarak geniş alanlarda yüksek zarar verme potansiyeline sahip ve birkaç kilometre uzunluğa varan akmalar gelişebilir. Büyüklüğü genel olarak ana aynanın geriye doğru ardışık olarak (retrogressive) hareket etmesi sonucu artabilir. Kayma ve yanal yayılma türü heyelanlarda da hareket yamaç aşağısında toprak akmalarına dönüşebilir. Toprak akmalarının hızı çok yavaştan (krip) hızlıya değişebilir ve felakete yol açan sonuçlar doğurabilir. Çok yavaş akmalar ve kuzey permafrost bölgeleriyle sınırlı olan özel toprak akması yapıları ileriki bölümlerde ayrıntılı verilmiştir.

Oluşumu

Toprak akmaları dünya genelinde çok ayrılmış anakayaların ve ince taneli zeminlerin bulunduğu bölgelerde gelişmektedir. Felakete yol açan hızlı toprak akmalarına duyarlı denizel killer (hassas killerde yaygın olup) Kuzey Amerika'nın St. Lawrence düzlüklerinde, Alaska ve Britanya Kolombiyası kıyılarında ve İskandinavya'da yaygındır.

Görece büyüklük

Küçük lokal alanlarda akmaların büyüklüğü 100 m²'den, bölgesel ölçekte etkili olan akmaların büyüklüğü ise birkaç kilometrekare alana ulaşabilmektedir. Denizel kökenli akmaya duyarlı hassas killerde yayılma mesafesi birkaç kilometreye ulaşabilir.

Hareket hızı

Yavaştan çok hızlı aralığında değişim gösterebilirler.

Tetikleme Mekanizması

Uzun süreli veya şiddetli yağış veya kar erimesi, kanal ve göl gibi su seviyesindeki ani düşüşler sonucu yeraltı suyu seviyesinde değişimlere, akarsuların şev topuğunu aşındırması, kazı ve inşaat çalışmaları, şev yüzeyinin aşırı yüklenmesi, depremler ve insan etkisiyle oluşturulan yapay titreşimler akmaları tetikleyen faktörler arasında sayılabilir.

Doğrudan ve dolaylı etkileri

Akmaya duyarlı hassas killerde meydana gelen olaylar hızlı olup yamaç aşağısına doğru düz alanları da etkileyecek şekil uzun mesafeler katederek geniş alanları tahrip edip, ölümcül sonuçlar doğurabilir, binaların ve çizgisel mühendislik yapılarının yıkılmasına, nehir setleri oluşturarak akış yukarısında taşkınlara, akış aşağısında ise siltlenme problemlerine yol açabilir. Yavaş toprak akmaları yapılara zarar verip, çizgisel altyapı elemanlarında kopma ve kırılmalara yol açabilir.

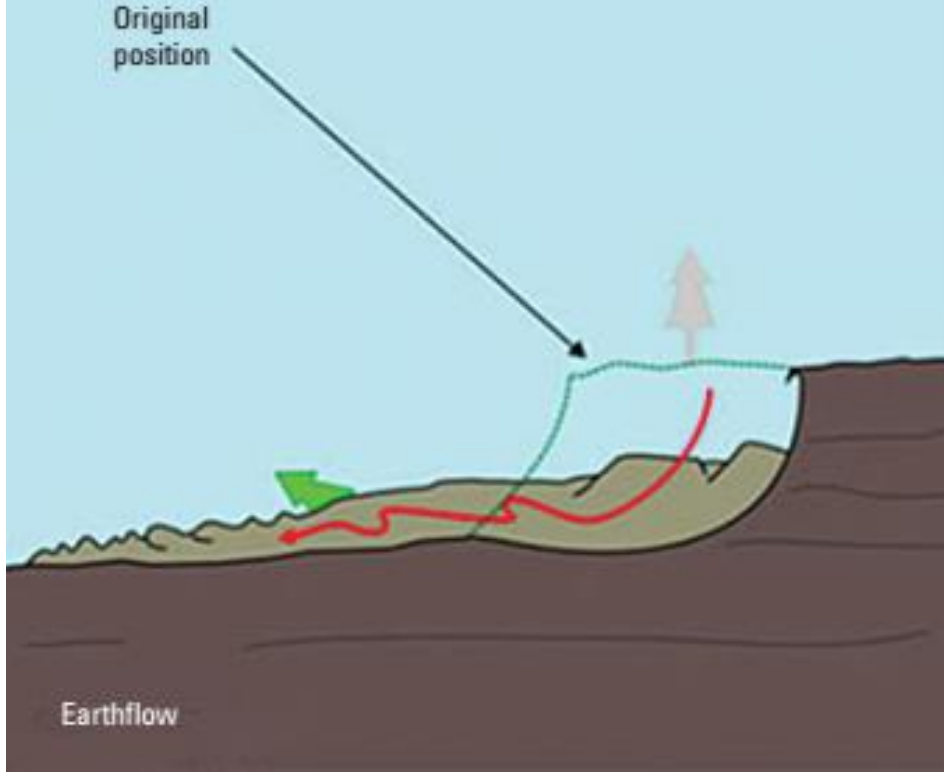
İyileştirme Önlemleri

Detaylı drenaj sistemleri en önemli ıslah edici önlemlerden biri olup, şevlerin tesviye edilmesi ve şev tabanlarının erozyona karşı korunması. Killerin makaslama dayanımı belirlenebilir, şüpheli şevlerde boşluk suyu basınçları kontrol edilebilir. Bununla birlikte en etkili iyileştirme bu tip şevlerin yakılarında yapılaşma çalışmalarından kaçınmak olacaktır.

Öngörülebilirlik

En iyi akmaya duyarlı alan belirtileri eski toprak akmalarına ait veriler oluşturmaktadır. Killi sınırlanabilir birimlerin dağılımı Kuzey Amerika'nın doğusunda birçok alanda haritalanmıştır. Şevin üst kesimlerinde meydana gelen açılma çatlakları potansiyel yenilmeye işaret etmektedir. Toprak akmasının şematik ve arazi görünümü örnekleri Şekil 19 ve 20'de verilmiştir.

Daha ayrıntılı bilgi için 9, 39,43 ve 45 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 19. Toprak akmasının şematik gösterimi (CGS'den alınmıştır).



Şekil 20. 1993 Lemieux heyelanı. Ottawa (Kanada) bölgesinde hassas denizel kil birimi içerisinde gelişen hızlı toprak akması. Heyelan ana aynası nehir kıyısından itibaren 680m gerilemiştir. Yaklaşık 2.8 milyon ton kil ve silt birimi sıvılaşarak South Nation nehri vadisine akarak heyelan seti oluşturmuştur (Fotoğraf: G.R. Brooks, CGS).

Yavaş toprak akması (Krip)

Krip yavaş toprak akmasının resmi olmayan ismi olup algılanamayacak kadar yavaş bir hızda şevi oluşturan zemin ve kaya malzemesinin sürekli olarak yamaç aşağıya doğru hareketidir. Hareket birim içerisindeki makaslama gerilmelerinin yenilme olmaksızın deformasyona yol açmasından kaynaklanmaktadır. Genellikle üç tip krip vardır; (1) mevsimsel, bu durumda zemin içindeki hareket su içeriği ve sıcaklıktaki mevsimsel değişimlerden etkilenmektedir. (2) Sürekli, makaslama gerilmeleri sürekli olarak malzemenin makaslama dayanımını aştığı durumlarda; (3) ilerleyen (progresif), şevlerde yenilme noktasına ulaşılmasıyla başka bir hareket tipine geçiş göstermesi şeklindedir.

Oluşumu

Krip dünyada yaygın olarak gözlenmekte, büyük bir olasılıkla da en sık gözlenen heyelan tipi olup, genellikle daha hızlı ve zarar verici heyelan tiplerinden önce gelir. Solüflüksiyon, permafrost ortamlarda aynı zamanda tipik olarak gözlenen özel bir krip türüdür. Toprak üst seviyelerinde buzca zengin ince taneli zeminlerin bulunduğu yerlerde ve bu seviyelerin yıl içerisinde çözünmesi sırasında meydana gelir.

Görece büyüklük

Krip doğada bölgesel (onlarca km²) veya lokal alanlarda oluşabilir. Sınırlarının belirlenmesi hareketin yavaş ve fark edilebilir yüzey deformasyonlarının olmamasından dolayı zordur.

Hareket hızı

Çok yavaştan son derece yavaş arasında değişir. Genellikle 10 yılda 1 metrenin altındadır.

Tetikleme Mekanizması

Yağış ve kar erimesi mevsimsel kripi tetikleyen faktörlerdir. Diğer tipteki kriplere neden olan birçok faktör bulunmaktadır. Örnek olarak kimyasal ve fiziksel ayrışma, borulardan su sızıntıları, zayıf drenaj, çeşitli inşaat işleri sonucu duraylılığın bozulması gibi faktörler verilebilir.

Etkileri

Hareketin çok yavaş olmasından dolayı krip yapılaşmaya uygun alanların belirlenmesi sırasında fark edilmeyebilir. Krip yavaşça boru hatlarında kopmalar, binalarda, karayollarında, çit ve benzeri yapılarda şiddetli deformasyonlara yol açarak daha yıkıcı ve hareketli olabilir.

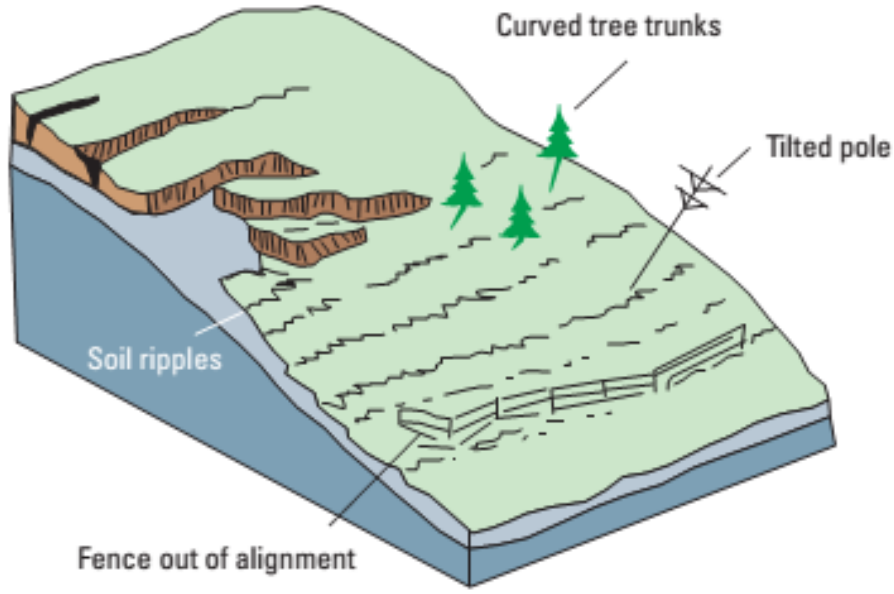
İyileştirme Önlemleri

En yaygın kullanılan önleme çalışması olarak, özellikle mevsimsel tipte gelişen kripler için düzgün bir drenaj sisteminin sağlanması verilebilir. Şevin yatırılması veya heyelan kütesinin tamamının veya bir kısmının alınması yanı sıra istinat duvarları yapılabilir.

Öngörülebilirlik

Eğrilmiş ağaç gövdeleri, yatık çitler ve/veya istinat duvarları, eğilmiş direkler, toprakta küçük dalgalanma veya kabarıklıklar önemli belirtilerendir. Krip kayma hızı sondaj kuyularına yerleştirilen inklinometreler veya yüzeyden alınan detaylı ölçümlerle belirlenebilir. Kripin şematik ve arazi görünümü örnekleri Şekil 21 ve 22’de verilmiştir.

Daha ayrıntılı bilgi için 9, 39,43 ve 45 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 21. Genellikle krip olarak isimlendirilen, yavaş toprak akmasının şematik gösterimi (Kaynak 9'dan değiştirilerek alınmıştır).



Şekil 22. Fotoğrafta, Doğu Sussex (Birleşik Krallık) yakınlarında bir bölgedeki krip etkisi görülmektedir. Yüksek eğimli yamaçlarda Denizel kireçtaşı birimi üzerindeki ince toprak seviyesinde, 0.3-0.6m'lik ondülasyonlu basamaklar gelişmiştir. Daha sonrasında üzerinde yürüyen küçük ve büyükbaş hayvanlar tarafından daha belirgin hale getirilen teraslar kademeli olarak toprak seviyesinin yamaç aşağı krip hareketi sonucu oluşmuştur. (Fotoğraf: Ian Alexander)

Sürekli don bölgelerinde akmalara

Sürekli don koşulları altında yenilmeler daha önce buzca zengin ince taneli zeminlerin hafif eğimli yamaçlar boyunca hareket etmesiyle oluşur. Donmuş zeminlerin üst seviyelerinde meydana gelen mevsimsel buz çözümleri toprağı aşırı suya doymun hale getirip, malzemenin makaslama dayanımının azalmasına yol açarak akma hareketlerini başlatır. Solüflüksiyon, soğuk ortamlarda meydana gelen bir krip çeşidi olup, yüzeyde çok yavaş deformasyonlar ve yamaç aşağıya doğru uzamış sığ loblar oluşturur. Yüzeydeki aktif sıyrılmalar, yüzey akması (skin flow) olarak isimlendirilmekte ve doymun sığ toprak ve bitki örtüsü seviyesinin dar ve uzun hareketler ile alttaki donmuş seviyenin üzerindeki hızlı akmalardır. Bu tip hareketler gömülü buz mercceklerini yüzeye çıkarabilir ve eridiklerinde gerileyen çözünme akmaları veya moloz akmalarının oluşumuna yol açabilir. Gerileyen çözünme akmaları, tepe kısmı dik yüzeylere ve yayılma zonu düşük açılı suya doymun olan büyük yapılardır. Bu tip şekiller, yer değıştiren bitki örtüsü gömülüp buzca zengin aynalar izole oluncaya kadar ana aynadaki gerilemeler ile genişlemeye devam etmektedir.

Oluşumu

Akmalar kuzey enlemlerinde ve yüksek rakımlarda, buzca zengin sürekli donmuş topraklarda yaygındırlar.

Görece büyüklük

Akmalar genellikle küçüktür, ancak ana aynadan geriye doğru hareketler ile büyük boyutlara ulaşabilir. Büyük moloz akmalarına dönüşebilir.

Hareket hızı

Çok yavaş (solüflüksiyon; yavaş (gerileyen çözünme akmaları); hızlı (aktif yüzey sıyrılmaları).

Tetikleme Mekanizması

Ortalama yaz sıcaklıklarının üzerinde, don kamaları, yangın ve turba katmanında antropojenik etkiler ile meydana gelen bozulmalar. Bu tip heyelanlar özellikle iklim koşullarında sıcaklığın artması sonucu oluşur.

Doğrudan ve dolaylı etkileri

Boru hatları, yol ve diğere yapılara zarar verebilir.

İyileştirme Önlemleri

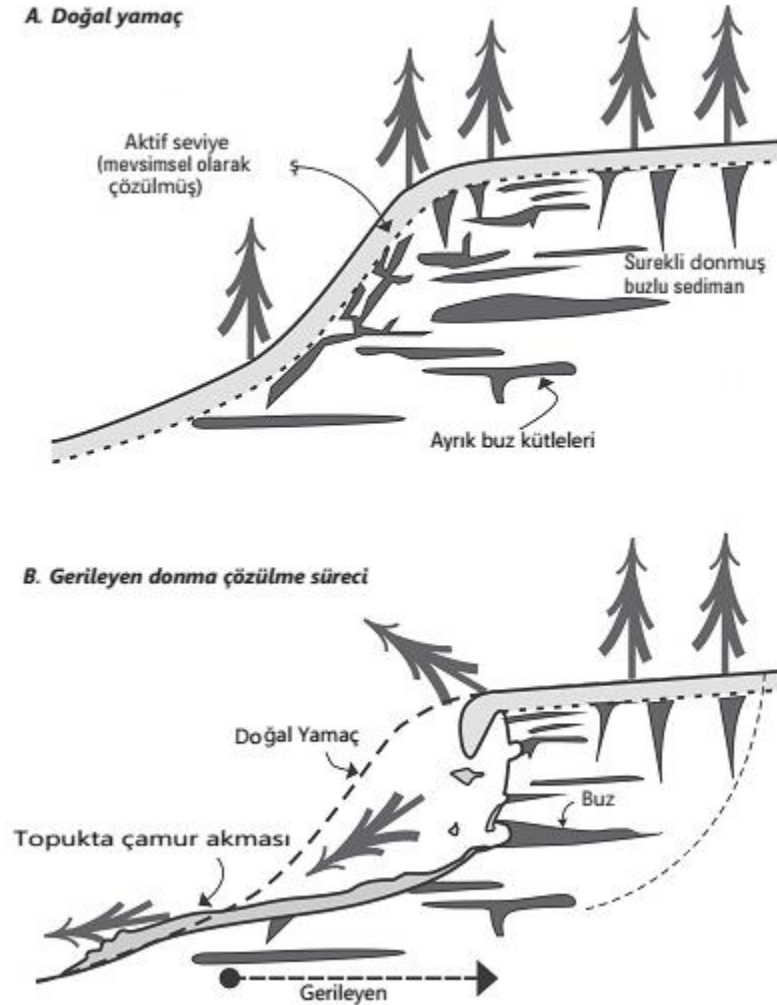
Altyapı tasarımlarının yüzey turba tabakası veya aktif tabaka seviyeleri üzerinde en az etki yaratacak şekilde tasarlanmalı. Mümkün olduğunda, yolları ve diğere altyapıları planlarken buzca

zengin topraklarından kaçınmak riski azaltabilir. Üst toprak seviyelerindeki buz içeriği kolayca tespit edilebilir.

Öngörülebilirlik

Buzca zengin topraklar çözündüğünde, akma meydana gelecektir. Bazı alanlarda, buz içeriği haritalanmış, diğer alanlarda ise özel haritalama teknikleri ile buz içeriği tahmin edilerek yüzey jeoloji haritasında gösterilmektedir. Sürekli don bölgeleriyle ilişkili akmaların şematik ve arazi görünümü örnekleri Şekil 23 ve 24’te verilmiştir.

Daha ayrıntılı bilgi için 2, 9, 39,43 ve 45 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 23. Geriye doğru gelişen çözünme akışı kaymasının şematik gösterimi. (Çizen: Jan Aylsworth, CGS)

Kompleks heyelanlar hakkında bilgi notu: Bu tip heyelanlar, temel heyelan hareket mekanizmasından iki veya daha fazla bileşenini içeren heyelanlardır ve şev yenilmesinin başlangıcında aynı anda veya farklı zamanlarda oluşabilir.



Şekil 24. Kanada kuzeybatı bölgelerinde geriye doğru gelişen çözülme akması. Orman yangını muhtemelen yalıtkan bir yosun tabakasına zarar vererek akmanın büyüklüğüne etki etmiş, donmuş zeminin çözülmesiyle de aktif tabakanın kalınlaşmasına neden olmuştur. (Fotoğraf: Marten Geertsema, Ministry of Forests, British Columbia, Canada).

Bölüm I C. Heyelanlar Nerede Meydana Gelir?

Birçok insan için heyelanların dünyanın hemen her yerinde gerçekleşebilmesi şaşırtıcı bir gerçektir. Geleneksel bakış açısı ile heyelanların son derece eğimli yamaçlar ve zor arazi koşulları ile sınırlı olması kabulü problemin gerçek doğasını doğru şekilde yansıtmamaktadır. Dünyadaki çoğu ülke heyelanlardan bir şekilde etkilenmiştir. Bu kadar geniş coğrafyayı kapsamasının nedeni, heyelanların çok sayıda farklı tetikleyici faktörler sonucu gelişmesidir.

Daha ayrıntılı bilgi için 2 nolu kaynağa bakınız.

Aşırı yağış, depremler, volkanlar, orman yangınları ve diğer mekanizmalar ve son olarak da bazı tehlikeli insan aktiviteleri heyelanları tetikleyen ana faktörlerdendir. Tetikleyici mekanizmalar için daha ayrıntılı bilgi için “Bölüm D Heyelanlara neden olan faktörlere” bakınız. Şekil 25’te çoğu kez depremler sonucu oluşan yenilmelerden biri olan yanal yayılma tipi heyelan örneği verilmiştir. Benzer şekilde, heyelanların kara ve sualtında, ana kaya veya toprak zeminlerde, tarım arazilerinde, çıplak alanlarda veya ormanlık alanlarda oluştuğu bilinmektedir. Son derece kurak alanlar ve yağışlı alanlarda da şev yenilmeleri gerçekleşebilir ve en önemlisi ise dik yamaçların heyelanların oluşması için bir önkoşul olmamasıdır. Bazı durumlarda 1-2 derecelik çok düşük eğime sahip yamaçlarda da heyelanlar meydana gelebilmektedir.

Heyelanların neredeyse her yerde oluşabileceği gerçeğini unutmadan, bizim yapabildiğimiz, sadece oluşumlarındaki belirli bazı kalıpları/yapıları tanımlayabilmektir. Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ulusal ölçekte, bazı tipteki heyelanlar Rocky dağları gibi engebeli arazilerde oldukça belirgindir. Diğer coğrafi bölgelerde heyelanların dağılımı kontrol eden faktörler olarak iklim koşulları, orman yangınları, akarsu drenaj ağı gibi doğal veya bitki örtüsünün kaldırılması, yamaçların düzenlenmesi ve diğer kırsal ve kentsel uygulamalar gibi insan etkisi ile yapılan müdahaleler sayılabilir. Her bir durumda yerel ve bölgesel koşullara bağlı olarak heyelan tiplerinin de değiştiğini bilmek önemlidir.

Moloz akmalarının oluşumu için drenaj kanalları ve vadiler gerekli olurken, kaya düşmeleri sadece anakaya veya blokluların yüzeylendiği eğimli yamaçlarda oluşur. Tek başına jeoloji belirgin bir şekilde birçok heyelanın oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Heyelanların sismik ve volkanik aktiviteler ile ilişkisi çok önemli olup, uzmanlar çoğu kez olası tehlikelerin

değerlendirilmesinde, tanımları daha önceki bölümlerde tartışılan faktörler göz önünde bulundurularak, çoklu-olası tehlike (multi – hazard) bakış açısı ile olaya yaklaşmaktadırlar.

Daha ayrıntılı bilgi için 8, 16, 19, 25, 30, ve 45 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 25. Yanal yayılma sonucu meydana gelen yapısal hasarlar. Fotoğraf, 2001 Nisqually depremi sonrasında Puget Sound (Washington) bölgesinde çekilmiştir (Seattle Times'in izniyle)

Bölüm I D. Heyelanlara Sebep Olan Faktörler

Heyelanların oluşumu doğal ve insan etkisi olmak üzere iki ana sınıfta toplanmaktadır. Bazı durumlarda her iki faktörün birleşimi ile de heyelanlar meydana gelmektedir.

Doğal Sebepler

Heyelanların oluşumunda doğal sebepler açısından tek tek veya birlikte (1) su, (2) sismik aktivite ve (3) volkanik aktivite olmak üzere üç ana faktör bulunmaktadır. Tüm bu faktörlerin etkileri yamaç eğimi, arazinin morfolojisi, zemin tipi, jeolojik yapı ve etkilenen alanda insan ve yapıları olup olmamasına bağlı olarak çok değişkenlik göstermektedir. Heyelanların etkileri daha ayrıntılı olarak Bölüm E’de tartışılmıştır.

Heyelanlar ve Su

Şevin suya doygun hale gelmesi heyelana sebep olan faktörlerin başında gelmektedir. Suyu doygunluk aşırı yağış, kar erimesi, yeraltı su seviyesi değişimleri ve deniz, kanal, nehirlerin göl, baraj gölü gibi yüzey sularındaki seviye değişimleri ile meydana gelebilir. Heyelanlar ve taşkınlar yağış, yüzeysel akış ve zeminin su ile doygun olması gibi olaylar bakımından birbiri ile yakın ilişkilidir. Taşkınlar akarsu ve nehir kıyılarının topuktan aşınması ve yamaçların yüzey suları sonucu suya doygun hale gelmesi sonucu heyelanlara neden olabilir. Buna ilave olarak moloz akmaları ve çamur akmaları genellikle küçük, eğimli akarsu kanallarında oluşur ve genellikle taşkınlar ile karıştırılmasına rağmen aslında iki olay, aynı alanda ve aynı zamanda meydana gelmektedir. Tam tersi olarak heyelanlar sonucu hareket eden kütlelerin akarsu kanalını bloke etmesi sonucu baraj oluşturarak geride büyük hacimli su kütlesi toplanabilir. Bu durum set gerisinde taşkınlara ve eğer heyelan setinin yıkılması durumunda, akış aşağısında da taşkınlara yol açabilir. Dahası, heyelan içindeki katı moloz parçaları normal nehir akışının hacim ve yoğunluğunu artırarak, kanalın tıkanmasına ve sapmasına yol açarak, taşkın koşullarına veya yerel erozyon olaylarına yol açabilir. Heyelanlar aynı zamanda tsunamiye (seiches) sebep olabilir, rezervuardan suyun aşmasında ve/veya rezervuarın su tutma kapasitesini azaltabilir. Orman yangınlarının meydana geldiği dik yamaçlar, genellikle yamaçlardaki bitki örtüsünün yanması ve bunun sonucu meydana gelen bozulmaların bileşimi ile toprağın kimyasal yapısının değişimi ve sonrasında yağış gibi çeşitli kaynaklardan gelen su ile yamaçların doygun hale gelmesi ile heyelana duyarlı alanları oluşturur. Moloz akmaları yangın sonrası yamaçlarda en yaygın olarak gözlenen

heyelanlardandır (moloz akması tanım ve şekilleri için Konu I Bölüm B'deki heyelan tiplerine bakınız). Yangınların nedeni doğal olabileceği gibi insan etkisi ile de oluşabilir. Şekil 26'da yağışın yol açtığı yıkıcı bir heyelan verilmiştir. Burada büyük olasılıkla heyelan sonucu borulardan sızan/akan suların heyelanın daha fazla zarara yol açmasında etkili olmuştur.



Şekil 26. Mameyes (Puerto Rico) bölgesinde 1985 yılında meydana gelen bir heyelan. Heyelan sonucu 120 ev yıkılmış ve en az 129 kişi ölmüştür. Heyelan tropik fırtına sırasında aşırı yağışların tetiklemesi sonucu oluşmuştur. Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerleşim yerindeki atık sular ve heyelanın üst kotlarındaki su kaçaklarının zemini suya doymun hale getirmesi de heyelanı hazırlayıcı faktörler arasında sayılabilir (Fotoğraf: Randall Jibson, USGS).

Heyelanlar ve sismik aktivite

Heyelanlara karşı duyarlı birçok dağlık bölgede aletsel dönemde en azından orta büyüklükte deprem aktivitesi yaşamıştır. Heyelana duyarlı eğimli yamaçlarda depremler heyelanın oluşma olasılığını önemli ölçüde, sarsıntı, sıvılaşma ve açılma çatlakları etkisiyle suyun hızlı bir şekilde infiltrasyon olması nedeniyle artırır. 1964 yılındaki, ABD'de Alaska depreminde meydana gelen çok

sayıda heyelan ve diğ er zemin deformasyonları depremin yol açtığı ekonomik kayıplarda önemli rol oynamıştır. Kuzey Amerika'daki Kaliforniya Eyaleti, Washington'daki Puget Sound bölgesi ve Doğu Kanada'nın St. Lawrence ovaları gibi bölgelerde orta ve büyük depremlerin tetiklemeyle heyelan ve yanal yayılma olayları gerçekleşmiş, diğ er tipteki zemin yenilmeleri de heyelan olarak sınıflandırılmıştır. Kaya birimlerinde deprem sarsıntıları nedeniyle meydana gelen hareketler kaya düşmeleri ve kaya devrilmelerine yol açabilmektedir. Şekil 27 depremde meydana gelen sarsıntılar sonucu oluşan heyelan nedeniyle meydana gelen hasarları göstermektedir. Aynı zamanda, zemin ve kaya malzemesinin eğimli akarsu vadileri boyunca deprem sarsıntısı sonucu heyelan setleri oluşturma tehlikesi bulunmaktadır. Heyelan setleri genellikle tamamen veya kısmen akışı engellemekte akış yukarısında taşkınlara yol açabilmektedir. Bu tür setler genelde duraysız yapıda olmalarından dolayı hızlı bir şekilde aşınarak veya belirli bir zaman sonra yenilerek, suyun hızlı bir şekilde boşalmasıyla felakete yol açabilirler. Meydana gelen su baskınları havzanın aşağı çığırında önemli zararlara neden olabilir. Halen mevcut olan büyük heyelan setlerine örnekler Şekil 32, 42, C53-55'te verilmiştir.



Şekil 27. Yapay dolgu zemin üzerine inşa edilen bir evde, 2004 tarihli Niigata Prefecture (Japonya) depremi tetikleme ile oluşan heyelanın yol açtığı hasarlar (Fotoğraf: Profesör Kamai, Kyoto Üniversitesi, Japonya).

Heyelanlar ve volkanik aktivite

Volkanik aktivite sonucu oluşan heyelanlar en yıkıcı yenilme tipleri arasındadır. Volkanik lavlar karı hızlı bir şekilde eriterek, toprak, kaya, kül ve su karışımının eğimli yamaçlarda hızlı bir şekilde hareket etmesine ve geçtiği yol boyunca her şeyi yok etmesine yol açabilir. Bu tür volkanik moloz akmaları (aynı zamanda lahar olarak isimlendirilmektedir, Endonezya terimidir) büyük mesafeler katederek volkan konisinin aşağısındaki düzlüklere ulaşarak önemli yapısal hasarlar meydana getirebilir. Konsolide olmamış, jeolojik olarak zayıf malzemelerden oluşan genç volkanik yapılar, çoğu kez yıkılarak, kaya kayması ve moloz çığları gibi heyelanlara neden olabilir. Volkanik kökenli çoğu ada çevresinde periyodik olarak yenilmeler gerçekleşebilir (zayıf volkanik çökeller nedeniyle) ve zemin - kaya kütleleri okyanus ve diğer su kütleleri içine doğru kayabilir. Bu tür olaylar büyük deniz altı heyelanları meydana getirerek, suyun hızlı bir şekilde yer değiştirmesini takiben ölümle sonuçlanan tsunami olaylarına, kısa ve büyük mesafeler kat ederek önemli hasarlara yol açabilirler. Şekil 28 volkan konisinin bir yamacının çökmesiyle meydana gelen felaketi göstermektedir.



Şekil 28. Casara Yanardağı (Nikaragua - Orta Amerika) konisi üzerinde, 30 Ekim 1998 tarihinde Mitch kasırgası sırasında oluşan aşırı yağışlar sonucu meydana gelen volkanik çamur akması. Heyelan 2000'den fazla kişinin ölümüne yol açmış, El Porvenir ve Rolando Rodrigues yerleşimlerini yok etmiştir (Fotoğraf: K.M. Smith, USGS).

İnsan Etkisi

Yerleşim birimlerinin çevresindeki yeni yapılaşmalar, insan etkisi ile heyelanların oluşmasında önemli etkenlerden birini oluşturur. Drenaj sistemlerinin değiştirilmesi veya bozulması, yamaç duraylılığının bozulması, bitki örtüsündeki tahribat, heyelanların meydana gelmesindeki önemli insan etkisi faktörleri arasındadır. Diğer örnekler arasında kazılarla yamaç eğiminin arttırılması ve taşıma kapasitesinin üzerinde, yamaç üzerine yük uygulanması gibi uygulamalar verilebilir. Bununla birlikte daha önce duraylı olan yamaçlarda aşırı sulama, rezervuardan su çekilmesi (veya yeni göletler oluşturulması), borularda meydana gelen su kaçakları, uygun olmayan kazı ve yamaç düzenlemeleri de heyelanlara yol açabilir. Heyelana duyarlı alanların yapılaşmaya açılmasında uygun zonlama haritaları ve şev stabilitesi açısından potansiyel duraysız alanların belirlenmesiyle birlikte uygun mühendislik yaklaşımları dikkate alınarak, iyileştirmeler yapılabilir. Heyelan neden olan faktörler/tetikleme mekanizmaları için daha ayrıntılı bilgi için Ek-A’da bakınız.

Daha ayrıntılı bilgi için 16, 19, 32, 38, 39, 43 ve 45 nolu kaynaklara bakınız.

Bölüm I E. Heyelanların etkileri ve sonuçları nelerdir?

Heyelanların etkileri doğal ve yapılaşma alanları olmak üzere iki temel çevrede meydana gelmektedir. Bazı durumlarda tarım alanları ve ormanlık alanların birlikte etkilenmesi ile bu iki ortamda çakışmalar meydana gelebilir.

Yapılaşma alanlarında heyelanların etkileri

Heyelanların doğrudan üzerinde veya çevresindeki yapılar heyelanlar tarafından olumsuz etkilenebilir. Duraysız şevler üzerine inşa edilen konutlarda temellerinin zarar görmesiyle, duvarlar, yeraltı ve yerüstü iletim hatları ve çevresi heyelanlar sonucu kısmen hasar görebilir veya tamamen yıkılabilir. Yerleşim birimleri içerisindeki heyelanlar geniş bir alanda (birçok konutun etkilendiği) veya sınırlı (bir yapının ya da yapının bir bölümünün etkilendiği) bir alanda etkili olabilir. Bir yapının iletim hatlarında (su ve elektrik hatları, ulaşım) meydana gelen hasar diğer yapılarında iletim ve ulaşım hatlarının olumsuz etkilenmesine yol açabilir. Ticari yapılar da, konutlar gibi aynı şekilde heyelanlardan etkilenebilirler. Bu durumda ticari yapılarda, market gibi genel kullanıma açık işletmelerin bulunmasında sonuçlar daha olumsuz olabilir.

Moloz akmaları gibi hızlı hareket eden heyelanlar, herhangi bir ön uyarı vermedikleri, çok hızlı hareket ettikleri için önlem alacak kadar zaman olmayışı, malzeme özeliği ve hızı açısından, yapılara karşı en yıkıcı heyelan tipini oluştururlar. Hızlı hareket eden heyelanlar yapıları tamamen yıkabileceği gibi yavaş hareket eden heyelanlar daha az zarara yol açarak iyileştirme önlemlerinin alınabilmesi için belirli bir zaman tanıyabilir. Buna rağmen göz ardı edildiklerinde yavaş heyelanlarda zaman içerisinde yapıların tamamen zarar görmesine yol açabilirler. Yüksek eğime sahip alanlarda moloz çığları ve laharlar yerleşim birimlerindeki yapıları ve yaşam hatlarını olumsuz etkileyerek kısa sürede büyük zararlara yol açabilirler. Heyelanın hareketinin doğası nedeniyle olay sonrası günler, haftalar veya aylar boyunca devam edebilecek hareketler önlem alınmadığı sürece, ki bu önlemler duyarlılığı tamamen ortadan kaldıramayacağından tekrar yapılaşmaya imkan vermez.

Heyelanlardan kaynaklanan en büyük potansiyel sonuçlardan biri ulaşım sektöründe meydana gelmekte ve genellikle çok büyük bir toplumsal kesimi etkileyebilmektedir. Karayolu ve demiryolu, kazı ve dolgu şevlerinde, zayıf birimler içerisinde veya heyelana duyarlı alanlarda inşa edilen yollarda meydana gelen yenilmelerden kaynaklanan problemler oldukça yaygındır. Bütün heyelan tipleri kısa veya uzun süreli olarak ticari, turizm ve acil durumlar için inşa edilmiş önemli

yollarda ulaşımın aksamasına yol açabilir (Şekil 29). Krip türü yavaş heyelanlarda bile çizgisel yapılar etkilenebilir, bakım problemleri meydana getirebilir. Şekil 29’da otoyolu bloke eden bir heyelan gösterilmiştir. Dünya genelinde heyelanların yolları kapatması yaygın olarak gözlenmekte ve çoğu iş makinaları ile kısa sürede kullanılabilir hale getirilebilmektedir. Şekil 29’da gösterildiği gibi bir heyelanın meydana gelmesinde ise çok büyük ölçekli kazı programı nedeniyle yol geçici olarak trafiğe kapatılabilir veya trafik akışı yan yollardan sağlanabilir.

Dünya nüfusundaki hızlı artış, heyelan olası tehlikelerinde de bir artışı beraberinde getirmektedir. İnsanlar genel olarak geçmişte çok tehlikeli bölge olarak sınırlandırılmış olmasına rağmen, kalan tek alan olması açısından günümüzde bu tür alanları kullanma eğilimindedirler. Arazi kullanım politikalarının olmayışı ya da eksik olmasından dolayı yapılaşmaya açılan bu tür alanların yapılaşma yerine tarım ve açık park alanı gibi alanlara bırakılması daha uygun olacaktır. Toplumlar genellikle güvenli olmayan bina uygulamalarını düzenlemeye hazır değildir ve bunu yapmak için yasal siyasi araçlara veya uzmanlığa sahip olmayabilir.



Şekil 29. San Vicente şehri yakınlarına, Pan Amerikan Karayolu (El Salvador- Orta Amerika) üzerinde 2001 yılında meydana gelen bir heyelan (Fotoğraf: Ed Harp, USGS).

Heyelanların Doğal Çevreye Etkileri

Heyelanlar;

- Yeryüzünün morfolojisini- dağlar ve vadi sistemlerini, kıtalar ve okyanusların altında, dağlık alan ve vadi morfolojileri büyük heyelan kütleleri tarafından önemli ölçüde etkilenmektedirler,
- Geniş alanlar kaplayan ormanlık ve mera alanları,
- Nehir, göller ve denizlerdeki doğal ortamları etkilemektedirler.

Şekil 30, 31 ve 32 çok geniş alansal yayılıma sahip heyelanları göstermekte ve bunların orman, tarım arazisi ve nehirleri etkileyerek yeryüzünü nasıl değiştirdiklerini göstermektedir. Orman, mera ve diğer doğal ekosistemler heyelanlar tarafından olumsuz etkilenmektedirler. Orman ve balık türleri çok kolay etkilenmekte, geçici veya nadiren kalıcı tahribatlar oluşturmaktadır. Buna rağmen, heyelanlar yerel olaylar olduğundan flora ve faunalar zaman içinde yeniden eski haline gelebilirler. Ayrıca son yıllarda yapılan ekolojik çalışmalar kısa ve uzun süre içerisinde bazı durumlarda balık ve yaban hayat habitatlarında, heyelan olaylarının habitat canlıları açısından yararlı etkileri olabileceğini de göstermişlerdir.

Aşağıdaki doğal ortamlarda sık görülen heyelanlardan bazı örnekler verilmiştir.

- **Denizaltı heyelanları** sığ veya derinde denizlerin altındaki jeolojik birimlerin yamaç aşağıya doğru hareketi için tanımlanmış genel bir terimdir. Bu tür olayların kıyı çizgisi derinliğinde önemli etkiler yaratabilir, iskeleler ve gemilerin navigasyonu önemli derecede etkilenir. Bu tür heyelanlar, nehir, göl ve okyanuslarda oluşabilir. 1929 Grand Banks (Newfoundland açıklarında, Kanada) tsunami olayında olduğu gibi depremlerin tetiklediği büyük denizaltı heyelanları ölümlü tsunami olaylarına yol açabilir.
- **Kıyı falez gerilemesi veya falez erozyonu** doğal ortamlarda bir başka yaygın heyelan etkisidir. Kaya ve zemin düşmesi, kayması ve çığı, kıyı bölgelerini etkileyen yaygın heyelan tipleri olmakla birlikte, devrilme ve akmalarında olduğu bilinmektedir. Falezlerdeki erozyon sonucu düşen kaya blokları falez altındaki plajlarda veya falez tabanındaki diğer yapılaşmalar üzerinde önemli tehlikeler oluşturabilir. Büyük miktardaki heyelan malzemesi sudaki balık ve yosun gibi canlılar için hayati tehlike yaratabilir ve hızlı sediman depolanması suyun kalitesini değiştirebilir.

- **Heyelan setleri** büyük hacimli heyelan malzemesinin nehir akışını bloke ederek ve arkasında bir göl oluşturması durumunda oluşur. Bu tür setlerin çoğu hareket eden malzemenin erozyon olayları sonucu aşınması sonucu kısa sürelidirler. Eğer heyelan seti doğal erozyonal süreçler ile aşınmadığında veya insan eliyle bazı müdahaleler yapılması durumunda arkasında göl ile arazi yapısı/şekli meydana getirirler. Heyelan set göllerinin bazıları uzun süre korunabilir veya aniden yıkılarak akış aşağısında büyük taşkınlara yol açabilir. Heyelan set göllerinin oluşturacağı potansiyel tehlikelere karşı korunmanın değişik yolları bulunmaktadır. Bunlardan bazıları “KONU III. Zarar azaltma kavramları ve yaklaşımları” başlığı altında tartışılmıştır. Şekil 32’de 700 yıl önce gerçekleşen, Dünyadaki en büyük heyelan set ve set göllerinden birini oluşturan Slumgullion heyelanı verilmiştir. Ek -C’de verilen Şekil C53, C54 ve C55 ise başka bir büyük heyelan setlerinin özellikleri gösterilmiştir. Heyelan setleri üzerine yapılabilecek iyileştirme çalışmaları için daha ayrıntılı bilgi için Ek -C’ye bakınız.

Ayrıntılı bilgi için 4, 11, 14, 16, 19, 31, 35, 36, 39, ve 43 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 30. Shasta Dağı (Kaliforniya – ABD) aktif volkanı. Fotoğrafın ön tarafındaki arazi şekilleri 300000 yıl önce oluşmuş moloz çığı sonucu gelişmiştir. Moloz çığı volkandan çok uzaklara kadar yayılmış olup, arazi şekilleri günümüzde hala yapısını korumaktadır (Fotoğraf: R. Crandall, USGS).



Şekil 31. Rio Malo ve Rio Coca (KD Ekvator, Güney Amerika) nehirlerinin birleştiği noktadan akış aşağı bakış. Her iki nehir yatağı da 1982 Reventador depremleri sonucu tetiklenen moloz akımlarından kaynaklanan sedimanlar tarafından doldurulmuştur. Bölgedeki yamaçlar deprem öncesinde aşırı yağışlar sonucu suya doymun hale gelmiştir. Moloz/toprak kaymaları, moloz çığı, moloz/çamur akımları ve beraberindeki taşkınlar sonucu 40 km uzunluğundaki Ekvator petrol boru hattı ve Quito'dan gelen tek otoyol tahrip olmuştur (Fotoğraf: R.L. Schuster, USGS, açıklama 32 nolu kaynaktan alınmıştır).



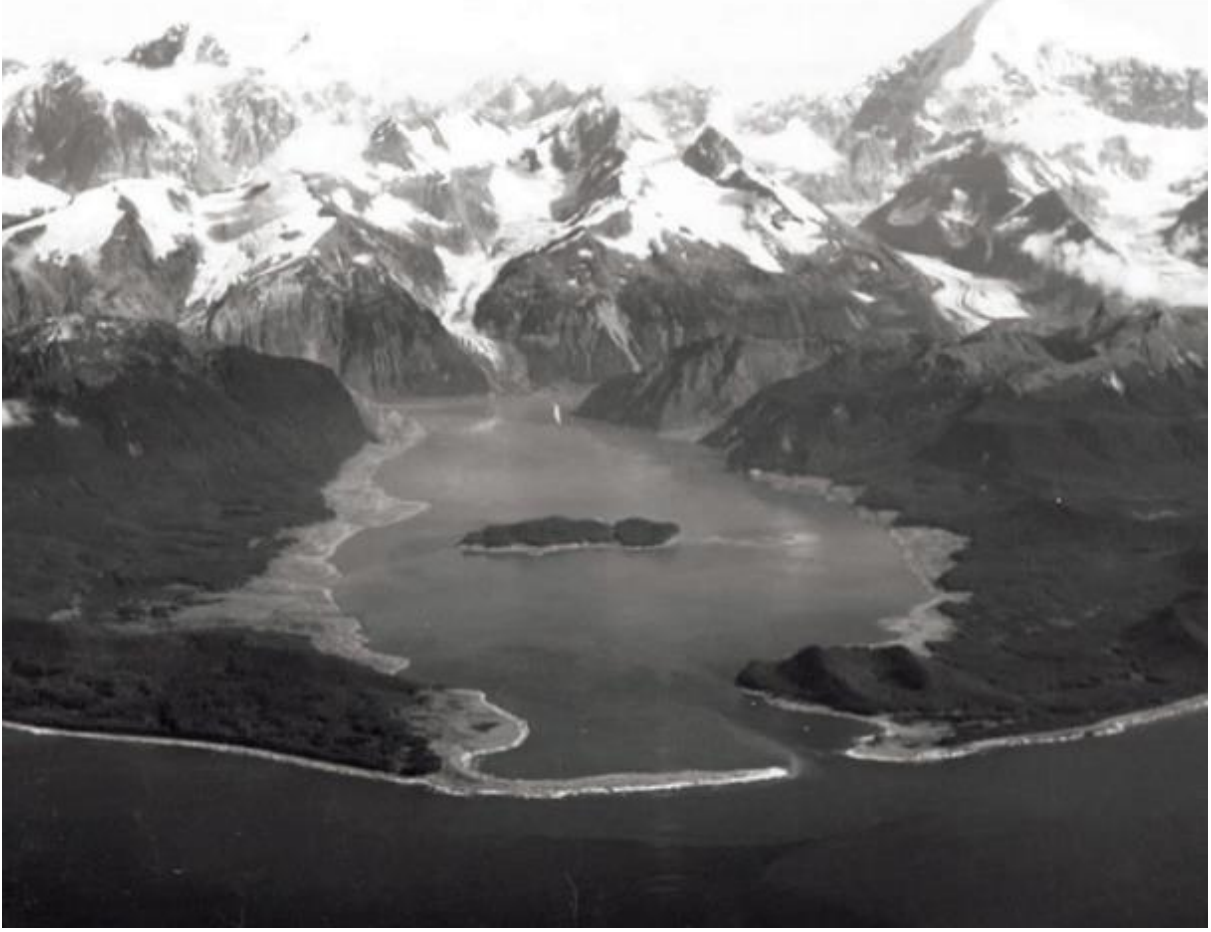
Şekil 32. Slumgullion (Kolarado – ABD) heyelanı. Bu heyelan Gunnison nehri üzerinde set oluşturmuş vadide taşkınlara ve Cristobal heyelan set gölünün oluşmasına yol açmıştır (Fotoğraf: Jeff Coe, USGS).

Bölüm I F. Heyelanların Diğer Doğal Olası Tehlikeler ile İlişkileri-Çoklu Olası Tehlike Etkileri

Taşkın, deprem, volkanik patlama ve heyelanlar gibi doğal olası tehlikeler aynı anda oluşabilir ve bazıları diğerlerinden bir veya birkaçını tetikleyebilir. Heyelanlar genellikle deprem, taşkın ve volkanik aktivite sonucu oluşabilir ve başka bir doğal olası tehlikeye neden olabilir. Örneğin deprem tetiklemesi sonucu oluşan büyük bir heyelan tsunami oluşturarak, ölümlü olaylara yol açabilir. Diğer bir örnek ise volkanik veya deprem tetiklemesi meydana gelen bir heyelan nehrin akışına engel olarak akış yukarısında biriken suların etkisi ile taşkınlara yol açabilir. Heyelan seti yıkıldığında ise akış aşağısında taşkın olayları meydana gelebilir. Bu taşkın suları doğal yamaçların suya doymuş hale gelmesi ile nehir kanalı ve kıyı falezlerinde erozyon sonucu duraysızlık sorunları yaratabilir. Bu nedenle heyelana duyarlı alanların değerlendirilmesinde olası diğer tehlikelerinde göz önünde bulundurulması gerekir. Günümüzde çoklu olayların birlikte değerlendirilmesi ile hazırlanan duyarlılık çalışmaları çok azdır. Çoğu alanda tek bir olası tehlike için değerlendirme yapılmıştır.

Şekil 33-35'te heyelanlarla ilişkili çoklu olası tehlike olaylarına örnekler verilmiştir.

Daha ayrıntılı bilgi için 17, 20, 35, 39, 43 ve 45 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 33. Çoklu olası tehlike olayına bir örnek. Lituya körfezinin (Alaska-ABD) havadan çekilmiş fotoğrafı görülmektedir. 9 Temmuz 1958 meydana gelen depremin tetiklemesi sonucu körfez içerisinde heyelan meydana gelmiştir. Heyelan meydana getirdiği tsunami ile Lituya körfezinde 30m'lik dalga yüksekliği oluşmuş olup, karşı kıyıda 174m'ye ulaşmıştır. Bu olay şimdiye kadar heyelanın oluşturduğu kaydedilen en büyük büyük tsunami dalgasıdır. Tsunami dalgası fotoğrafta körfez kıyılarını çevreleyen ormanlık olmayan hatlara kadar ulaşmıştır (Fotoğraf: D.J. Miller, USGS).



Şekil 34. Tanaguarena’da (Venezuela - Güney Amerika) 1999 yılında meydana gelen çoklu olası tehlike olayı. Taşkın ve heyelanlar aşırı yağışlar tarafından tetiklenmiştir (Fotoğraf: Matthew Larsen, USGS).



Şekil 35. Güney Amerika'nın en yüksek zirvesi olan Peru'daki, And Dağları ve Nevado Huascaran'ın bir bölümünü gösteren havadan çekilmiş fotoğrafta çoklu olası tehlike etkileri görülmektedir. 31 Mayıs 1970'te tarihinde meydana gelen depremle tetiklenen büyük buz ve kaya çığı, Yungay ve Rannrahirca kentlerini yok ederek 20000'den fazla insanın ölümüne (bölgedeki toplam ölü sayısı 67000) yol açmıştır. Hareket yaklaşık 1000m genişliğinde 1600m uzunluğunda bir buz ve kaya kütesinin kayması sonucu başlamıştır. Buz ve buzul morenine ait su, çamur ve kaya kütesini de içeren kütle, 160 km/saat'ten daha yüksek hızla, 5.4 kilometrelik yolu kat ederek Yungay ulaşmıştır. (Fotoğraf: George Plafker, USGS). Fotoğraf ve bilgi USGS <http://libraryphoto.cr.usgs.gov/> adresindeki fotoğraf arşivinden alınmıştır.

KONU II. Heyelan Olası Tehlikelerinin Değerlendirilmesi ve İletişimi

Konu II. Heyelan olası tehlikelerinin değerlendirilmesi ve iletişimi

Worldwide, information about landslides varies in its quantity and complexity and ranges in quality from detailed inventories of past landslides and resultant susceptibility and hazard maps to no information at all. People in some regions of the world have collective memories of past landslide events and know where slopes are unstable and (or) dangerous, and as a result, intuitively know where it is advantageous to build or not build. However, many areas are not readily obvious as to potential landslide hazard, and ground failure does not occur on any kind of regular basis. Also, some triggering mechanisms occur sporadically and have a gradual and cumulative effect and are not readily obvious.

Bölüm II A. Heyelan Olası Tehlike Değerlendirmeleri

Bölgesel heyelan olası tehlike değerlendirmeleri için farklı yöntemler bulunmaktadır. Her zaman mümkün olmasa da en doğru değerlendirme yapmak için her zaman uzman görüşü alınması önerilir. Burada doğrudan gözlem ve teknolojik araçların kullanılması ile iki farklı heyelan olası tehlike değerlendirmesi tartışılmıştır.

Daha ayrıntılı bilgi için 1, 3, 4, 19, 20, 21, 25, 26, 36, 39, 42, ve 44 nolu kaynaklara bakınız.

Yerel uzman ve/veya belediye yetkilileri ve mülk sahipleri tarafından yapılabilecek gözlem ve/veya denetimler

Aşağıdaki basit rehber, bireysel olarak potansiyel bir heyelan olası tehlikesini gözleme ve değerlendirme yapılmasına yardımcı olabilir. Önemli bir hatırlatma olarak, aşağıdaki verilen açıklamalardan bazıları zeminlerin şişmesi gibi heyelan dışındaki başka nedenlerden de kaynaklanabilir.

Heyelan hareketini gösterebilecek özellikler

- Yamaç üzerinde veya aşağısında daha önce kuru olan alanlarda kaynak, sızıntı, ıslaklık veya suya doymuş zemin şartlarının oluşması.
- Zeminde çatlaklar- şev üzeri veya tepesinde kar, buz, toprak ve kaya malzemesinde açılma çatlaklarının gelişmesi.
- Bina çevresindeki kaldırım veya kaplama taşlarının şeve yakın kesimlerde yapılardan ayrılması; zemin ve temel arasında açılmalar.
- Daha önce düzgün olan çitlerin doğrultusunda sapmalar veya sağa sola eğilmeler (bkz. Fotoğraf 22).
- Sıra dışı tümsekler, zemin, kaldırım veya yollarda meydana gelen seviye değişimleri.
- Telefon direkleri, ağaçlar, istinat duvarları ve çitlerde meydana gelen eğilmeler.
- Beton taban veya temellerde çatlaklar veya aşırı eğilmeler.
- Su borusu veya diğer altyapı hatlarında meydana gelen kırılmalar.
- Akarsu su seviyesindeki ani artış veya azalmalar, muhtemelen artan bulanıklık (suyu bulanıklaştıran topraktan dolayı).
- Kapı ve pencerelerde sıkışma veya kenarlarında açıklıklar oluşması, duvar ve çerçevelerin deforme olduğunun göstergesidir.
- Bir evin, binanın veya ağaçlık bir alandan gelen kırılma ve çatırtı gibi gürültüler.

Yöneticilerin dikkatine: Kurumlar tarafından, tercihen yazılı ortamda heyelan olayları hakkında tutulan kayıtların, mümkünse fotoğraflarla birlikte kullanıma açılması önemlidir. Mülk sahiplerini heyelan olası tehlikeleri hakkında bilgilendirmek için gerekli yasa veya düzenlemelerin bulunmadığı bölgeler için, yöneticilerin toplumu bilgilendirmek için kaynak yaratması önemlidir. Bu bilginin çok karmaşık olması gerekli değildir, ancak zaman içinde heyelan bilincinin oluşmasına imkan sağlayacaktır. Her ne kadar bazı bilgiler arsa sahiplerinin hakları açısından hassas olsa da heyelan bilgisinin bir şekilde topluma duyurulması önemlidir.



Şekil 36. Zeminde açılma çatlakları (Utah Jeoloji Araştırmaları biriminin izniyle).



Şekil 37. Ev kenar kaldırımının yapıdan ayrılması (Utah Jeoloji Araştırmaları biriminin izniyle).



Şekil 38. Bir yapının temelindeki çatlamlar (Utah Jeoloji Araştırmaları biriminin izniyle).

Heyelanların değerlendirilmesi için teknolojik araçlar- Haritalama, Uzaktan algılama ve aletsel gözlem

Jeolojinin temel prensiplerinden biri “*geçmiş günümüzün anahtarıdır*” ifadesidir. Heyelan olası tehlike değerlendirmelerinde bu ifade gelecekte oluşacak şev yenilmeleri, geçmiş ve günümüzde aynı jeolojik, jeomorfolojik ve hidrolojik şartlar altında meydana gelebileceği şeklinde yorumlanabilir. Bu varsayıma dayanarak gelecekte oluşabilecek heyelanların tip, oluşma sıklıkları, alansal büyüklük ve yaratacağı etkileri tahmin etmek mümkündür. Bununla birlikte, belirli bölgelerde geçmişte heyelanların olmaması gelecekte de olmayacağı anlamına gelmez. Doğal topoğrafyanın ve hidrolojik şartların insan eliyle değiştirilmesinden dolayı bir bölge heyelana duyarlı hale gelebilir ya da duyarlılık derecesi artabilir.

Bir bölgede yapılacak heyelan olası tehlike değerlendirmesi için, duraysızlığa yol açabilecek şartlar ve süreçler belirlenerek, bunların heyelanlar üzerinde yaratabileceği olası etkilerin tahmin edilmesi gerekmektedir. Heyelan olma olasılığının belirlenmesinde, jeolojik veriler ile kısa ve uzun süreli meteorolojik verilerin birleştirilmesinden yararlı sonuçlar elde edilebilir. Günümüz teknolojisi, yer hareketlerinin izlenmesi ile heyelanlara en fazla duyarlı alanların belirlenmesine ve belirli zaman aralığı veya eşik değerlerin aşılabileceği durumlarda erken uyarı yapma imkanı sağlamaktadır.

Harita analizi

Harita incelemeleri genellikle heyelan araştırmalarında atılacak ilk adımlardan biridir. Bu iş için gerekli olan haritalar arasında jeolojik, topoğrafik, toprak ve mümkünse jeomorfoloji haritaları

sayılabılır. Jeolojik birimler ile bunları oluşturan süreçlerle ilgili bilgileri kullanarak tecrübeli bir kişi heyelana duyarlı alanlar ile ilgili genel bir fikir elde edebilir. Ek B’de heyelan analizlerinde kullanılan bazı harita çeşitleri verilmiştir.

Hava fotoğrafı ve Uydu görüntülerinin incelenmesi

Hava fotoğrafı incelemeleri, arazinin üç boyutlu görüntüsünü sağladığından ve insan aktivitesi ile tecrübeli kişiler için jeolojik yorum imkanı sağlamasından dolayı heyelanların belirlenmesinde hızlı ve etkili bir tekniktir. Buna ilave olarak, bazı durumlarda maliyetli olsa da, değişik uydu görüntüleri kullanılarak uzaktan algılama teknikleri ile incelemeler yapılabilmektedir.

Arazi çalışması

Yamaç hareketlerinde çok belirgin olmayan işaretler harita ve hava fotoğraflardan belirlenmemektedir. Aynı zamanda çok yoğun orman örtüsü ile kaplı alanlarda veya yoğun yerleşim alanlarında da heyelanlara ilişkin ana özellikler ayırt edilemeyebilir. Bu durumda, heyelan özelliklerinin belirlenmesinde veya kontrolünde duyarlı potansiyel alanlarla ilgili yapılacak değerlendirmelerde arazi çalışmaları yapmak zorunludur. Arazi çalışmaları ve detay haritalama ile kaya ve zemin numuneleri alınarak laboratuvar deneyleri için örnek alımı yapılabilir. Haritalama ve laboratuvar deneyleri ile hassas seviyeler ve bunların yanal ve düşeydeki değişimleri belirlenebilir.

Sondaj

Çoğu sahada, heyelan malzemesine ilişkin bilgi, kayma yüzeyi derinliği ve geometrisi ile yeraltı suyu durumunun belirlenmesi için sondaj çalışması gereklidir. Sondaj çalışması ile tarihlendirme ve heyelan malzemesinin mühendislik özelliklerinin belirlenebileceği örnekler alınabilir. Son olarak, kuyu içi gözlem cihazlarının yerleştirilmesi ve hidrolojik gözlem yapmak için sondajlar gereklidir. Sondajlardan; stratigrafi, jeoloji ve yeraltı suyu durumuna ilişkin bilgiler sağlanmaktadır. Diğer taraftan daha önce heyelan olmamış fakat olabilecek alanlarda da ölçüm cihazları yerleştirmek için sondajlar yapılmalıdır.

Aletsel gözlem

Piyezometre, birim deformasyon metre, ekstansometre, inklinometre ve elektronik mesafe ölçme (EDM) aletleri gibi karmaşık yöntemler ile kontrol noktaları gibi basit teknikler kullanılarak heyelan hareketinin mekanizmasının belirlenmesi, gözlem ve uyarı sistemlerinin kurulması mümkündür.

Jeofizik çalışmalar

Ana kayanın derinliği, stratigrafik seviyeler, suya doygun bölge ile bazı durumlarda yeraltı su tablası da olmak üzere bazı yeraltı özelliklerinin belirlenmesinde jeofizik yöntemler (elektriksel iletkenlik, resistivite) kullanılmaktadır. Jeofizik aynı zamanda tekstür, porozite, birimlerin konsolidasyon derecesi ve geometrisi ile ilgili bilgilerin belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Çoğu durumda, bunun gibi yüzey araştırma teknikleri, sondaj bilgilerine ilave olarak sondajlar arasında korelasyon yapmak veya daha geniş bir alanda veri elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Sondajın mümkün olmadığı yerlerde, alternatif olarak kullanılabilir. Kuyu içerisinde uygulanan jeofizik yöntemlerle de (nükleer, elektriksel, termal, sismik) aynı zamanda daha ayrıntılı ölçümler almak mümkündür. Heyelanlarla ilgili çalışmalarda hareket eden zemin veya kaya malzemesi doğal akustik emisyon teknikleri ile de izlenebilmektedir.

Akustik görüntü ve kesitleri

Göl tabanı, nehir yatağı ve deniz tabanı kesitleri yan tarayıcı radar ve taban altı sismik kesitleme gibi akustik teknikler kullanılarak elde edilebilmektedir. Doğru bir navigasyon ile kontrol noktalarının izlenmesiyle su altı jeolojik olaylar üç boyutlu belirlenebilmektedir. Yüksek çözünürlüklü gelişmiş teknikler rutin olarak, sığ ve açık denizlerde jeolojik olası tehlikeleri haritalamak için kullanılmaktadır.

Sayısal heyelan arazi analizleri

Son yıllarda, bilgisayar modellemeleri ile heyelanların hacmi, yüzeyinde meydana gelen değişimler belirlenebilmekte ve zamana bağlı enine kesitler alınabilmektedir. Bu tür bilgiler nehri bloke edebilecek malzeme potansiyelinin hesaplanmasında, kaldırılacak heyelan malzemesinin (hacimce) maliyet hesaplamalarında veya hareket mekanizmasının belirlenmesinde oldukça yararlıdır. Sayısal yükseklik modelinden heyelan duyarlılık değerlendirmesine imkan sağlayan yöntemler geliştirilmektedir. Karmaşık şev stabilitesi analizlerinde de bilgisayarlar kullanılmaktadır. Bunun için çeşitli yazılımlar bulunmaktadır. Daha fazla bilgi için Ek-B'ye bakınız.

Daha ayrıntılı bilgi için 4, 15, 18, 24, 25, 39, ve 46 nolu kaynaklara bakınız.

Bölüm II B. Heyelan Olası Tehlikesinde İletişim

Doğal olası tehlike tanımının teknik olmayan kişiler için anlaşılır hale getirilmesi amacıyla aşağıda üç farklı açıklama yapılmıştır;

- Can ve mal kaybına yol açabilecek veya mevcut güvenliği tehdit edecek belirli bir büyüklükteki olayın, belirli bir bölgede oluşma olasılığı.
- Beklenen bir lokasyonda, bir olayın etki kapsamı içerisinde yüzeyde, yapılarda veya sosyoekonomik faaliyetlerde meydana getirebileceği etkiler.
- Zemin, yapılar veya sosyoekonomik faaliyet üzerindeki tahmini etkileri.

Yukarıdaki bilgilerin bilinmesi gereklidir. Çünkü mühendisler, planlamacılar ve karar vericiler, genellikle lokasyonu bilinmeyen veya hafif şiddete sahip, nadiren gerçekleşen potansiyel bir olası tehlikeyle ilgilenmeyeceklerdir.

Maalesef yukarıda verilen üç açıklama, çok farklı isimlerde, bazen niceliksel ve kesin, bazen niteliksel ve genel olmak üzere çok farklı şekillerde ifade edilmektedir. Yararlı olası tehlike bilgisi olarak bir ürünü/çıktıyı (haritayı) sınıflandırmak için teknik olmayan bir kişi olabilirlik, lokasyon, ve olası tehlikenin şiddeti ve dolayısıyla tehdit seviyesini, diğerleri üzerinde yaratacağı riskleri ve olası kayıpları azaltmak için bu bilgiyi nasıl aktaracağı gibi konuları algılama kapasitesine sahip olmalıdır.

Güvenlik bilgisi

Güvenlik, hiç şüphesiz yöneticiler ve yerel yönetim yetkililerinin dikkate alması gereken öncelikli konudur. Hızlı hareket eden, ölümcül sonuçlar doğurabilecek moloz akmalarına duyarlı bölgelerde yaşayan insanların, bu tehlikenin olasılık bilgisine sahip olmaları gerekir. Örneğin, potansiyel moloz akması olabilecek alanda bulunmak ne zaman en fazla tehlike oluşturur (örnek olarak çok aşırı yağışların olduğu sırada), ve tahliye edilmesi gereken durum ve/veya yürünmemesi veya tehlikeli alandan araçla geçilmemesi gibi. Yavaş hareket eden heyelanlarda da güvenlik bilgisi aynı derecede önemlidir. Çünkü bu tip heyelanlarda, elektrik ve doğal gaz boru hatlarına zarar vererek, yangın, gaz kaçağı ve elektrik çarpması gibi tehlikeler meydana getirebilir.

Bina ve inşaat bilgisi

Bu bilgede heyelan sebeplerinin bazılarından kaçınma açısından toplum için son derece önemlidir. Bu konuyla ilgili ayrıntılı bilgi “Konu III’te, İyileştirme kavramları ve yaklaşımları” başlığında tartışılmıştır. Güvenlik, eğitim ve bina bilgileri topluma çeşitli şekillerde sunulabilmelidir. Bina

kodları, bina inceleme süreçleri ve bazı müdahalelerin heyelan sorunlarına neden olabileceği potansiyel alanların listesi aşağıda belirtilen açıklamalar aracılığıyla sağlanabilir.

Heyelan olası tehlikesi için önerilen yerel yönetim desteği

- Gazete haberleri/ilanları.
- Kamuyu aydınlatan broşürlerin kapı kapı dağıtılması veya halka açık yerlere asılması.
- Toplum aydınlatma toplantıları.
- Mümkün olduğu kadar görsel bilgi içeren afişlerin kamu binalarına ve/veya meydanlara asılması.
- Radyo, televizyon, hoparlör veya diğer şekillerde duyurular yapılması.
- Uzman ve diğer yetkililer tarafından aydınlatma toplantıları yapılması.
- Olası tehlike alanlarına uyarı işaretleri/levhalarının konulması, olası tehlike tipine karşı toplumun bilgilendirilmesi ve tedbirli olmak için uyarıların yapılması.
- Okuma yazma oranının düşük olduğu alanlarda, olası tehlikenin yol açabileceği etkileri grafik, fotoğraf ve şekiller kullanarak bilgilendirme. Bir resim bin kelimenin yerini alabilir!
- Telefon rehberi-telefon servis ağının yaygın ve kolay ulaşılabilir olduğu alanlarda, belediye mühendislik işleri, acil durum, polis ve yangın ihbar birimlerinin numaraları.
- Belediyelerin internet sayfasında güvenlikle ilgili bilgilerin, acil durum sorumlularının, mühendislik ve planlama birimlerinin telefon numaraları ve e-posta adreslerinin verilmesi faydalı olacaktır.
- Çalışma komisyonu veya güvenilir profesyonel kişilerin önerileri ile yerel heyelan olası tehlike problemlerinin belirlenmesi. Eyalet, bölge, veya federal jeolojik araştırma birimleri, üniversitelerin jeoloji veya ilgili diğer mühendislik bölümleri ve özel jeoteknik firmaları bilgi alınabilecek kaynaklardır. Uzman çalışanlarla sözleşme yapılarak ve yerel yönetim birimleri ile uygun olan alanlar için haritalama çalışmasının yapılmasını sağlamak.

- İl konseyi veya diğer ilgili birimler tarafından halkın eğitimi ve bilgilendirmesi için toplantılar yapılması.
- Uygun arazi kullanım ilkelerinin belirlenmesi, arsa sahipleri, planlamacılar, alıcı ve satıcılarla değerlendirme yapılması. Bir mülkün satış işlemleri sırasında açık bir şekilde yeni alıcıya mevcut jeolojik olası tehlike bilgilerinin bildirilmesi.
- Duraysız şevlerde meydana gelen değişimler izlenerek gerekli müdahalelerin yapılması (İyileştirme bölümüne bakınız).
- Cadde ve drenaj projelerinin inşaatında yerel güvenlik ihtiyaç ve yönetmelik şartlarının sağlanması.
- Kamu hibe programlarını, altyapı işleri için devlet programlarını ve kamu işleri iyileştirme projelerini takip etmek.
- Mevcut sigortalama programları ve sorumluluk konularından haberdar olunması, yerel yönetimlerin halkın güvenliği ve refahı konularında sorumluluğunun ne olduğunun bilinmesi.
- Toplum için acil müdahale planına sahip olunması. Acil durum planları olan ve kullanan komşu yerleşim birimlerine ve (veya) topluluklara danışarak planların etkinliğini kendi durumunuz için değerlendirin.

Olası Tehlike Uyarı İşaretlerine Örnekler

Aşağıda Şekil 39-41'de tehlikeli alanlara yerleştirilebilecek bazı basit uyarı işaret örnekleri verilmiştir. Bu bilgiler aynı zamanda belediyeler veya ilgili birimler tarafından da acil durum yönetimi uygulamalarında da kullanılabilir.

Halka açık yerlerde dağıtılması ve insanlara iletilmesi için moloz akması ve diğer heyelan olası tehlikeleri hakkında temel güvenlik bilgilendirme örnekleri için Ek B'ye bakınız.

Daha ayrıntılı bilgi için 1, 6, 19, 21, 23, 24, 26 ,36, ve 41 nolu kaynaklara bakınız.



Şekil 39. Kaya düşmesi tehlikesine karşı bir uyarı levhası örneği.

Şekil 40. Uçurum kenarındaki olası tehlikeler için uyarı levhası, Wanneroo şehri, Avustralya.



Şekil 41. Virginia, ABD'de bir otoyoldaki uyarı levhası

KONU III. Zarar Azaltma Kavramları ve Yaklaşımları

Konu III. Zarar azaltma kavramları ve yaklaşımları

Vulnerability to landslide hazards is a function of a site's location (topography, geology, drainage), type of activity, and frequency of past landslides. The effects of landslides on people and structures can be lessened by total avoidance of landslide hazard areas or by restricting, prohibiting, or imposing conditions on hazard-zone activity. Local governments can accomplish this through land-use policies and regulations. Individuals can reduce their exposure to hazards by educating themselves on the past hazard history of a desired site and by making inquiries to planning and engineering departments of local governments. They could also hire the professional services of a geotechnical engineer, a civil engineer, or an engineering geologist who can properly evaluate the hazard potential of a site, built or unbuilt.

Bölüm III A. Farklı tipteki heyelan olası tehlikeleri için zarar azaltma yöntemlerinin genel değerlendirilmesi

Mümkün oldukça her zaman profesyonel kişilerden öneri almaya çalışılmalıdır, ancak yöneticiler ve mülk sahipleri inşaat ve arazi kullanım çalışmalarında bilinçli kararlar alabilmesi için zarar azaltma çalışmaları hakkında mutlaka eğitilmelidir. Bu bölümde bu konuda yapılabilecek çalışmalardan bazıları tartışılmıştır. Heyelan zarar azaltma çalışmaları ile ilgili daha ayrıntılı bilgi Ek-C’de verilmiş olup ayrıca kaynak 39’da verilen, Turner ve Schuster (1996)’nın çalışmasından da yararlanılabilir.

Heyelan olası tehlikesine karşı alınabilecek en basit çözüm mevcut heyelanlı alanlardan ve çok eğimli yamaçlarda inşaat işlerinden kaçınılması olmasına rağmen, bu durum her zaman uygulanamayabilir. İmar ve arazi kullanım değişiklikleri ile inşaat işlerinin şev stabilitesi sorunu azaltmayabileceği de işin bir diğer boyutudur. Sakınım ve düzenleme, heyelan haritalarına ve tehlikeyi azaltmak için heyelan alanlarının altında yatan sorunlara dayanmaktadır (EK-B). Heyelanların mevcut yapılara etkisinin olduğu veya önlenemediği durumlarda bazı fiziksel müdahalelerde bulunulabilir. Bazı durumlarda gözlem ve uyarı sistemleri (EK-B) ile heyelanın hareket etme olasılığı yüksek olduğu durumlarda geçici olarak konut sakinleri tahliye edilebilir.

Zemin şevlerinin stabilizasyonu

Kayan kütle içerisindeki yeraltı suyu artışı önlediği zaman genel stabilitedeki artış;

- Yüzey sularının heyelan kütesinden uzaklaştırılması,
- Heyelan kütesi içerisindeki suyun drene edilerek olası yükselişlerin engellenmesi,
- Heyelan üzerinin geçirimsiz bir örtü ile kaplanması ve/veya,
- Yüzeyde yapılan sulama işlemlerinin minimuma indirilmesi ile sağlanır. Şev stabilitesindeki artış aynı zamanda heyelan topuğuna yük veya istinat duvarı yapılması veya şevin üst kesimlerinden kazı yapılarak ağırlığın azaltılması şeklinde de yapılabilir.

Bitki dikimi veya doğal yollarla bitki örtüsünün gelişimini sağlamakta etkili zemin stabilizasyon yöntemlerinden birisidir. Bu konu daha ileride “EK-C Biyoteknik İyileştirme Yöntemleri” başlığı altında tartışılacaktır.

Şev duraylılığını artırmak için yapılan uygulamalara bir örnek de istinat duvarlarının kullanılmasıdır. İstinat duvarları zemin kütesine kalıcı destek sağlamak amacıyla yapılan yapılardır. İstinat duvarları aynı zamanda şev kazısı kenarında şeve eğim verecek kadar geniş bir

alan bulunmadığı durumlarda veya şev yüzeyinden malzemenin akarak yol veya diğer yapıları etkilemesini önlemek amacıyla da yapılırlar. İstinat duvarları aynı zamanda nehir topuk aşındırması önlemek veya azaltmak amacıyla veya krip etkisini geciktirmek amacıyla da yapılabilir. Fakat heyelan oluşumunu engellemek amacıyla yapılmazlar. Bazı temel istinat duvarı tipleri kereste yığın, çelik kafes, sundurma/konsol (cantilever), kazık, plastik hasır, ve öngerilmeli toprak dolgu olarak sayılabilir. Her bir tip bazı durumlarda değişik avantajlar sunmakta fakat maliyet genel olarak hangi tipin kullanılabileceğini belirlemede etkili olmaktadır. İstinat duvarları ve Stabilizasyon yöntemleri ile ilgili daha fazla bilgi için EK-C'ye bakınız.

Kaya düşme olası tehlikesinin azaltılması

Kaya düşmeleri dünya çapında yüksek eğimli kaya şevlerinde oldukça yaygındır. Genellikle, dağlık ve plato alanlarında, kıyı falezlerinde veya istisnai bazı kaya birimlerinde gözlenirler. Kaya düşmeleri çok büyük miktarlarda maddi hasar ve ölüme sebep olmaktadır. Maddi hasarlar daha çok ulaşım sistemlerinde kara ve su yollarını bloke ederek ortaya çıkarken, ölümcül olaylar doğrudan kaya düşmesi nedeniyle meydana gelir. Kaya düşmesi alanlarında yol güzergahında bazı durumlarda değişiklik yapılmakla birlikte, bunun uygulanması her zaman mümkün olmaz. Birçok ülkede kaya düşme tehlikesinin yüksek olduğu alanlarda tehlike uyarı işaretleri bulunmaktadır. Kaya düşmesine karşı alınabilecek önlemler arasında yakalama çitleri, basamaklandırma, tıraşlama, çelik hasır, püskürtme betonu, ankraj, kaya saplamaları ve kontrollü patlatma uygulamaları sayılabilir. Kaya düşmelerine karşı yapılacak iyileştirme çalışmaları hakkında daha fazla bilgi için EK-C'ye bakınız.

Moloz akması olası tehlikesinin azaltılması

Çoğu moloz akması hızı ve şiddetinden dolayı bir kez başladıklarında durdurulması çok zordur. Bununla birlikte, istinat duvarları ve moloz akması havuzları kullanılarak bazıları kontrol altında tutulabilir veya akış yönü değiştirilebilir. Diğer iyileştirme teknikleri arasında şev düzenlemeleri (erozyon kontrol uygulamaları ile moloz akması başlangıç bölgelerindeki duyarlılığın azaltılması), bitki dikimi ve doğal orman yangınlarına engel olmak gibi moloz akmasının eğimli yamaçlarda şiddetinin azalmasını sağlayan yöntemler sayılabilir.

Moloz akmalarına karşı yapılacak iyileştirme çalışmaları hakkında daha fazla bilgi için EK-C'ye bakınız.

Heyelan set gölleri zararlarının azaltılması

Heyelanların drenaj sistemlerini bloke etmesiyle oluşan heyelan setleri ile birçok sorun ortaya çıkmaktadır. Heyelanların neden olduğu barajlar, dünyanın birçok yerinde yaygın bir sorundur. Heyelanlar akarsu vadi yamaçlarında oluşabilir. Drenaj sistemini bloke edecek kadar yeterince malzeme (kaya, toprak ve/veya moloz) yer değiştirdiğinde, heyelan doğal bir baraj gibi hareket ederek akışı bloke ederek akış yukarısında taşkınlar meydana getirebilir. Bu doğal barajlar genellikle gevşek konsolide olmamış malzemelerden oluştuğu ve iç yapısı zayıf dayanımlı olmasından dolayı suyun üstünden akmasıyla meydana gelen aşındırmaya bağlı olarak zamanla yıkılırlar. Yarıma olayı başladığında geride biriken su, hızlıca boşalarak, akış aşağısında afete yol açan taşkınlara neden olabilir. Dünyadaki en büyük heyelan setlerinden bir tanesi 600 m yüksekliğinde Tacikistan'da bulunan Usoi heyelan setidir. Büyük bir deprem tarafından tetiklenmiş heyelan, Murghab nehrini bloke ederek, Srez heyelan set gölünü oluşturmuştur. Baraj akış aşağısında yaşayan insanlar için olası bir tehlike oluşturmaktadır. Aynı zamanda ileride, bölgede meydana gelebilecek bir deprem baraj gölü içerisine hareket edecek bazı heyelanlara neden olarak oluşturacağı dalgalar barajı zayıflatabilir ve/veya üzerinden suların aşmasına yol açabilir. Şekil 42'de suya doymuş yamaçlarda meydana gelen kaymalar sonucu, Şekil 43 ise depremin tetiklediği bir heyelan sonucu oluşan heyelan barajı verilmiştir.

Heyelan barajlarında iyileştirme çalışmaları hakkında daha fazla bilgi için EK-C'ye bakınız.



Şekil 42. Thistle heyelanı (Utah- ABD). 1983 tarihinde oluşan heyelan Spanish Folk nehrini bloke ederek arkasında oluşan set gölü nedeniyle Thistle yerleşimini sel basmıştır. Çoğu heyelan setleri burada gösterilenden çok daha küçüktür ve akış yukarıdan gelen sular üstten aşmış veya aşınmış olabilir. Bazıları ise daha büyük olup hasar gören karayolu ve demiryolu hatları heyelan kütesinin etrafından yönlendirilmelidir. Fotoğrafın alt bölümündeki beton tünel, demiryolu hattının Thistle heyelanının çevresindeki dağ içerisinden açılarak yeniden yönlendirildiğini göstermektedir.



Şekil 43. Beichuan İlçesi dağlık bölgelerinde heyelandan kaynaklanan ağır hasar 12 Mayıs 2008’de Çin’de meydana gelen büyük deprem nedeniyle oluşmuştur. Çoğu durumda dik vadi yamaçlarında gelişen heyelanlar, heyelan seti oluşturarak gerisinde birkaç saat içinde büyük heyelan gölleri oluştururlar. Deprem öncesi 14 Mayıs 2006 (üstte) ve deprem sonrası 14 Mayıs 2008 tarihli (altta) Tayvan Formosat-2 uydusundan alınan yüksek çözünürlüklü görüntülerde, Jiangjian Nehri’ni bloke eden büyük heyelanı ve heyelan set gölünü görülmektedir.

Biyoteknolojik yöntemler ile heyelan zararlarının azaltılması

Bu tip heyelan koruma yöntemi heyelan iyileştirme ölçütlerinde olumsuz çevresel koşulların olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Heyelan iyileştirme çalışmalarında alışlagelmiş çelik veya betondan yapılmış dayanma yapılarının kullanılması göze hoş görünmemekte ve aynı zamanda çevre dostu değildirler. Bu geleneksel “zor” iyileştirici önlemler yerine, gittikçe artarak çevre dostu olan ve biyoteknik şev koruması olarak isimlendirilen vejetatif

kompozit toprak / yapılar kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan biyoteknik sistemler zemin çivisi ile tutturulmuş değişik malzemelerden yapılan ağların içerisine çim tohumlarının ekilmesi şeklinde yapılır. Heyelan etkilerini azaltmak ve aşırı erozyonu önlemek amacıyla bitkilerle stabilizasyon yapılması üzerine çok sayıda çalışma bulunmaktadır. En uygun bitki türlerinden birisi, farklı çevresel koşullarda erozyona karşı şevin stabilizasyonunu çok iyi sağlayan, Güve otu (Vetiver) bitkisidir. Güve otu bitkisinin kullanımı ve hangi coğrafi bölgeler için uygun olduğunu hakkında daha fazla bilgi için EK-C'ye bakınız.

İyileştirme çalışmaları hakkında daha fazla bilgi için EK-C'ye bakınız.

Bölüm III B. Ev, İşletme, Yönetici ve Vatandaşlar için Basit Zarar Azaltma Teknikleri

Ev sahipleri için basit ve düşük teknoloji araçlar diğerleri için ise etkin ve heyelanların olumsuz etkilerini azaltan yöntem ve teknikler bulunmaktadır. İlk aşamada, en iyisi, duraysızlık problemleri konusunda eğitilmiş ve tecrübeli olmalarından dolayı jeoteknik veya inşaat mühendisi gibi bir uzmana danışmaktır. Bu konuda yerel şirket ve uzmanların, söz konusu alan ile ilgili jeoloji, zemin tipi ve bölgenin coğrafi yapısı hakkında bilgi sahibi olmaları açısından belki de en iyi seçim olabilir. Her zaman olmasa da bilgi elde etmek için temel yaklaşım bu olmalıdır. Şehir ve ilçe gibi belediyelerde başvurulabilecek yetkililerin bulunduğu durumlarda, jeoloji, planlama ve yapı işleri konusundaki uzmanlar harita sağlayıp, yapı düzenlemeleri, araştırma aşamaları ve diğer sorulara cevap bulabilirler. Bu tür görevlere ulaşım dünya genelinde büyük değişiklikler göstermekte ve yerel durumlar farklı şekilde ele alınabilmektedir. Uzmanlara danışmanın mümkün olmadığı zamanlarda, atılabilecek bazı adımlar EK-C ve D’de detaylandırılmıştır.

Mülk sahipleri, yönetici ve vatandaşlar için iyileştirme çalışmaları hakkında daha fazla bilgi için EK-C ve D’ye bakınız.

Daha ayrıntılı bilgi için 4, 8, 11, 19, 20, 28, 30, 31, 32, ve 37 nolu kaynaklara bakınız.

Bölüm III C. Daha detaylı araştırmalar için atıf ve alıntı yapılmış çalışmaların listesi

1. Advisory Committee on the International Decade for Natural Hazard Reduction, Commission on Engineering and Technical Systems, 1987, Confronting natural disasters, an International Decade for Natural Hazard Reduction, National Research Council: U.S. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
2. Aylsworth, J.M., Duk-Rodkin, A., Robertson, T., and Traynor, J.A., 2000, Landslides, in the physical environment of the Mackenzie Valley, Northwest Territories—A baseline for the assessment of environmental change, Dyke, L.D., and Brooks, G.R., eds.: Geological Survey of Canada, Bulletin no. 547, p. 41–48.
3. Barrows, Alan, and Smith, Ted, 2004, Hazards from “mudslides,” debris avalanches and debris flows in hillside and wildfire areas: California Geological Survey Note 33. Online: http://www.consrv.ca.gov/cgs/information/publications/cgs_notes/note_33/index.htm
4. Blake, T.F., Holingsworth, R.A., and J.P. Stewart, eds., 2002, Recommended procedures for implementation of guidelines for analyzing and mitigating landslide hazards in California: Department of Mining and Geology special publication 117 American Society of Civil Engineers (ASCE), Los Angeles Section Geotechnical Group, published by Southern California Earthquake Center (SCEC). Online: <http://www.scec.org/resources/catalog/LandslideProceduresJune02.pdf>
5. California Department of Conservation, Division of Mines and Geology, 1997, Factors affecting landslides in forested terrain, Note 50. Online: http://www.consrv.ca.gov/cgs/information/publications/cgs_notes/note_50/Documents/note50.pdf
6. Case, William F., (no date) Landslides— What they are, why they occur: Utah Geological Survey, Utah Department of Natural Resources, Public Information Series 74. Online: <http://geology.utah.gov/online/pdf/pi-74.pdf>
7. Case, William F., 2003, Debris-flow hazards: Utah Geological Survey, Public Information Series 70. Online: <http://geology.utah.gov/online/pi-70/debrisflow.htm>

8. Case, William F., 2000, Rock-fall hazards: Utah Geological Survey, Public Information Series 69. Online: <http://geology.utah.gov/online/pdf/pi-69.pdf>
9. Cruden, D.M, and Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, in Turner, A. Keith, and Schuster, Robert L. eds. Landslides—Investigation and mitigation: Transportation Research Board, Special report no. 247, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., p. 36–75.
10. Cruden, D.M., 1993, The multilingual landslide glossary: Richmond., British Columbia, Canada, Bitech Publishers, for the UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, 1993.
11. Chatwin, S.C., Howes, D.E., Schwab, J.W., and Swanston, D.N., 1994, A guide for management of landslideprone terrain in the Pacific Northwest, second edition: Ministry of Forests, 31 Bastion Square, Victoria, British Columbia V8W3E7, 220 p.
Online: <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/Lmh/Lmh18.htm>
12. Creath, W.B., 1996. Homebuyers' guide to geologic hazards—An AIPG issues and answers publication: Department of Natural Resources, Denver, Colorado Geological Survey, Miscellaneous Publication (MI) no. 58, 30 p.
13. Fleming, Robert W., and Taylor, Fred A., 1980, Estimating the costs of landslide damage in the United States: U.S. Geological Survey Circular 832, 21p.
14. Gray, D.H., and Sotir, R.B., 1996, Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization—A practical guide for erosion control: New York, John Wiley, 378 p.
15. Haugerud, Ralph A., Harding, David J., Johnson, Samuel Y., Harless, Jerry L., Weaver, Craig S., and Brian L. Sherrod, 2003, High-resolution LiDAR topography of the Puget Lowland, Washington—A Bonanza for earth science: GSA Today, Geological Society of America, p. 4–10.
16. Highland, Lynn, 2004, Landslide types and processes: U.S. Geological Survey Fact Sheet FS–2004–3072. Online: <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>
17. Jackson, Julia A., ed., 1997, Glossary of geology, fourth edition: American Geophysical Institute, Alexandria, Virginia, USA, 769 p.

18. Jibson, Randall W., Harp, Edwin L., and Michael, John A., 1998, A method for producing digital probabilistic seismic landslide hazard maps—An example from the Los Angeles, California, area: U.S. Geological Survey Open-File Report 98-113, 17 p. Online: <http://pubs.usgs.gov/of/1998/ofr-98-113/>
19. Jochim, Candice, Rogers, William P., Truby, John O., Wold, Jr., Robert L., Weber, George, and Brown, Sally P., 1988, Colorado landslide hazard mitigation plan: Department of Natural Resources, Colorado Geological Survey, Denver, Colo., USA.
20. Los Angeles County Department of Public Works, Board of Supervisors, 1993, Homeowner's guide for flood, debris, and erosion control: Alhambra, California, in English and Spanish. Online: <http://dpw.lacounty.gov/wmd/Homeowners/index.cfm>
21. McInnes, Robin, 2000, Managing ground instability in urban areas, a guide to best practice, Centre for the Coastal Environment, Isle of Wight Council: United Kingdom, Cross Publishing, Walpen Manor, Chale, Isle of Wight.
22. National Research Council, 1993, Vetiver grass—A thin green line against erosion: National Academy Press, Washington, D.C. Online: <http://www.vetiver.org>
23. Nichols, Donald R., and Catherine C. Campbell, eds., 1971, Environmental planning and geology: U.S. Department of Housing and Urban Development, U.S. Department of the Interior, U.S. Government Printing Office
24. Norheim, Robert A., Queija, Vivian R., and Haugerud, Ralph A., 2002, Comparison of LiDAR and InSAR DEMs with dense ground control: Proceedings, Environmental Systems Research Institute 2002 User Conference. Online: <http://gis.esri.com/library/userconf/proc02/pap0442/p0442.htm>
25. Nuhfer, Edward B., Proctor, Richard J., and Moser, Paul H., 1993. The citizen's guide to geologic hazards: The American Institute of Professional Geologists, 134 p.
26. Olshansky, Robert B., 1996, Planning for hillside development: American Planning Association (APA), Planning Advisory Service Report no. 466, 50 p.

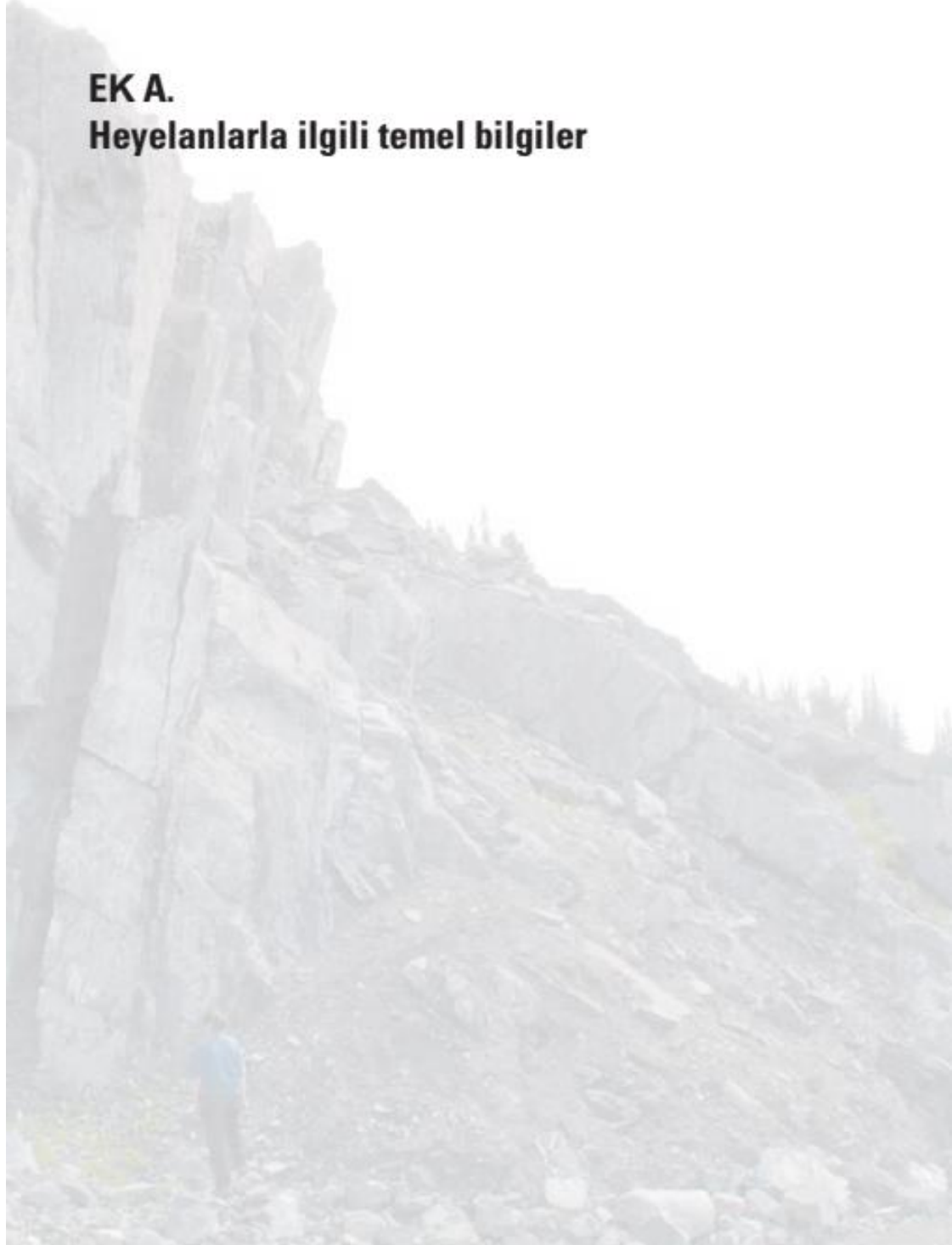
27. Pelletier, B.R., ed., 2000, Environmental atlas of the Beaufort coastlands, supplement to the Marine Science Atlas of the Beaufort Sea: Geological Survey of Canada, Natural Resources Canada. Online: http://gsc.nrcan.gc.ca/beaufort/index_e.php
28. Reid, Mark, and Ellis, William L., 1999, Real-time monitoring of active landslides: U.S. Geological Survey Fact Sheet FS-091-99. Online: <http://pubs.usgs.gov/fs/fs-091-99/>
29. Rickenmann, Dieter, and Cheng-lung Chen, eds., 2003, Debris-flow hazards Mitigation—Mechanics, prediction, and assessment: Millpress, Rotterdam, The Netherlands.
30. Schuster, Robert L., and Highland, Lynn M., 2004, Impact of landslides and innovative landslide-mitigation measures on the natural environment: International Conference on Slope Engineering, Hong Kong, China, December 8–10, 2003, keynote address, Proceedings 29.
31. Schuster, R.L., 2004, Risk-reduction measures for landslide dams, in Security of natural and artificial rockslide dams: Extended Abstracts Volume, NATO Advanced research Workshop on Landslide Dams, Bishkek, Kyrgyzstan, June 8–13, p.170–176 [theme keynote paper].
32. Schuster, Robert L., and Highland, Lynn M., 2001, Socioeconomic effects of landslides in the western hemisphere: U.S. Geological Survey Open-File Report 2001-0276. Online: <http://pubs.usgs.gov/of/2001/ofr-01-0276/>
33. Schwab, J.C., Gori, P.L., and Jeer, S., eds., 2005, Landslide hazards and planning: American Planning Association Planning Advisory Service Report no. 533/534.
34. Shelton, David C., and Prouty, Dick, 1979, Nature's building codes, geology and construction in Colorado: Department of Natural Resources, Colorado Geological Survey Bulletin 48, 72 p.
35. Soeters R., and van Westen, C.J., 1996, Slope instability recognition, analysis, and zonation, in Turner, A.K., and Schuster, R.L. eds., Landslides—Investigation and mitigation: Transportation Research Board Special Report 247, National Research Council, Washington, D.C., p. 129–177.
36. Solomon, Barry J., 2001, Using geologic hazards information to reduce risks and Losses—A guide for local governments: Utah Geological Survey, Public Information Series 75. Online: <http://geology.utah.gov/online/pdf/pi-75.pdf>

37. Swanston, D., ed., 1985, Proceedings of a workshop on slope stability—Problems and solutions in forest management: USDA Forest Service General Technical Report PNW-180, Pacific Northwest Forest and Range Experimental Station, Portland, Oregon, 122 p.
38. Swanston, D.N., 1983, Assessment of mass erosion risk from forest operations in steep terrain: International Association of Forestry Research Organizations Congress, Division 3, Forest Operations and Techniques, Munich, Germany, 1982, Proceedings.
39. Turner, A. Keith, and Schuster, Robert L., 1996, Landslides— Investigation and mitigation: National Research Council, Transportation Research Board Special Report 247, National Academy Press, Washington, D.C., 673 p.
40. United States Agency for International Development, Bureau for Humanitarian Response, Office of Foreign Disaster Assistance, 1998, Field operations guide for disaster assessment and response: U.S. Government Printing Office. Online: http://www.usaid.gov/our_work/humanitarian_assistance/disaster_assistance/resources/pdf/fo g_v3.pdf
41. U.S. Geological Survey, 2005, Monitoring ground deformation from space: U.S. Geological Survey Fact Sheet FS-2005-3025. Online: http://volcanoes.usgs.gov/insar/public_files/InSAR_Fact_Sheet/2005-3025.pdf
42. Utah Geological Survey, 2003, Home owner's guide to recognizing and reducing landslide damage on their property: Public Information Series no. 58. Online: <http://geology.utah.gov/online/pi-58/index.htm>
43. Varnes, D.J., 1978, Slope movement types and processes, in Schuster, R.L., and Krizek, R.J., eds., Landslides—Analysis and control: Transportation Research Board Special Report 176, National Research Council, Washington, D.C., p. 11-23.
44. Weber, G., Von Schulez, W., and Czerniak, R., 1983, Flood hazard management plan for the Sheridan watershed area: Sheridan, Wyoming, Geographic Applications and Research Group, Boulder, Colorado.
45. Wicczorek, Gerald F., 1996, Landslide triggering mechanisms, in Turner, A. Keith, and Schuster, Robert L., eds., Landslides—Investigation and mitigation: Transportation Research

Board, Special report no. 247, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., p. 76–90.

46. Wold, Robert L., and Jochim, Candace L., 1989, Landslide loss reduction—A guide for state and local government planning: Special Publication 33, Department of Natural Resources, Colorado Geological Survey, Denver, Colo., 50 p.
47. Yoon, P.K., 1994, Important biological considerations in use of Vetiver grass hedgerows (VGHR) for slope protection and stabilisation, in Vegetation and slopes— Stabilisation, protection and ecology: Proceedings, International Conference Institution of Civil Engineers, University Museum, Oxford, September 29–30, 1994, Thomas Telford, London, p. 212–221.

EK-A Heyelanlarla İlgili Temel Bilgiler



Bölüm A1. Heyelan Terimleri Sözlüğü

Terimler sözlüğünde kullanılan tüm kaynaklar listenin sonundadır.

Alüvyal yelpaze Bir akarsu kanalı tarafından taşınan alüvyal malzemenin hafif eğimli şekilde vadi tabanında veya düzlükte birikmesi, özellikle kurak yarı kurak iklimlerde dar kanallı nehir .vs Üstten görünüşüne göre açık bir yelpaze şekline sahip olup, en üst kesimi (apex) vadi ağzında yer alır. (Kaynak 3)

Tabaka düzlemi Sedimanter kayalarda, ardışık seviyelerin alt ve üst yüzey olarak birbirinden ayrılması. Genel olarak renk veya litolojideki görünür değişiklik ile belirlenir.

Anakaya Çakıl, kum, kil gibi birimlerin altındaki sağlam kaya; dünya yüzeyinde yüzeyleyen veya konsolide olmamış yüzey birimlerinin altındaki sağlam kaya.

Sondaj kuyusu Yeraltına doğru petrol, doğal gaz, yeraltı suyu arama veya diğer araştırma amaçlı açılan silindirik kazı.

Kontrol barajı küçük eğimli yarıntılarda kanal yatağının aşındırmasını kontrol altına almak ve biriken sedimanları depolamak amacıyla inşa edilmiş küçük barajlar. Genel kullanımı moloz akmalarını kontrol etmek amacıyla. Kontrol barajlarının inşası pahalı olduğundan genellikle akış aşağısında önemli tesisler veya doğal habitat olması durumunda tercih edilmektedirler.

Kolüvyon gravite etkisi altında genellikle yamaç ve falez eteğinde biriken kohezyonsuz tutturulmamış çökeller için kullanılan genel terim.

Moloz havzası Moloz akmalarının içine akıp, enerjisinin sönmüldüğü ve malzemesini biriktirmesi amacıyla kazılarak açılmış yapay geniş havuz.

Delta önü heyelanları Delta önler depolanmanın en aktif olduğu bölgeler olup, dayanımı düşük ve yüksek boşluk suyu basıncına sahip az konsolide olmuş killi malzemelerin hızlı sedimentasyon nedeniyle delta bölgesinde ve kıyı boyunca gelişen su altı heyelanları.

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) belirli piksel aralıklarında arazi yüksekliklerini gösteren sayısal veri.

Sayısal Arazi Modeli (SAM) ABD savunma bakanlığı ve diğer kurumlar tarafından sayısal yükseklik verileri için kullanılan terim.

Düşüm Nehir, göl, kuyu veya akiferlerde su seviyesinin alçalması. Düşüm desteksiz yamaçlarda ve zayıf sıkıştırılmış dolgularda heyelanlara yol açabilir.

Elektronik mesafe ölçer Ultrasonik dalgalar yayan ve bu dalgaların katı cisimlerden sıçrayıp ölçüm cihazına geri dönmesini ölçen bir alet.

Merkez üssü Deprem odak noktasının yeryüzündeki iz düşümü.

Şişen (expansive) zeminler Su içeriğinin artıp azalmasına bağlı olarak şişen ve büzülen zemin türleri. Bu tür zeminler üzerine inşa edilen yapılarda şişme büzülme olayları sonucu oynamalar, çatlama ve kırılmalar meydana gelebilir.

Ekstansometre Yükleme deneylerinde küçük deformasyonların ölçüldüğü alet.

Güvenlik katsayısı Güvenlik katsayısı tasarım aşamasındaki belirsizliği göz önünde bulundurmak için teorik tasarım kapasitesinin üzerinde bir tasarım değeri sağlamak için kullanılır. Belirsizlik, malzeme dayanımı veya diğer herhangi bir hesaplama dahil olmak üzere tasarım sürecindeki bileşenlerden herhangi birisini oluşturur. Genel olarak bir mühendislik şevinde güvenlik katsayısı birin altında olması durumunda şevde duraysız, birin üstünde olması durumunda ise şevin duraylı olduğunu belirtir.

Jeodezik/jeodetik ölçümler Yeryüzü şekil ve boyutları ile ilişkili bilimsel problemlerin araştırılması

Çatlak (süreksizlik) Anlık kohezyon kaybı, diferansiyel gerilmeler sonucu dayanım kaybı, biriken elastik enerjinin boşalması sonucu oluşan kırılma/gevrek deformasyon. Eklemler ve faylar çatlak (süreksizlik) olarak tanımlanır.

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) koordinatlı kartografik bilgiye (jeolojik veriler dahil) ait veri tabanı ile ilişkili bilgisayar programı. Genellikle bilgiler hidroloji, kültür, topoğrafya gibi farklı coğrafik katmanlar ile düzenlenir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile farklı katmanlara ait bilgilerin entegrasyonu ve analiz edilmesi mümkündür.

Jeolojik olası tehlike Doğal veya insan kaynaklı can ve mal kaybına yol açabilecek jeolojik durum. Örnekler: deprem, heyelan, taşkın, faylanma, kıyı erozyonu, oturmalar, (tasman), kirlilik, katı atık, bina temel ve yapıların ayaklarında yenilmeler (Kaynak 3).

Jeoloji haritası, Yapıların oluşumu, kaya birimlerinin yaş, ortam ve dağılımının gösterildiği haritadır. (Kaynak 3)

Jeomorfoloji Yeryüzü şekillerini genel olarak inceleyen bilim dalı, özellikle, arazi şekillerinin sınıflandırma ve tanımlama, gelişimi ve altındaki yapılarla ilişkileri, yüzey şekillerine dayalı olarak jeolojik tarihteki değişimlerin araştırılması.

Jeofizik çalışmalar Dünyanın yapısını, bileşimini ve gelişimini, nicel fiziksel yöntemlerle araştıran bilim dalı. Dinamik jeoloji ve fiziksel coğrafya kapsayacak şekilde, jeodezi, jeoloji, sismoloji, meteoroloji, oşinografi, manyetizma ve diğer yer bilim verilerinin toplanmasında ve yorumlanmasında kullanılır. (Kaynak 3)

Hidrolik Hareket halindeki akışkanlarla ilgili; su ile taşıma veya hareket etme; Hidrolik madenciliğinde olduğu gibi su ile çalışan veya su ile taşınan. (Kaynak 3)

Hidroloji Yeryüzündeki sularla ilgilenen bilim dalı. (Kaynak 3)

İnclinometre Düşeyden sapmaları ölçmek için kullanılan alet.

Heyelan seti Bir heyelanın nehri bloke ederek oluşturduğu set.(Kaynak 3).

Lahar Bir volkanın yamaçlarındaki piroklastik malzemede oluşan moloz veya çamur akması. Laharlar aşırı yağış, krater gölünden taşan sular ve kar erimesi sonucu su ile karıştığında yaş lahar olarak tanımlanırlar. Kuru laharlar ise volkanik aktivite veya yamaçta malzeme birikmesi sonucu oluşurlar. Malzeme sıcaklığını hala muhafaza ediyorsa sıcak lahar olarak tanımlanırlar. (Kaynak 3)

Sıvılaşma Suyu doymuş, gevşek taneli (silt-kum) zeminlerin katı yerine sıvı gibi davranış göstermesidir. Zemin taneleri arasındaki sürtünme direncinin geçici olarak kaybolması ve artan boşluk suyu basıncı sonucu oluşur (Kaynak 4).

Heyelan envanter haritaları Heyelanların meydana geldiği alanların tanımlandığı haritalardır. (Kaynak 4).

Heyelan duyarlılık haritası Envanter haritasının daha ilerisine geçerek, potansiyel heyelan alanlarını gösteren haritalardır. Bu alanlar, zayıf jeolojik birimler, yamaç eğimi ve diğer bazı heyelanları hazırlayıcı faktörlerin, geçmişte meydana gelmiş heyelanların dağılımı ile ilişkilendirilerek belirlenir (Kaynak 5).

Heyelan olası tehlike haritası Olası tehlike haritaları, geçmişte heyelanların nerede olduğu, şimdi nerede oluştuğu ve gelecekteki heyelan süreçlerinin nereleri tehdit edebileceğini gösteren haritalardır (Kaynak 5).

Heyelan risk haritası Heyelan olası tehlikeleri ve oluşma olasılıkları, istatistiksel olarak tekrarlanma aralıkları ile ifade edilir; risk haritaları, bir alan ve (veya) toplum üzerinde maliyet/fayda ilişkileri, potansiyel zararları ve diğer potansiyel sosyoekonomik etkilerini gösterebilir.

Litoloji Bir kayanın genellikle mikroskobik seviyede veya düşük güçlü bir büyüteç (lup) yardımıyla fiziksel özelliği; mikroskobik çalışma ve kayaların tanımı (Kaynak 3).

Lös Homojen, genel olarak tabakasız, gözenekli, gevrek, düşük kohezyonlu, genellikle yüksek oranda kireçli, yaygın olarak silt ve ikincil olarak kil ile ince kum boyutunda değişen tane boyutlarına sahip ince taneli bir örtü çökeli (genellikle 30m den daha az kalınlıkta). (Kaynak 3)

Zarar azaltma Bir olası tehlikenin afete dönüşme olasılığını azaltan veya ortadan kaldıran faaliyetler ve (veya) fiilen meydana geldiklerinde acil durum müdahalesi veya afetlerin etkilerini azaltan faaliyetler (Kaynak 5).

Çamur kayması Kaliforniya'da (ABD), kamuoyu ve haber medyası tarafından yatak yükü fazla sellerden heyelanlara kadar geniş bir olayı tanımlamak için kullanılmakta olan belirsiz fakat popüler bir terim. Teknik olarak doğru olmayan bir tanım. Sözlükte "çamur akması" bölümüne bakınız (Kaynak 5).

Çamur akması Hareketi sırasında yüksek akışkanlık derecesine sahip olan, ağırlıklı olarak ince taneli zeminlerden oluşan akma türü yer şekli ve hareketi için genel bir terimdir. Su içeriği yüzde 60'a kadar değişebilir (Kaynak 3).

Tünek yeraltı suyu Altındaki ana yeraltı suyu seviyesinden suya doymun olmayan bir zon tarafından ayrılmış, serbest yeraltı suyu (Kaynak 3).

Piyezometre Bir boru, tank veya zemindeki su basıncı yükünü ölçmek için kullanılan bir alet - akiferlerdeki yeraltı suyunun hidrolik basınç yükünü ölçmek için kullanılan küçük çaplı bir su kuyusudur (Kaynak 3).

Boşluk suyu basıncı Suya doymun zemindeki su yükü tarafından üretilen ve boşluk suyunun zeminin tabanına aktardığı basınç ölçüsü. Zeminde serbest su yüzey seviyesinin arazide sayısal olarak veya piyezometreler vasıtasıyla basınç yükünün doğrudan ölçülmesi. Boşluk suyu basıncı, eğimli bir yamaçta yenilme açısından önemli olup, temel olarak zeminin kayma direncini azaltır.

Gözenek suyu Yeraltı boşluk veya açıklıklarında bulunan su (Kaynak 3).

Hassas kil Örselendikten sonra, hemen hemen kayma dayanımının tamamını yitiren bir kil; yapısı bozulup biçimlendirildikten (yoğurulma) sonra mukavemetinde kayda değer bir artış gözlenmeyen bir kil.

Jeolojik etüt/haritalama Bir bölgenin temel özelliklerinin genel olarak incelenmesi, genellikle daha ayrıntılı çalışmaya bir ön hazırlık niteliğindedir. Mevcut bilgilerin kapsamına bağlı olarak, sahada veya ofiste yapılabilir (Kaynak 2).

Rölyef Bir yeryüzü parçasının yüksek ve düşük noktaları arasındaki yükseklik farkı (Kaynak 3).

Risk Bir olası tehlikenin gerçekleşmesi sonucu beklenen zarar derecesi (Kaynak 4).

Kaya mekaniği Kayaların mekanik davranışının teorik ve uygulamalı inceleyen bilim dalı, “kayanın fiziksel çevresindeki kuvvetlere karşı tepkisini inceleyen mekaniğin bir alt dalı”. (Kaynak 3)

Çöküntü gölü (sagpond) Aktif fay veya heyelan hareketi sonucu meydana gelen küçük çöküntü gölü (Kaynak 3).

Sızma Kaynaklar, çöküntü gölü ve yamaçlarda konsantre yeraltı suyu drenajı. Konsantre yeraltı suyu akışının bulunduğu alanlar, harita ve kesitlerde, aktif ve potansiyel duraysız bölgeler olarak belirtilmelidir (Kaynak 2).

Falez gerilemesi Dalga etkisi ile oluşan dikliğin aşınarak geriye doğru çekilmesi (Kaynak 3).

Makaslama Bir kütlenin temas düzlemlerine paralel bir yönde birbirine göre kaymasına neden olan gerilmelerden kaynaklanan bir deformasyon (Kaynak 3).

Slurry Yüksek oranda su ile karıştırılmış ince taneli malzeme; örneğin, boru hattı vasıtasıyla taşınması için pulverize kömür su karışımı veya enjeksiyon işlemlerinde kullanılmak üzere hazırlanmış çimento su karışımı (Kaynak 3).

Zemin mekaniği Zemin ve diğer konsolide olmamış sedimanların davranış ve doğası ile ilgili mekanik ve hidrolik prensiplerinin mühendislik problemlerine uygulanması; Özellikle otoyol ve

temel mühendisliği ile ilgili olarak zeminlerin fiziksel özelliklerinin ve kullanımının incelenmesi (Kaynak 3).

Birim deformasyon ölçer İki noktanın göreceli yer değiştirmesini ölçerek zeminin deformasyonunu tespit etmek için tasarlanmış bir sismometre (Kaynak 3).

Gerilme Katı bir cisimin herhangi bir yüzeyinde, birim alana etki eden kuvvet. Ton/m² veya kg/cm² olarak ifade edilir, çevresel gerilmelerin yarattığı iç kuvvet (Kaynak 3).

Sturzstroms (Almanca'da "akıcı düşme" anlamına gelen terim) Dağ yamacında meydana gelen büyük bir kütle yenilmesi sonucu, dik yamaçlardan başlayıp eteklere kadar kilometrelerce mesafe katedip, 100 km/saat'ten daha büyük bir hıza sahip, hızla hareket eden büyük kaya ve moloz kütleleri. "Sturzstrom" hareketleri her türlü kütle hareketleri içerisinde en büyük felakete yol açanlardır (Kaynak 3).

Denizaltı heyelanı Su içinde veya altında bulunan şartlar ve süreçler veya yapılar ve çökeller. Genellikle karada (su altında uzanan kaymalar) veya su altında başlayan slump ve gravite kaymalarını belirtmek için kullanılır (Kaynak 3).

Oturma Yeryüzünde meydana gelen çökme veya zeminin aşağıya doğru yerleşmesi. Hızı, büyüklüğü veya etkili olduğu alan değişebilir. Oturmalar, çözülme, sıkışma veya sıvı lavın katı bir kabuğun altından çekilmesi gibi doğal jeolojik süreçlerden ya da yeraltı madencilik faaliyetleri ya da petrol ya da yeraltı suyunun pompajla alınması gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanabilir (Kaynak 3).

Yüzey jeolojisi Güncel zeminleri de içeren örtü çökellerinin jeolojisi; bu terim bazen yeryüzü veya sığ derinliklerde yapılan ana kaya çalışmalarında da kullanılır (Kaynak 3).

Şişen zeminler İslanıkça hacmi artan ve kurudukça büzülme gösteren zemin veya yumuşak anakayadır. Ayrıca yaygın olarak bentonit, şişen veya montmorillinit killer olarak da bilinir. (Kaynak 1)

Çekme gerilmesi Bir malzemeyi birbirine zıt yönde zıt taraflarında ayırma eğiliminde olan normal gerilme (Kaynak 3).

Ayrışma Toprak ve kaya malzemelerinin atmosferik etkiler sonucu, renk, doku, bileşim veya yapısında değişikliklerle sonuçlanan fiziksel ve kimyasal bozulmalar. Süreçler fiziksel, kimyasal veya biyolojik olabilir (Kaynak 4).

Ayrışma, diferansiyel Bir kayanın ayrışma durumu, kayanın bileşimi ve direncindeki farklılıklar nedeniyle farklı oranlarda ortaya çıkar. Bu durum daha dayanımlı olan kaya yüzeylerinde düz bir yüzey yerine, düzensiz çıkıntılara neden olur (Kaynak 4).

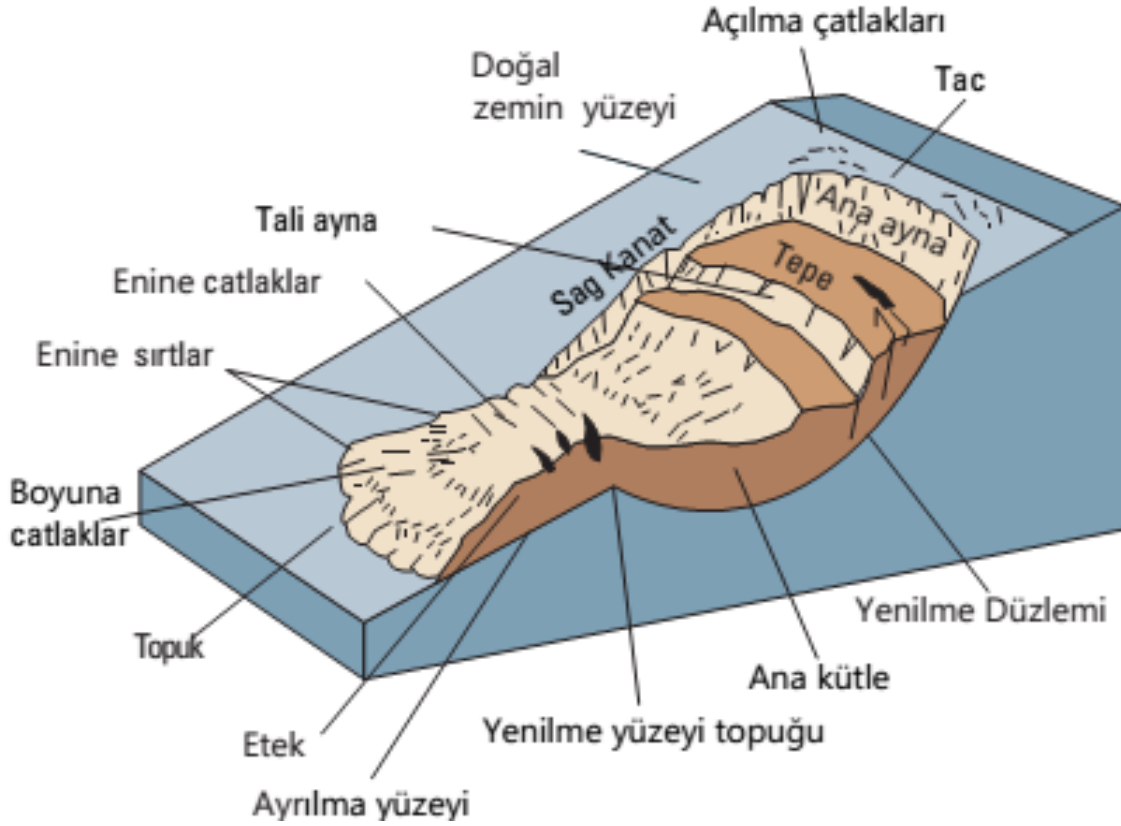
Ayrışma, mekanik İklim koşullarındaki değişiklik nedeniyle kayaların maruz kaldığı fiziksel süreçler bağlı olarak bazı özellikleri değişir, bozulur ve toprağa karışırlar. Süreçler sıcaklık değişimi (şişme ve büzülme), donma - çözülme döngüsü ve hayvanların yuvalanma aktivitesini içerir (Kaynak 4).

Zonlama Genel olarak, belirgin özellikleriyle çevresinden ayrılan Dünya'nın kurak veya ılıman kuşakları gibi bölgeleri ayırmak için kullanılır. Olası tehlikeler için, bölgeler coğrafi bölgeler veya çeşitli farklı kriterlere göre farklılaştırılmış bölgelerdir; örneğin, yerleşim bölgeleri, düşük olası tehlike zonları veya yüksek olası tehlike zonları (Kaynak 3).

Terimler Sözlüğü Kaynakları:

1. Creath, W.B., 1996, Homebuyers' guide to geologic hazards: An AIPG issues and answers publication: Department of Natural Resources, Colorado Geological Survey, Miscellaneous Publication (MI) no. 58, 30 p.
2. Chatwin, S.C., Howes, D.E., Schwab, J.W., and Swanston, D.N., 1994, A guide for management of landslideprone terrain in the Pacific Northwest, 2d edition: Research Branch, Ministry of Forests, Province of British Columbia, Victoria, British Columbia, Crown Publications.
3. Jackson, Julia A., ed., 1997, Glossary of geology, fourth edition: Prepared by the American Geological Institute, Alexandria, Virginia, USA, Doubleday.
4. Jochim, Candice L., Rogers, William P., Truby, John O., Wold, Robert L., Jr., Weber, George, and Brown, Sally P., 1988, Colorado landslide hazard mitigation plan: Department of Natural Resources, Colorado Geological Survey, Bulletin 48.
5. Shelton, David C., and Prouty, Dick, 1979, Nature's building codes, geology and construction in Colorado: Department of Natural Resources, Colorado Geological Survey Special Publication No. 48, 72 p.
6. Turner, A. Keith, and Schuster, Robert L., 1996, Landslides— Investigation and mitigation: National Research Council, Transportation Research Board, Special Report 247, National Academy Press, Washington, D.C., 673 p.

Bölüm A2. Heyelanın bölümleri-Özelliklerin açıklanması/sözlük



Şekil A 1. Bir heyelanın bölümleri (Varnes, 1978'den değiştirilerek, kaynak no:43).

Akümülyasyon/accumulation Orijinal Zemin yüzeyinin üzerinde yer alan yer değiştiren malzemenin hacmi.

Taç/crown: Ana aynanın en yüksek bölümüne en yakın ve hareket etmemiş malzemenin bulunduğu yer.

Çöküntü/Depletion: Ana ayna çevresinde doğal zemin yüzeyi ile hareket eden kütlelin oluşturduğu hacim.

Çöküntü kütlesi/Depleted mass: Doğal zemin yüzeyinin altı ile yenilme yüzeyinin üzerinde hareket eden heyelan malzemesinin hacmi.

Yer değiştiren malzeme/displaced material: Şev üzerindeki orijinal konumundan heyelan hareketi sonucu yer değiştiren malzeme.

Kanatlar/ flank: Kayma yüzeyinin yanlarında kalan ve hareket etmemiş malzeme. Kanatları tanımlama için pusula yönleri kullanılmalıdır fakat sağ ve sol sözcükleri kullanılacaksa kanatların yeri, heyelan tacından görüldüğü gibi tanımlanır.

Etek/Foot: Yenilme yüzeyinin ilerisinde, orijinal zemin yüzeyinin üzerinde hareket etmiş heyelan kesimi.

Heyelanın tepesi/head; Hareket etmiş kütle ile ana ayna arasında heyelanın üst kesim(ler)i.

Ana kütle/main body: yenilme yüzeyi topuğu ile ana ayna arasında yenilme yüzeyi üzerinde yer değiştiren heyelan kütlesi.

Ana ayna/main scarp; heyelanın üst ucunda, heyelandan etkilenmemiş bölgeden hareket eden kütlenin ayrılmasıyla oluşan düşey veya düşeye yakın yüzey. Yenilme yüzeyinin görünen bölümüdür.

Tali ayna/minor scarp; yer değiştiren kütle içinde kademeli hareketlerin oluşturduğu düşey veya düşeye yakın bir yüzey.

Doğal arazi yüzeyi/ original ground surface: Heyelan oluşmadan önce mevcut olan şev yüzeyi.

Ayrılma yüzeyi/surface of separation; Doğal arazi yüzeyinin (20) heyelanın eteği tarafından üzerlenen bölümü.

Yenilme yüzeyi/surface of rupture: Doğal Zemin yüzeyinin altında hareket eden malzemenin en alt sınırını oluşturan yüzey.

Heyelan ucu/tip: Heyelan tepesine göre topuktaki en uzak nokta.

Topuk/Toe; Hareket eden kütlenin ana aynadan en uzaktaki, genellikle kavisli olan alt kesimi.

Tepe noktası/Top: Hareket eden kütle ile ana ayna arasında kalan heyelanın yüksek noktası.

Yenilme yüzeyinin topuğu/ toe of surface of rupture: Bir heyelanın yenilme yüzeyinin alt bölümü (genellikle gömülü) ile doğal arazi yüzeyinin kesiştiği kısım.

Birikim bölgesi/ zone of accumulation: Yer değiştiren malzemenin, doğal arazi yüzeyinin üzerinde kalan heyelan bölgesi.

Kayıp bölgesi/zone of depletion: Yer değiştiren malzemenin, doğal arazi yüzeyinin altında kalan heyelan bölgesi.

Bölüm A3. Heyelanın sebepleri ve tetikleme mekanizmaları

Jeolojik nedenler

- Zayıf malzemeler
- Hassas malzeme
- Ayrışmış malzemeler
- Makaslamaya uğramış malzemeler
- Eklemlili ve çatlaklı malzemeler
- Olumsuz yönelime sahip kütleli süreksizlikler (tabakalarımı, yapraklanma vb.)
- Olumsuz yönelime sahip yapısal süreksizlikler (fay, uyumsuzluk, dokanak vb.)
- Geçirimsizlikteki farklılıklar
- Sıklıktaki farklılıklar (plastik malzeme üzerindeki daha sağlam, sıkı malzeme)

Morfolojik nedenler

- Tektonik ve volkanik yükselme
- Buzul gerilemesi
- Buzul erimesi sonucu su çıkışları
- Yamaç topuğunun akarsu tarafından aşındırılması
- Yamaç topuğundaki dalga aşındırması
- Yamaç topuğundaki buzul aşındırması
- Yan kenarlarda erozyon
- Yeraltı aşınması (çözülme, borulanma)
- Yamaç üzerine veya yamacın tepesine yük konulması
- Bitki örtüsünün kaldırılması (orman yangınları, kuraklık sebebiyle)

Fiziksel nedenler-Tetikleyiciler

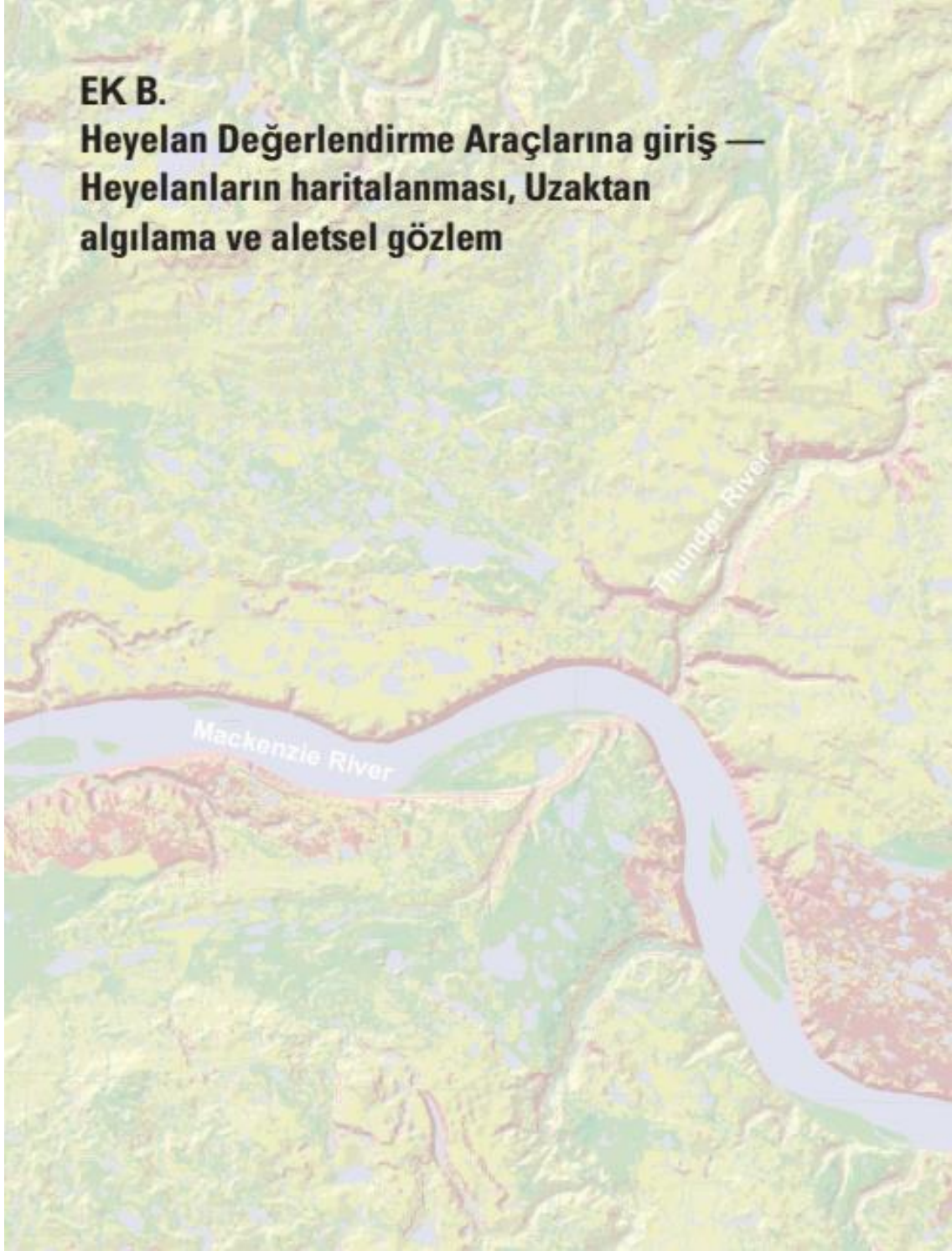
- Şiddetli yağmurlar
- Hızlı kar erimesi
- Uzun süreli yoğun yağış
- Taşkın ve gel-git olaylarıyla suların hızlı çekilmesi ve dolması
- Deprem
- Volkanik püskürme
- Çözülme
- Donma ve çözülme yoluyla ayrışma
- Şişme-büzülme yoluyla ayrışma
- Taşkınlar

İnsan etkisi

- Şev kazıları veya şev topuğunun kazılması
- İnşaat işlerinde duraysız toprak dolguların kullanımı
- Yamaca veya tepesine yük konulması
- Rezervuarlarda su seviyesinin azalması ve artması.
- Ormansızlaştırma
- Toprağı sulama
- Madencilik/maden atıkları
- Yapay titreşimler
- Boru hatlarındaki su kaçakları
- Planlı ve plansız nehir yataklarındaki saptırmalar

Daha ayrıntılı bilgi için 9, 3, ve 45 nolu kaynaklara bakınız.

EK-B Heyelan Değerlendirme Araçlarına Giriş – Heyelanların Haritalanması, Uzaktan Algılama ve Aletsel Gözlem



Bölüm B1. Haritalama

Haritalar, heyelan olası tehlikeleri hakkında bilgi sunmak için yararlı ve kullanışlı araçlardır. Farklı ayrıntı seviyelerinde birçok bilgi türü ve kombinasyonu sunabilirler. Arazi kullanım haritalarıyla birlikte kullanılan tehlike haritaları değerli bir planlama aracıdır. Genel olarak, heyelan olası tehlike haritalamasında üç aşamalı bir yaklaşım bulunmaktadır. İlk aşama, mevcut verileri birleştiren ve genel problemleri alanları tanımlayan bölgesel veya envanter haritalamadır.

Bölgesel ölçekli (bazen “küçük ölçekli” olarak adlandırılır) haritalama, genellikle İl, Eyalet veya Federal jeolojik araştırmalar birimi tarafından yapılır. Bir sonraki aşama, karmaşık sorunlu alanlarda daha ayrıntılı bir yüzey ve yeraltı haritalama programı olan alt bölge düzeyinde haritalamadır. Son olarak, bölgeye özgü büyük ölçekli haritaların hazırlanmasıdır. Kaynakların sınırlı olması durumunda, bölgesel haritalama yapılmadan, bilinen bazı alanlara yoğunlaşmak daha akıllıca olabilir. Aşağıda (1) Bölge, (2) Alt bölge ve (3) Sahaya özgü üç genel haritalama ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Bölgesel haritalama

Bölgesel veya envanter haritalama ile, alt bölge ve sahaya özgü daha ayrıntılı çalışmalar yürütmek ve haritalamada yapılacak öncelikleri belirlemek için temel bilgiler sağlanarak, bölgesel planlamalar için gerekli veriler temin edilir. Bu tür haritalar genellikle basit envanter veya duyarlılık haritalarından oluşmakta olup, öncelikle bölgesel olarak heyelanlı alanların belirlenmesi ve heyelanların hangi koşullar altında oluştuğunun tanımlanmasına yöneliktir. Bu haritalar heyelanların oluşabileceği jeolojik birimler veya ortamlar hakkında bilgi sağlar. Bölgesel haritalama alanı il sınırından başlayıp tüm ülkeyi kapsayan ulusal ölçekte yapılabilir. Bu tür haritalama, ağırlıklı olarak fotojeoloji (hava fotoğrafları ile jeolojik yorum), arazi çalışmaları ve mümkün olan tüm jeolojik verilerin toplanması esasına dayanmaktadır. Bu düzeydeki haritalama ölçekleri genel olarak 1: 10,000 ile 1: 4,000,000 veya daha da küçük ölçekler arasında değişmektedir.

Alt bölge/lokal Haritalama

Bu tür haritalamada, heyelanın nedenleri dikkate alınarak, potansiyel büyüklüğü üç boyutlu olarak tanımlanır. Bu aşamada arazi kullanımı, imar ve inşaat ile gelecekteki sahaya özel incelemeler için öneriler de yapılmaktadır. Araştırmaların, harita ve enine kesitler oluşturmak için yeraltı araştırma

çalışmalarını da içermesi gereklidir. Bu seviyedeki harita ölçekleri genellikle 1: 1,000 ile 1: 10,000 arasında değişir.

Sahaya özgü haritalama

Bu tür haritalama, genellikle yerleşim yeri içerisinde mevcut sahaya özgü problemlerin tanımlanması, analizi ve çözüm süreçleri ile ilgilidir. Genellikle, arazi sahipleri için özel şirketler tarafından yapılan ve tipik olarak tasarım ve inşaat için gerekli bilgiyi elde etmek için sondaj çalışmaları ile örnek alma ve laboratuvar analizlerini içeren ayrıntılı çalışmadır. Harita ölçekleri değişmekle birlikte genel olarak 1:600 ölçeğindedir.

Heyelan haritalarına ilişkin üç önemli ölçüt

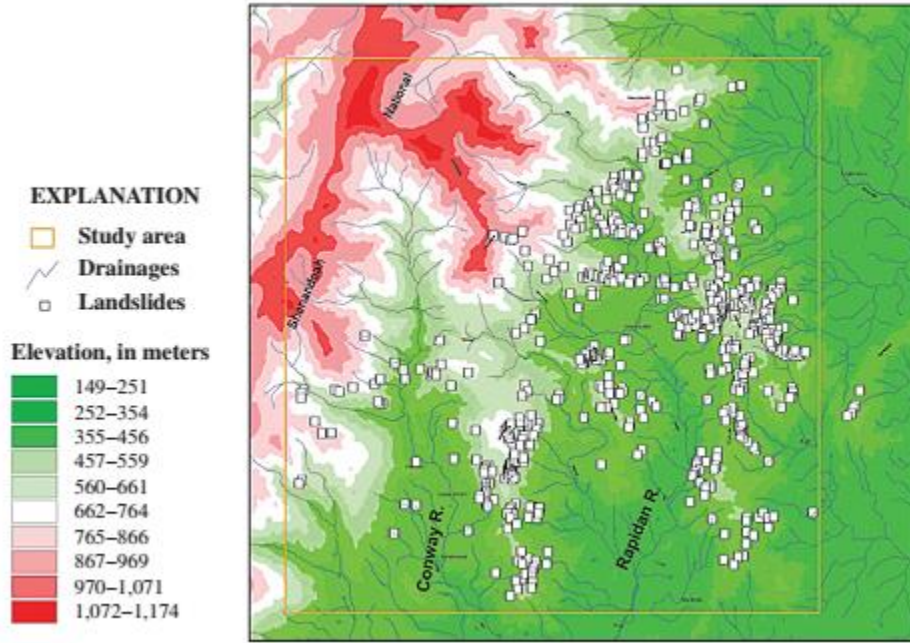
Planlamacılar ve toplum açısından en faydalı üç tip heyelan haritası (1) heyelan envanter, (2) heyelan duyarlılık ve (3) heyelan olası tehlike haritalarıdır.

Heyelan envanter Haritaları

Envanter haritaları geçmişte meydana gelen heyelanlı alanları gösterir (Şekil B1). Bu haritalarda ayrıntı seviyesi, sadece heyelanların meydana geldiği alanların basitçe gösterilmesinden, her bir heyelan tipinin, ana ayna, çökme ve birikme bölgeleri, aktivite durumu, heyelanın yaşı, hareketin hızı, derinliği ve hareket eden malzemenin cinsi gibi verileri içerecek düzeyde hazırlanabilir.

Ayrıntılı hazırlanmayan envanter haritaları heyelanlı alanların mekansal dağılımı ile ilgili genel bir fikir vererek, daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekli alanların belirlenmesine katkı sağlar. Detaylı hazırlanmış envanter haritaları ise belirli bir alandaki farklı heyelan süreçlerinin daha iyi anlaşılmasına ve heyelanlı bölgelerdeki arazi kullanımlarını düzenleme ve iyileştirme çalışmalarının planlanmasına katkı sağlarlar. Bu haritalar aynı zamanda heyelan olası tehlike seviyesi ve uygun arazi kullanımı ile ilgili şev stabilitesi açısından bilgi sağlayarak diğer tematik haritaların üretilmesinde iyi bir temel oluştururlar. Yöntemlerden biri, heyelanlı alanların belirlenmesinde hava fotoğrafı çalışmaları yapılarak, seçilmiş bazı alanlarda arazi kontrollerinin gerçekleştirilmesi ve daha sonra uygun bir sınıflama kullanarak haritanın hazırlanmasıdır. Haritalar, heyelanların aktivite durumu, tanımlamanın güvenilirliği, hareket tipi, derinliği, malzeme tipi, hareketin yaşı veya periyotları gibi bilgilerin tamamını veya bir bölümünü gösterecek şekilde hazırlanır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde, bölgesel heyelan haritaları genellikle 1:24.000 (Kanada'da 1: 50.000) ölçeğinde hazırlanmaktadır. Bunun nedeni, bu ölçekte USGS'in ürettiği yüksek kalitede temel topoğrafik haritaların kolay temin edilmesi ve hava fotoğrafları ile karşılaştırılabilir bir ölçekte olmasıdır. ABD'de yaygın olarak kullanılan diğer harita ölçekleri ise 1: 50,000, 1: 100,000 ve 1: 250,000'dir.



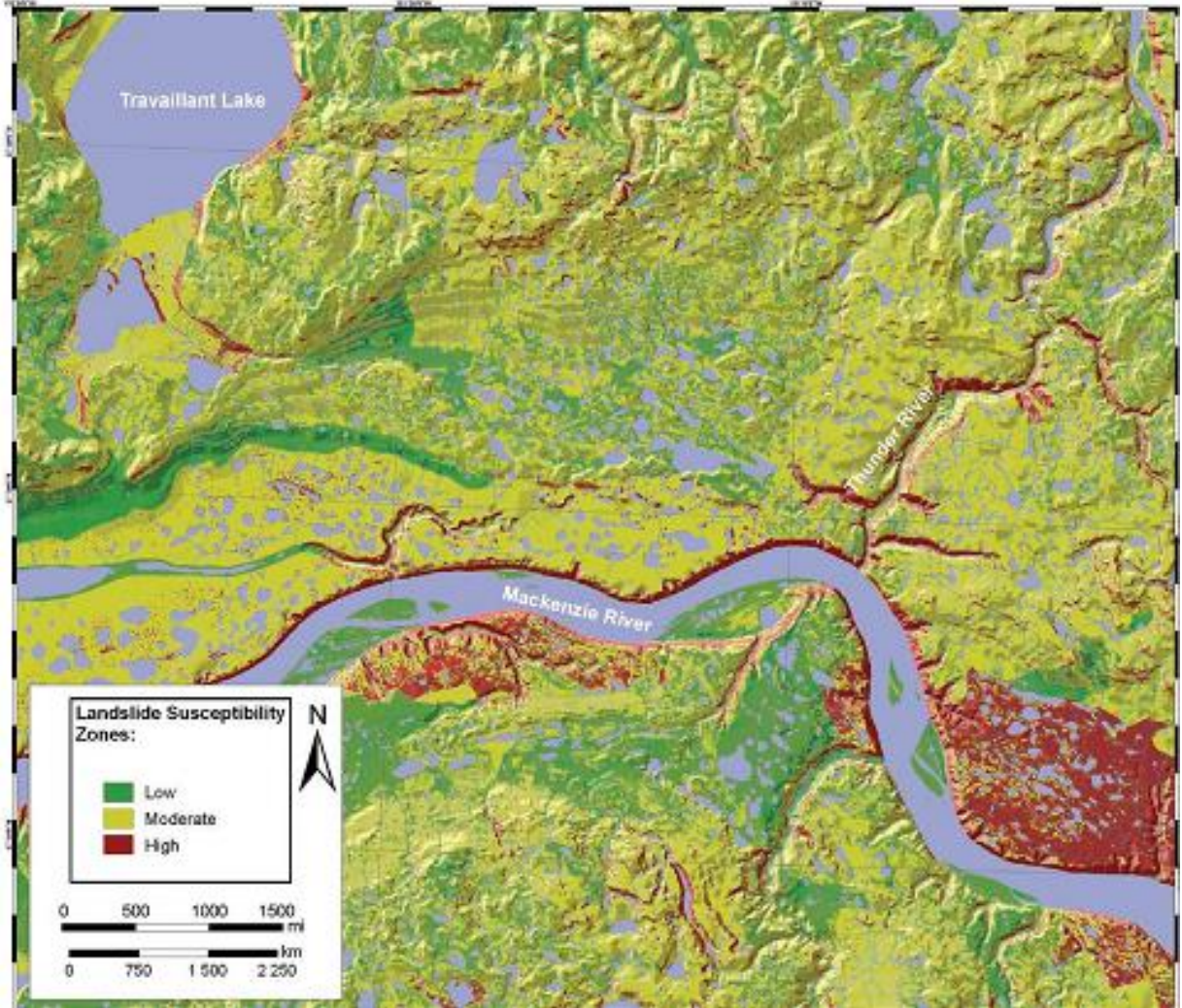
Şekil B 1 Geçmişte meydana gelen heyelanların dağılımını gösteren bir heyelan envanter haritası. Şekilde aynı zamanda yükseklik değerleri ve drenaj ağı da gösterilmiştir (Harita USGS'den alınmıştır).

Heyelan Duyarlılık Haritaları

Bir heyelan duyarlılık haritası, envanter haritasının daha ilerisine geçerek, heyelan olma potansiyeline sahip alanları gösterir (Şekil B2). Bu alanlar, heyelanın oluşmasında önemli bulunan bazı temel faktörlerin (yüksek eğimli yamaçlar, zayıf jeolojik birimler, drenaj koşulları zayıf kaya veya zeminler gibi) geçmişte oluşmuş heyelanların mekansal dağılımı ile ilişkilendirilerek belirlenir. Bu haritalar ile sadece görece şev stabilitesi belirlenebilmekte olup, kesin tahminlerde bulunulmaz.

Heyelan duyarlılık haritaları, heyelan envanter haritalarının türevi olarak kabul edilebilir, çünkü heyelan duyarlılık haritası hazırlamak için heyelan envanter haritası gereklidir. Örneğin, bir jeoloji

haritası ile heyelan envanter haritasının çakıştırılması ile heyelana duyarlı jeolojik birimler belirlenebilir. Bu bilgi daha sonra potansiyel heyelan alanlarının tahmin edilmesinde kullanılabilir. Daha karmaşık haritalar, yamaç eğimleri ve drenaj ağı gibi ek bilgileri içerebilir.

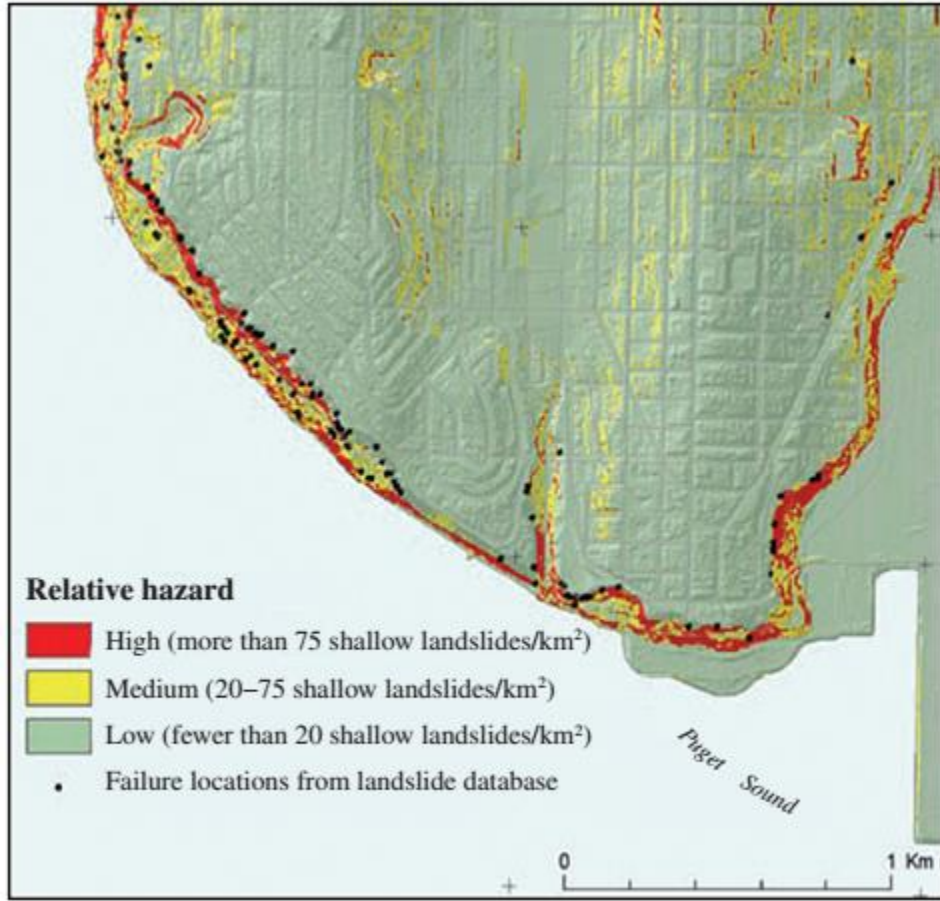


şekil B 2. Bir heyelan duyarlılık haritası rneği. Harita Mackenzie Nehri vadisi, Kuzeybatı Bölgeleri'ndeki (Kanada), bir alana aittir (Hazırlayan: Rjean Couture, CGS).

Heyelan Olası Tehlike Haritaları

Olası tehlike haritaları, geçmişte heyelanların gerçekleştiği tehdit edici süreçlerin alansal dağılımını (şekil B3), son zamanlarda meydana gelen olayları ve en önemlisi, bir heyelanın gelecekte belirli alanlarda olma olasılığını göstermektedir. Olası tehlike haritaları, belirli bir alanda, belirli bir heyelan tipi, hareketin büyüklüğü ve olası yayılma mesafesi hakkında detaylı

bilgiler içermektedir. Bu haritalar heyelanlı bir alanda görece tehlike derecesini tahmin etmek için kullanılabilir. Alanlar düşük, orta ve yüksek tehlike alanlar gibi sınıflandırılabilir.



Şekil B 3. Magnolia bölgesinin (Seattle, Washington, ABD) sığ heyelan olası tehlike haritasından bir bölüm.

Harita kaynağı ve daha ayrıntılı bilgi için 4, 12, 18, 19, 21, 25, 29, 33, 34, 35, 41 ve 46 nolu kaynaklara bakınız.

Bölüm B2. Heyelan Aktivitesi Özelliklerini Gösteren Uzaktan Algılama ve Diğer Araçlar

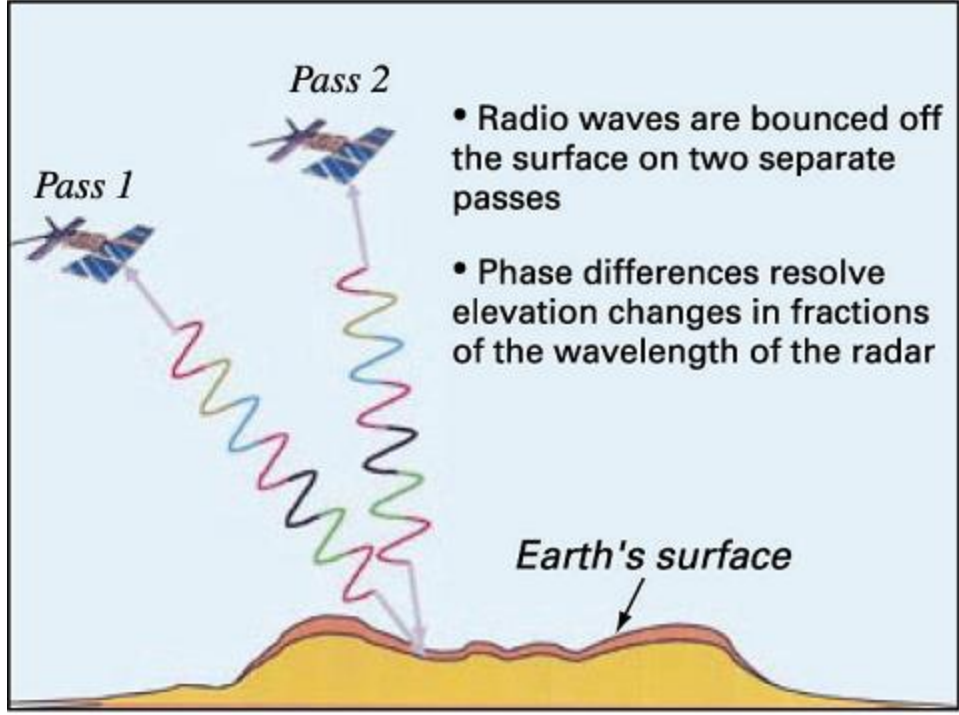
Haritalar ve çeşitli yapıdaki diğer bilgiler bazen CBS ortamında birbiri üzerine çakıştırılarak, farklı tipteki bilgilerin aynı anda görüntülenebilir. CBS gibi bir bilgisayar sisteminin olmadığı durumda, her bir harita için asetatlar hazırlanarak üst üste çakıştırma işlemi gerçekleştirilebilir. Harita ve diğer verilerin aynı ölçekte olması önemlidir. Aşağıdaki listede, heyelan potansiyelinin belirlenmesinde yararlı olabilecek CBS katmanlarının hazırlanması ile ilgili bazı bilgiler açıklanmıştır.

- **Topoğrafik harita:** Yamaç eğim derecesini, arazi ve drenaj yapısını gösterir.
- **Saha (Terrain) haritası:** Malzeme tipi, derinlik, jeolojik süreçler, arazi yapısı, yeraltı drenajı, yamaç eğimi (Jeoloji veya Kuvaterner jeoloji haritası olarak ta isimlendirilmektedir).
- **Anakaya haritası:** Topoğrafik harita üzerinde, anakaya tipi, yüzey ve yeraltı yapısı, örtü birimleri ve birimlerin yaşını gösterir.
- **Toprak haritası:** Yüzeyde bulunan malzeme tipi, drenaj ağı, sınırlı mühendislik özellikleri, zemin özellikleri, bitki örtüsünü gösterir.
- **Orman haritası:** Yüzey bitki örtüsü, topoğrafik özellikleri, yüzey drenaj yapısı ve bazı durumlarda zeminin drenaj özelliklerini tanımlar.
- **Araştırma çalışmaları:** Yukarıdaki bilgilere ilave olarak, heyelanları kontrol eden ve stabilite durumu belirten risk değerlendirmeleri hakkında sayısal verileri sağlayabilir.
- **Hava fotoğrafı:** (Örnekler Şekil B4-B7’de verilmiştir.) Bitki örtüsü, topoğrafya, drenaj yapısı, zeminin drenaj durumu, anakaya jeolojisi, yüzey jeolojisi, heyelan tipi ve ilgili diğer parametreler tanımlanabilir. Belirli bir alanın eğik hava fotoğrafları ve düşey stereografik çiftler yardımıyla dikkatli bir şekilde incelenmesi, heyelan türü, sıklığı ve bazı uygulamaların etkileri hakkında önemli bilgiler verebilir. Yeni çekilmiş hava fotoğraflarında eski tarihli heyelanları ayırt etmek zor olacağından dolayı, eski tarihli hava fotoğrafları da mümkünse analiz edilmelidir. Hava fotoğraflarından tanımlanabilecek özellikler, heyelan tipi ve örtü yükü özelliklerinin belirlenmesine yardımcı olabilir. Bu bilgiler bir bölgedeki heyelan olası tehlikesini tahmin etmede bazı kolaylıklar sağlar.
- **InSAR görüntüleme:** InSAR, Interferometrik Yapay Açıklıklı Radar teriminin kısaltmasıdır. Hem InSAR hem de LIDAR (açıklama aşağıdadır), uydudan bir enerji

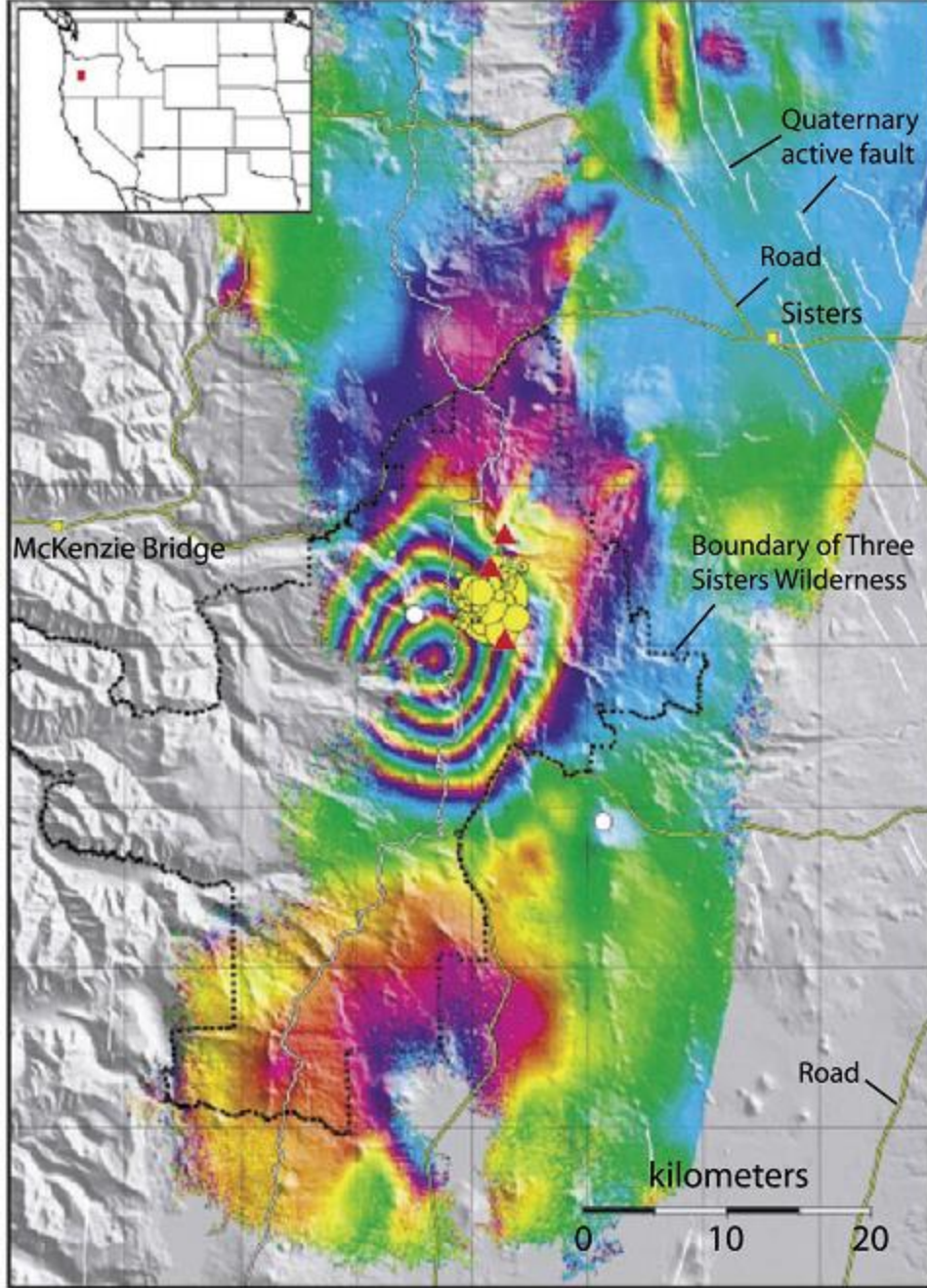
sinyali yayılması ve yeryüzünden geri dönüşünü algılayarak aktif sensörler ile kaydedilmesidir. Çoğu InSAR ekipmanı sis ve yağmura nüfuz edebilir ve erişilmesi zor alanlarda kullanılabilir. Bir radar görüntüleri kullanılarak arazinin sayısal yükseklik modeli (DEM) haritaları üretilebilir. Aynı alanın iki farklı zamanda çekilen görüntüsü birleştirilerek interferogram adı verilen bir harita oluşturulur. İki görüntünün birleştirilmesi, çekildikleri zaman arasında meydana gelen herhangi bir hareketi (varsa) belirten yer değiştirmeyi gösterir. Bu şekilde, örneğin bir yamacın hareket edip etmediği belirlenebilir. Dünya-yörüngeli sıradan radar uydusu, üzerindeki antenin sınırlı büyüklüğü nedeniyle yaklaşık 3 ila 4 mil'lik çok zayıf bir zemin çözünürlüğüne sahiptir. Yapay Açıklıklı Radarı (SAR), operasyonel olarak daha büyük bir anteni matematiksel olarak yeniden oluşturmak (sentezlemek) ve yüksek mekansal çözünürlük görüntüleme sağlayabilmek için uydunun yörüngesi boyunca yaptığı hareketten yararlanır.



Şekil B 4. La Conchita heyelanının (Kaliforniya, ABD) 2005 tarihinde çekilmiş hava fotoğrafındaki konumu. Mavi poligon daha eski, sarı poligon ise yeni heyelan sınırını göstermektedir (AirPhoto USA ve Ventura yerleşimi (Kaliforniya) izniyle ve Randy Jibson, USGS).



Şekil B 5. Bir uydunun dünya yüzeyinden kayıt alma işleminin şematik gösterimi (Şekil, 42 nolu kayaktan değiştirilerek alınmıştır).



Şekil B 6. InSAR görüntü işleme yönteminden elde edilen interferogram ile Cascade Sıradağları (Oregon, ABD) Three Sisters volkanlarındaki (kırmızı üçgenler) yükselme (1997-2001) (daireler deprem merkez üslerini göstermektedir) (Fotoğraf 41 nolu kaynaktan değiştirilerek alınmıştır).

- **LİDAR Görüntüleme:** LİDAR (Light Detection and Ranging) lazer darbeleri kullanılarak bir nesne veya bir yüzeyin uzaklığını anlamaya yarayan bir teknolojidir. Ağaçlar gibi yoğun bitki örtüsünün olduğu yerlerde bile dar bir lazer ışını kullanarak LiDAR ile doğru

sayısal arazi haritaları üretebilir. Bu teknikle, çok hassas bir Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) haritası üretilebilir (Şekil B7). Yaprak dökken ormanlık alanlarda buna yaprak döküm zamanlarda görüntü alındığında yüksek kalitede SYM elde edilebilir.

LiDAR haritalama sisteminin temel bileşenleri, bir uçağa monte edilmiş uzaklık ölçen bir lazer tarayıcı, uçağı konumlandırmak için diferansiyel Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) ve uçağın yönünü ölçmek için bir iç ölçüm biriminden (IMU) oluşmaktadır. LiDAR üç nedenden dolayı yararlı bir topografik haritalama aracıdır. Bunlardan, birincisi doğruluk, ikincisi ise verimlilik olup; saniyede 10.000 ile 80.000 lazer darbesiyle ölçümler yapılır. Üçüncü olarak, LiDAR monoskopik olup, kendi aydınlatmasını sağlar. Bu özellikleri ile ormanlık alanlardaki fotogrametrik çalışmalarda üstünlük sağlamaktadır. LiDAR tekniği ile üretilen haritalar çok ayrıntılı ve birçok durumda yoğun bitki örtüsü nedeniyle diğer yöntemler ile neredeyse görünmeyen eski heyelanlar ait belirtiler ortaya çıkmaktadır. LiDAR pahalı ve oldukça teknik bir uygulama olup, çoğunlukla devlet kurumları, üniversiteler ve bazı özel kuruluşlar tarafından kullanılmaktadır. Bir dezavantajı ise çoğu LiDAR sisteminin sis veya yağmura nüfuz etmeyen yakın kızılötesi bir lazer kullanmasıdır.



Şekil B 7. La Conchita heyelanının (Kaliforniya, ABD) 2005 yılında çekilmiş verev LiDAR görüntüsü. 1995 (mavi) ve 2005 (sarı) tarihli heyelan sınırları gösterilmiştir. Siyah oklar bölgedeki diğer heyelanları göstermektedir. Kırmızı çizgi ise tüm kayalık alanı içeren eski bir heyelanın ana aynasını göstermektedir. (Fotoğraf: Airborne 1, El Segundo, Kaliforniya (ABD) ve Randy Jibson, USGS).

Bölüm B3. Heyelanların gerçek zamanlı izlenmesi ve izlemede kullanılan araçlar

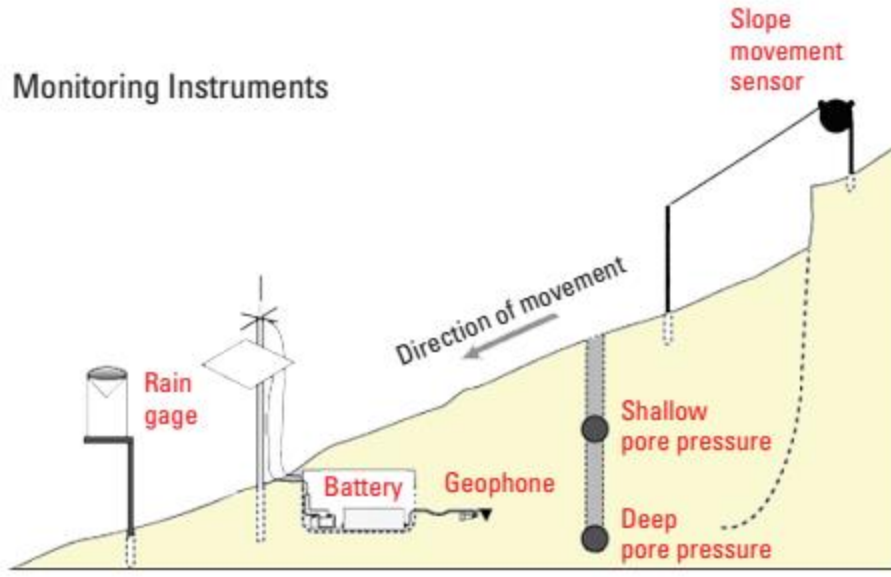
Gerçek zamanlı izleme sistemleri ile heyelan aktivitesinin anlık tespiti, can ve mal kaybını korumak için çok önemlidir. Geleneksel saha gözlemleri, düzenli olarak yapılırsa bile, heyelanların meydana geldikleri andaki değişiklikleri tespit etme imkanı sağlamaz. Ayrıca, aktif heyelanlar üzerinde çalışma yapmak tehlikeli olabilir ve büyük ölçekli hareketler genellikle görüş mesafesinin sınırlı olduğu fırtınalı havalarda meydana gelir. Gerçek zamanlı uzaktan izleme sistemleri ile sağlanan sürekli veri, heyelanın dinamik davranışının daha iyi anlaşılmasını ve mühendislerin heyelanları önlemek veya durdurmak için daha etkili tasarımlar oluşturmalarını sağlar. Heyelan izleme sistemi pahalı olup, çoğu sistemin kurulumu uzmanlar tarafından yapılması gerekir. Bu tür sistemlerin avantajı ise heyelan hareketi ile uyarı sistemlerinin koordineli bir şekilde yürütülmesidir (Şekil B8-10).



Şekil B 8. Ekstansometre (kayan ve sabit olan zemin arasındaki hareket miktarını ölçmeye yarayan alet) kullanılarak heyelan hareketinin ölçülmesi (Fotoğraf: Richard LaHusen, USGS).

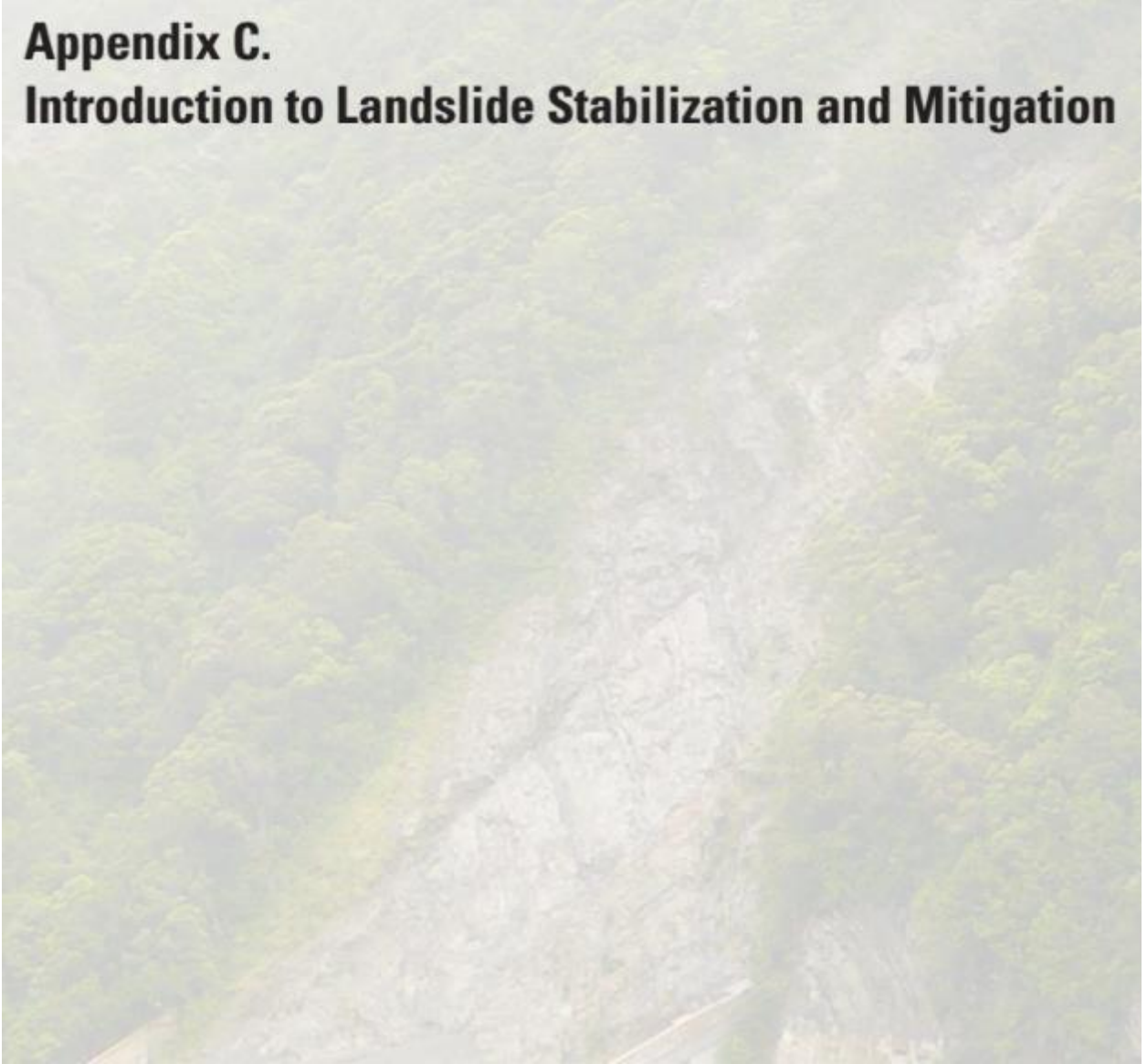


Şekil B 9. Gerçek zamanlı heyelan verilerine uzaktan iletim için güneş enerjisi ile çalışan bir radyo telemetri sisteminin test edilmesi (Fotoğraf: Mark Reid, USGS).



Şekil B 10. Gerçek zamanlı heyelan verilerinin ölçümü ve aktarımı için bir ağ örneği (Şekil USGS'ten alınmıştır).

Appendix C. Introduction to Landslide Stabilization and Mitigation



Bölüm C1. Toprak Şevlerin İyileştirilmesi / Zarar Azaltma

Bu bölümde Kuzey Amerika'da uygulanan bazı stabilizasyon teknikleri verilmiştir. Detaylı zemin ve kaya analizlerinin olmadığı veya düşük risk oluşturan durumlar için güvenli olarak kullanılabilir bazı basit yöntemler vurgulanmıştır. Bazı stabilizasyon yöntemleri ise çok pahalı olup uygulanmaları için önemli bir zaman gerektirir. Burada stabilizasyon yöntemlerinden bazıları genel olarak değerlendirilmiş olup; bunların dışında dünyada diğer birçok yöntemde uygulanmaktadır. Uygulama öncesi, sırası ve sonrasında (mümkünse) uzman tavsiyeleri ve daha ayrıntılı literatür desteği gereklidir.

Herhangi bir şevin duraylılığının artırılması, belirli eylemler uygulanması durumunda geliştirilebilecektir. Etkili olması açısından, ilk olarak şev stabilitesine etki eden en önemli faktörler belirlenmeli, ikinci olarak ise bu olumsuz etkileri azaltmak amacıyla uygun tekniklerin belirlenmesi gerekmektedir. Uygulanan iyileştirme yöntemi incelenen şevin özel durumuna uygun olacak şekilde tasarlanmalıdır. Örneğin, çok önemsiz yeraltı suyu etkisi altındaki bir şeve yerleştirilecek drenaj boruları gereksizdir. Şev stabilizasyon girişimleri inşaat sırasında veya inşaat sonrasında beklenmedik bir şekilde duraylılık sorunları oluştuğunda gerçekleşir. Şeve uygulanacak mühendislik yaklaşımlarının çoğunda güvenilir zemin ve kaya mekaniği bilgisi çerçevesinde zemin özelliklerinin detaylı analiz edilmesi gerekir. Bir heyelanın can ve mal güvenliğini tehdit ettiği yüksek riskli durumlarda jeoteknik ve inşaat mühendisi gibi profesyonel bir heyelan uzmanına herhangi bir uygulama yapmadan önce mutlaka danışılmalıdır. Aşağıdaki bölümler şev stabilitesini artırmak amacıyla kullanılabilir teknikler genel olarak değerlendirilmiştir.

Kazı

C1, C2 ve C3'te verilen şekillerde şev kazısı etkileri ve sonuçları ile ilgili genel prensipler enine kesitler üzerinde şematik olarak gösterilmiştir. Bu grafikler genel olup, mümkünse bir jeoteknik mühendise veya diğer uzmanlara danışılmalıdır.

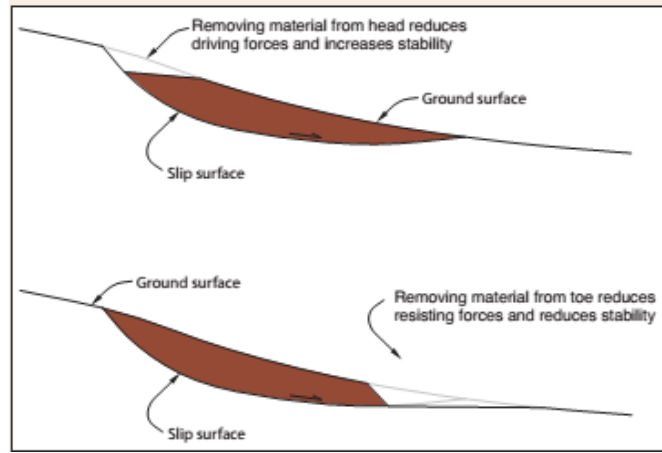
Kayan kütlelerin üzerinden malzeme alınması

Bu yöntemde makaslama gerilmeleri (driving forces) azaltılarak duraylılık artırılabilir. Bu yöntem dairesel kayma türü heyelanların (Konu I deki heyelan tiplerine bakınız) gerçekleştirilebileceği şev

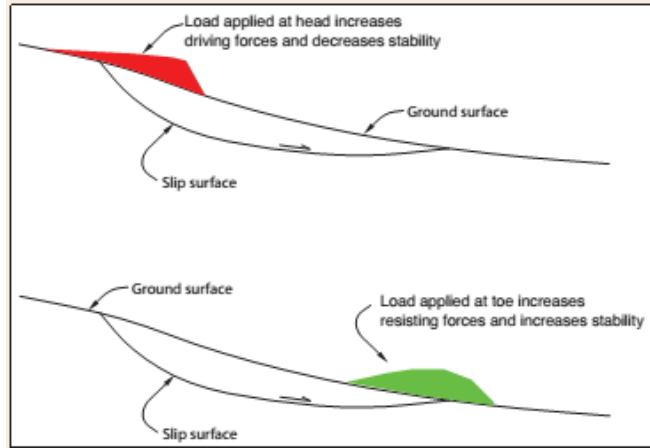
kazılarında uygundur. Akma türü heyelanlarda, uzun ve uniform düzlemsel kaymaların gelişebileceği şevlerde etkili değildir.

Şev yüksekliğinin düşürülmesi

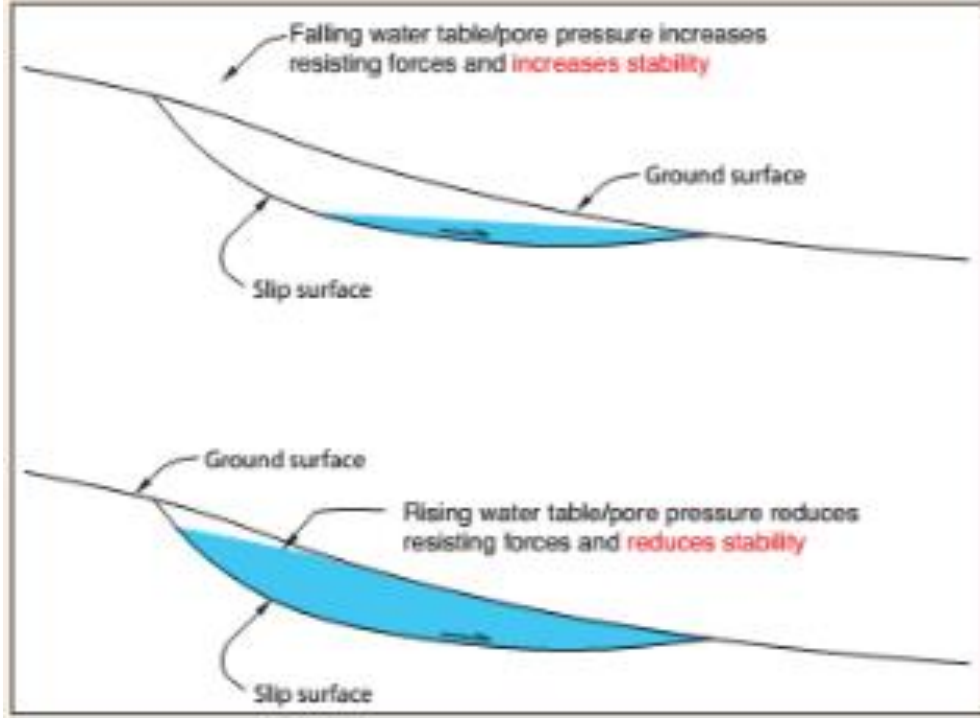
Bir şevin yüksekliğinin azaltılması, toprak kütlelerinin ağırlığını azaltarak yenilme düzlemi üzerindeki makaslama gerilmesini azaltır. Bu yöntem duraylılığı artırmada orta derecede etlidir ve kesin çözüm için arazide ek müdahaleler gerekebilir. Chatwin 'e göre (Kaynak 11) bu uygulama genellikle güvenlik katsayısını sadece %10 -15 oranında artırır. ("Güvenlik katsayısı"nın basit tanımı makaslama dayanımının makaslama gerilmelerine oranıdır.



Şekil C 1. Bir şevin üst ve topuk kesimlerinde kazı sonucu meydana gelen stabilite farklılıklarının gösterimi (Şekil: Rex Baum, USGS).



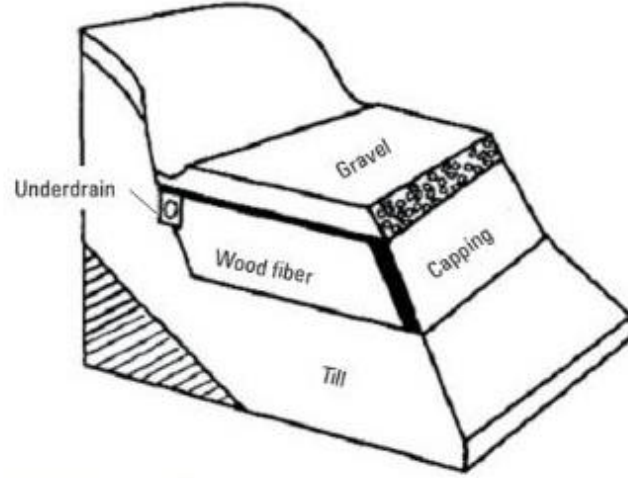
Şekil C 2. Bir şevin üst ve topuk kesimlerine yük konulması sonucu meydana gelen stabilite farklılıklarının gösterimi (Şekil: Rex Baum, USGS).



Şekil C 3. Şev stabilitesinde su etkisinin öneminin gösterimi (Şekil: Rex Baum, USGS).

Görece hafif malzemelerle geri dolgusu yapmak

Bu yöntemde şevin üzerinden kazı yapılır ve kazılan malzeme yerine yoğunluğu daha az olan yonga veya odun parçaları gibi bir malzeme ile hafif dolgu yapılır. Daha sonra hafif dolgu malzemesinin üstü iri taneli agregalar ile kaplanarak dolgu malzemesi üzeri sınırlı kullanım için uygun hale getirilir (Şekil C4).



Şekil C 4. Hafif dolgu malzemesinin şematik ve arazi uygulaması. İnşaat mühendisliği uygulamalarında geri dönüşümlü lastik parçalarının kullanımında artış görülmektedir. Karayolu uygulamaları arasında, lastik parçalarının köprü dolgularında ve istinat duvarında zayıf zeminler üzerine hafif dolgu olarak veya çok soğuk iklim bölgelerinde, yol dolgularının altında don kabarmalarına direnç göstermesi ve yol kenarlarında yüksek geçirimli bir ortam oluşturmak için kullanılmaktadır (Şekil kaynak 11'den, fotoğraf ABD Ulaştırma Bakanlığı, Federal Karayolu İdaresinden alınmıştır).

Basamaklandırma

Zemin veya kaya yüzeylerinde yapılan basamaklandırma/palyeleme işlemlerinin amacı makaslama gerilmelerinin azaltılmasıdır. Genel olarak sığ heyelanların etki alanını azaltmak için uygundur fakat genel şev duraylılığını artırmak için çok etkili olmadıklarından başka yöntemler uygulanmalıdır. Basamaklandırma kaya düşmesine duyarlı dik yamaçların altında koruma yapısı sağlaması açısından, yüzey drenajının kontrolü veya dren boruları gibi yapıların yerleştirilmesi

için çalışma alanı oluşturması bakımından yararlıdır. Bir şevde yapılan basamaklandırma kazısı örneği Şekil C12’de verilmiştir.

Şev açısını azaltma

Malzemenin ağırlığının azaltılması ile olası nehir aşındırma etkileri veya inşaat yüklerinin azaltılması sağlanır.

Kayan kütlelerin kazılmaması gereken durumlar

Bazı durumlarda hareket eden kütlelerin tamamen kaldırılması etkili ve ekonomik çözümü oluşturur. Bununla birlikte, genelde bu uygulama küçük blok hareketlerinde veya küçük dairesel yenilmelerde uygundur. Büyük heyelanların etkili olduğu alanlarda büyük ölçekli kazılar aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı önerilmez.

- Kazı işlemi her zaman etkili olamaz-büyük düzlemsel kaymalarda, kazı işlemi hareketi durduramadığı gibi heyelanın genişlemesine yol açabilir.
- Heyelan topuğu tarafından oluşturulan destek kazılarak kaldırıldığında daha büyük heyelan tetiklenebilir.
- Kazı yamacı zayıflatılarak şev daha yukarı seviyelerinde duraysızlıklara yol açabilir.
- Yumuşak kil gibi kalınlığı fazla zeminlerde sığ ve derin iki adet potansiyel yenilme düzlemi olduğu durumda, birinci kayma düzlemi altında yapılan kazı aniden ikinci derin kayma düzlemini tetikleyebilir. Zeminlerin makaslama parametreleri kullanılarak şev stabilitesi analizlerinin özellikle kalın killi zeminlerde yapılacak ana kazılarda mutlaka yapılması gereklidir.

Şevlerin güçlendirilmesi

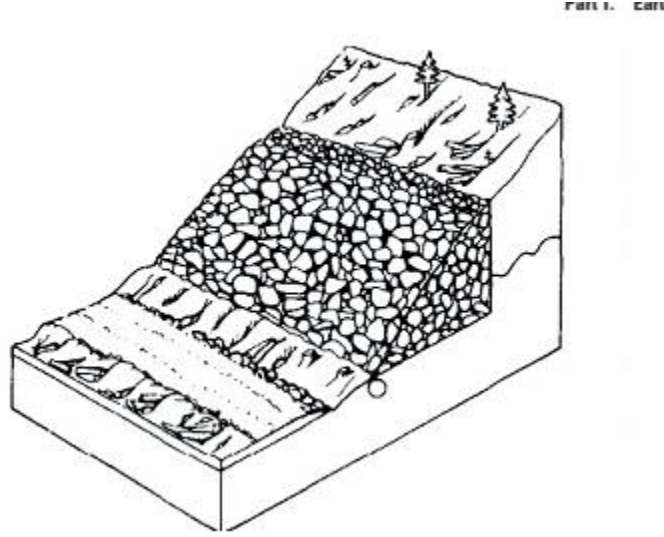
Plastik hasır ile güçlendirme

Piyasada çok çeşitli sentetik zemin güçlendirme malzemeleri bulunmakta olup, bunlardan bir tanesi de hafif ve yüksek çekme dayanımına sahip polimer plastik ağlardır. Bu ağ aynı betonda kullanılan güçlendirilmiş ağa benzer davranış göstererek zeminin makaslama dayanımını artırır.

Bu tür malzemeler ile yumuşak zemin üzerinde ihtiyaç duyulan balast miktarı azaltılarak alttaki zeminin taşıma kapasitesinin artırılması sağlanır. Bu tür malzemelerin şev stabilizasyon işlemlerinde zeminin dayanımının artırılması, zemin drenajının iyileştirilmesi ve istinat duvarlarının inşasında kullanılması gibi farklı uygulamaları bulunmaktadır.

Kaya dolgu ile topuk desteği

Şev stabilitesini artırmak için basit bir yöntemdir. Bu yöntemde topuğa yük konularak kaymaya karşı koyacak kuvvet yaratılmış olur (Şekil C5). Bu uygulamada Şev topuğu üzerine toprak dolgusu da uygulanabilir. Kırmataş veya riprap malzemesi toprak malzemeye göre daha büyük sürtünme direncine sahip, serbest drenaj malzemesi olması bakımından yeraltı suyu akışını kolaylaştıracđı için daha çok tercih edilirler.

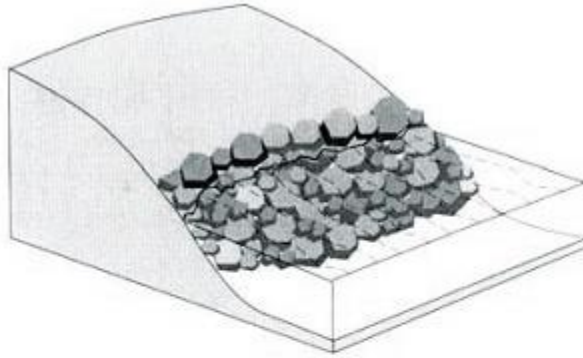


Şekil C 5. Kaya dolgu ile topuk desteği uygulamasının Şematik ve arazi görünümü (Şekil kaynak 11'den alınmıştır).

Akarsu yatağı kaplaması/Taşpere

Kanal kaplamaları akarsu yatağı içinde veya kenarlarında uygulanan diğer bir stabilizasyon yöntemidir. Kaplama için genellikle aşınmaya karşı dirençli çelik tel donatılı yüksek kaliteli beton kullanılmaktadır. Düzensiz yapıdaki kayalar su akışının enerjisini dağıtmak için betona yerleştirilir. Kanal kaplamaları moloz akmalarının oluşma sıklığını ve hacmini azaltabilir (Şekil C6).

Kaplamalar aynı zamanda köprü akış yukarısındaki kanalın yapısını ve köprü kenar ayaklarını korumada oldukça etkilidirler. Kanal kaplamalarının en etkili olduğu durum duraysız bir kanal yatağının tamamının kaplanmasıyla elde edilir. Eğer uzun bir nehir koluna uygulanacaksa Kaplamalar genellikle kontrol barajı gibi yapılara göre daha az maliyetlidirler. Kontrol barajları tercih edilmekle birlikte eğer nehir yamaçları çok duraysız ise baraj eksenine yamaç içine doğru uzatılarak topuk desteği sağlanması ile genel stabilitesi artırılabilir.



Şekil C 6. Kaya blokları kullanarak Dickson deresi (Montana, ABD) yatak kaplaması örneği (Fotoğraf ve şekil ABD Tarım Bakanlığı).

Kontrol barajları

Kontrol barajları, derin oyuntulara sahip nehir yataklarını stabilize etmek için inşa edilen küçük sediman depolama barajlarıdır. Bu tür yapılar genel olarak Avrupa ve Japonya’da drenaj kanalları boyunca gelişen moloz akma frekans ve hacimlerini kontrol etmek için kullanılırlar. Kontrol barajlarının maliyeti yüksek olduğundan genel olarak akış aşağısında önemli yapılaşmalar bulunduğu veya yaban hayatı habitatı için kamp veya yumurtlama alanı gibi alanların olması durumunda inşa edilirler. Drenaj kanalları boyunca oluşan moloz akmaları 25 derecenin üzerindeki yatak eğimine sahip alanlarda oluşur ve hacimlerinin büyük bir kısmı kanal yatağındaki ana kayanın aşınması/sıyrılması ile oluşur. Kontrol barajları drenaj kanalları içine yapılandırıldıklarında üç amaca hizmet eder (aşağıdaki bilgiler kaynak 11’den alınmıştır).

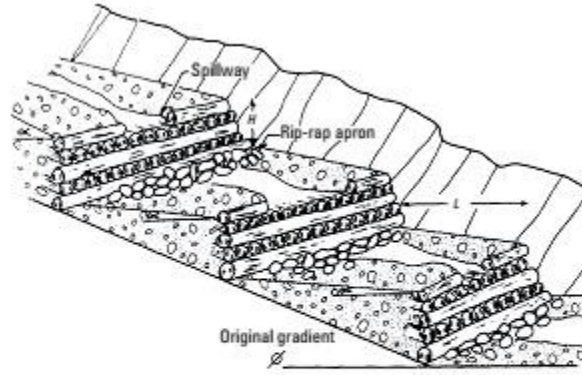
1. Akış yukarısındaki yatak eğiminin düşürülerek yenilme alanı etkisine karşı önlem amaçlı.
2. Kanal boyunca biriken malzemenin hacmini azaltılması ile yatağın derine doğru aşındırması ve buna bağlı yamaçlarda oluşabilecek duraysızlıkları önlemek ve oyuntu yamaçlarına topuk desteği sağlamak amacıyla yapılır.
3. Yatağın en alt seviyelerine inşa edildiğinde moloz akması sedimanlarının depolanması amacıyla.

Moloz kaymalarının üzerine inşa edildiklerinde, barajlar çözünen malzemeleri biriktirerek yamaç eğimini düşürür ve kayan kütle üzerinde küçük sekiler oluşturur. Kontrol barajları öngerilmeli beton veya tomruk yığınları ile inşa edilebilirler (Şekil C7 ve C8). Beton harçlı kaya bloklarından inşa edilen barajların yüksekliği 8 m’yi genellikle aşmazken, tomruklarla yapılan barajların yüksekliği 2m’yi aşmamalıdır. Barajlar arasındaki mesafe yatak eğimi ve barajın yüksekliğine bağlıdır. Örneğin, 2m yüksekliğindeki baraj 20 derece yatak eğimi ve 10 derece eğimli yatak dolgusu için her 12m bir yapılmalıdır. Yanal akarsu erozyonu ve savak suyunun taban aşındırması en önemli sorunları oluşturur.

Kontrol seddelerde yenilmenin önlenmesi

İnşaat aşamasında, beton yan duvarları ve tomruk uçları, dolgunun yaratacağı gerilmeler ve yanal yöndeki aşınmalara karşı mutlaka vadi duvarlarına ve akarsu yatağına emniyetli bir şekilde sabitlenmelidir. Winngwall’lar yaklaşık %70 eğimli ve kenarlara doğru minimum 1-2 metre uzatılmalıdır. Barajın temeli toplam yüksekliğin minimum üçte biri genişliğinde olmalı ve potansiyel oyulma çukuru derinliğinden daha aşağıda yapılmalıdır.

Barajın hemen gerisinin doğal yollarla dolması yerine yapay dolgu ile doldurulması, yapı üzerinde oluşacak dinamik yüklemeyi azaltarak daha sağlam bir tasarım kazandırır. Baraj gerisinde dolgunun eğimi yatak eğiminin yarısından az olacak şekilde yapılmalıdır. Geri dolgu yapılmış barajlar genellikle moloz akmalarından olumsuz etkilenmez. Geri dolgu malzemesi taşkın sırası ve sonrasında oyulmaz.



Şekil C 7. Bir beşik duvar kontrol barajının şematik gösterimi ve arazi uygulaması (Şekil kaynak 9; fotoğraf Trafoi'de (İtalya) çekilmiş olup, Santa Barbara, Kaliforniya ABD, "Erosion Control," Forester Communications).



Şekil C 8. Betonarme kontrol barajının (Güney Kaliforniya, ABD) akış yukarisından görünümü (Fotoğraf: Los Angeles County Flood Control District).

Drenaj teknikleri

Yeraltı suyu tek başına belki de heyelanın oluşmasında en önemli etken olabilir. Bu nedenle suyun uygun bir şekilde drene edilmesi şev stabilizasyonu sürecinde mevcut veya potansiyel heyelanlar için en önemli unsurdur. Drenajın etkili olma sebebi kayan kütlelerin ağırlığının azalması ile genel stabilitenin artmasıdır. Drenaj uygulaması yüzey veya yeraltından yapılabilir. Yüzey drenaj çalışmaları tasarım ve yapım maliyetleri açısından daha düşük, stabilite üzerinde olumlu etkisi büyüktür. Potansiyel veya mevcut heyelanlarda önerilmektedirler.

Yüzey drenajının iki amacı, yüzey aşınmasını önleyerek, yüzey de oluşabilecek potansiyel hareketi azaltmak ve suyun sızmasını önleyerek boşluk suyu basınçlarını azaltmaktır. Yeraltı drenajı da etkili olmasına karşılık göreceli olarak daha pahalıdır. Bu nedenle yeraltı drenaj uygulamaları

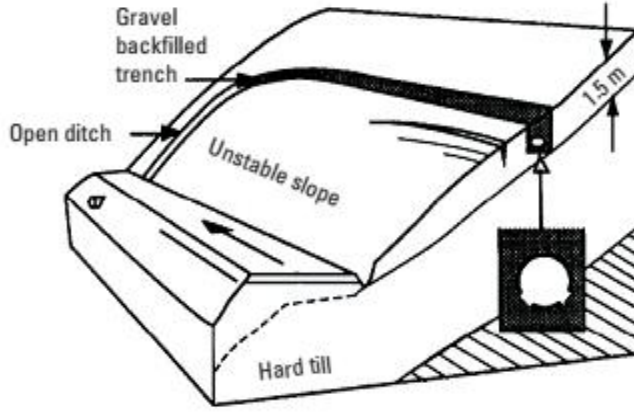
yapılmadan önce yeraltı suyu durumunun heyelana karşı etkisinin net olarak belirlenmesi önemlidir. Farklı drenaj yöntemleri aşağıda verilmiştir.

Arazi tesviyesi

Heyelan yüzey topoğrafyasında düzenleme yapılarak su birikintilerinin oluşması ve yeraltı suyu ile bağlantısı önlenebilir. Yamaçlar üzerinde su birikmesine yol açabilecek engeller ortadan kaldırılmalıdır. Yüzeyde büyük ölçekli çatlak ve yarıklar doldurulup kayan kütle üzerinde düzenleme yapılması, yüzey sularının kayma düzlemi üzerine ulaşmasını zorlaştıracaktır.

Hendek ve drenler

Yüzey drenajı açık kanallar ve sığ yeraltı direnleri şeklinde yapılabilmektedir (Şekil C9). Yüzey drenajı özellikle heyelanın üst bölgesi için önemlidir. Taç kısmı boyunca gerçekleştirilen kanal ve lateral yerleştirilen drenler heyelan çevresinde gerçekleşecek yüzeysel akışların uzaklaştırılması için oldukça etkilidir. Kanal eğimi en az %2 ve hızlı akışları duraysız alandan uzaklaştırabilecek kapasitede olması gerekmektedir. En basit yeraltı dreni, duraysız kütlede oluşturulan lateral kazılar inşa edilebilir. Drenaj kanalları sadece anakaya veya sağlam geçirimsiz birim üzerinde yer alan sığ toprak seviyelerinde ekonomik olur. Drenaj kanallarının yan duvarlarının dökülmesini önlemek amacıyla iri çakıllarla doldurulur. Drenaj boruları kullanıp iri çakıllı malzeme ile üzerinin örtülmesi ile daha gelişmiş bir sistem elde edilebilir.

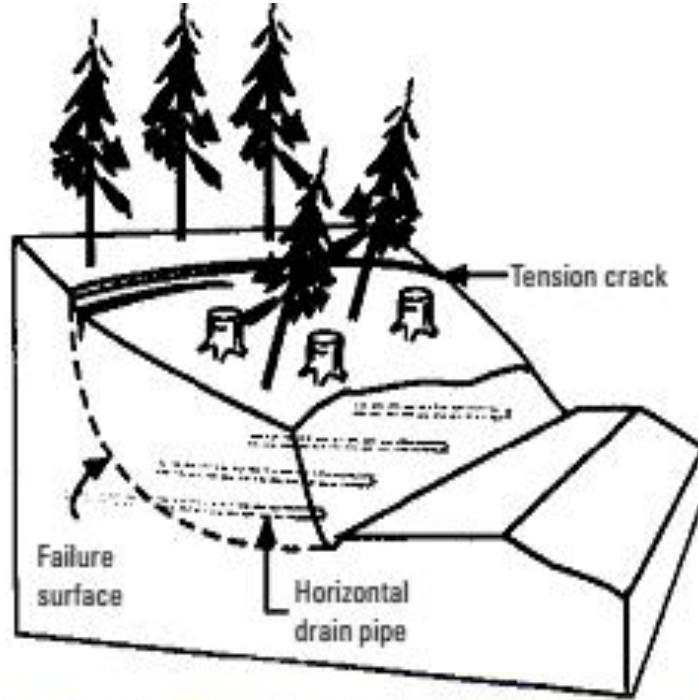


Şekil C 9. Drenaj hendeğinin şematik ve arazi görüntüsü (Şekil kaynak 11, fotoğraf Ulaştırma Bakanlığı, Enerji ve Altyapı Bölümü, Güney Avustralya).

Drenaj boruları

Otoyol inşaatlarında heyelanları önlemek amacıyla yatay drenaj boruları oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil C10). Hareket başlangıcından hemen sonra yerleştirildiklerinde çok daha etkili olurlar. Yeraltı suyunun drenajı çok uzun zaman alacağından dolayı, drenaj boruları sadece usulüne uygun yerleştirildiklerinde ve yenilme düzleminin daha gerisine doğru yerleştirildiklerinde drenaj gerçekleştirerek daha efektif çalışırlar. Şevlerin çoğu birbirinden farklı zemin, hidrolik ve geometrik koşullara sahip olduğundan her bir şeve özel tasarımlar gerçekleştirilmelidir. İstenilen derinliğe kadar sondaj işlemi gerçekleştirildikten sonra, ilk koruma borusu yerleştirilir. Daha sonra koruma borusu içine filtre ile kaplanmış PVC drenaj borusu yerleştirilir. Son olarak koruma borusu çekilerek drenaj borusunun kazı içerisindeki ucu tıkanır. Drenaj delikleri içerisindeki sondaj sırasında kesilen malzemeler ve çamur düzgün bir şekilde temizlenmelidir. Temizlenmemiş deliklerde verim %25'e kadar düşebilir.

Killi zeminlerde, %50 verim ilk yıl içinde gerçekleşmesiyle birlikte, yeraltı suyu tablasındaki nihai değişimin %5 yıl kadar sürebilir. Killi zeminlerde su seviyesi düştüğünde mevsimsel değişiklikler olmakla birlikte çok fazla değişiklik göstermez, drenaj boruları tıkanmadığı sürece yağışlardan dolayı su seviyesinde değişiklik olmaz. Kumlu zeminlerde yeraltı su seviyesi birkaç ay içinde azalma göstermekle birlikte yağışlara bağlı olarak seviye değişimleri olabilir.



Şekil C 10. Drenaj borularının şematik (Kaynak 11) ve arazi görüntüsü (Fotoğraf: Andrew Alden).

Saman çiti ve Saman balyası

Saman balyaları, straw worms, bio-logs, straw noodles, veya straw tubes olarak da isimlendirilmekte, istenmeyen yabancı otlardan arındırılmış sıkıştırılmış, çapları 20-30cm uzunlukları ise 7-9m arasında, silindir şekilde imal edilmektedirler. (Şekil C11). Balyalar hint keneviri, naylon ve gün ışığında parçalanabilen diğer file tipi malzemelerin içine yerleştirilmekte olup, ortalama ağırlıkları 16 kg'dır. Sığ çukurların içine şevle aynı doğrultuda şu akışını kesecek şekilde yerleştirilirler. %7 eğime kadar olan yamaçlara yerleştirildiklerinde 1 veya 2 yıl etkili olmalarına rağmen %50 eğime kadar olan yamaçlara etkileri büyük ölçüde azalır. Toprak seviyesi sığ olmakla birlikte 20 cm 'den az olmamalıdır. Silindirik saman balyaları pürüzlü bir yüzey yaratarak toprağın içine doğru su sızıntılarını artırır, erozyonu azaltır, şevde uzun dönem erozyon kontrolünü sağlayacak kalıcı bitkiler yetişene kadar şev yüzeyine koruma sağlar. Klasik saman balyaları ise dünyanın her yerinde kolayca temin edilerek şev yüzey erozyonu ve drenaj kontrolü için modüler olarak uygulanabilir (Şekil C12).



Şekil C 11. Yol kenarında kullanılan silindirik saman balyaları, sedimanların birikip, yerinde kalması ile tohumları yerinde tutarak ve çimlenmesini sağlayarak, yeni bitki örtüsü gelişim sürecine yardımcı olurlar (Fotoğraf: Lynn Highland, USGS).



Şekil C 12. Saman balyaları da benzer uygulamalar için kullanılmakta ve kolay temin edilmektedir. Balya boyutu fotoğrafın sağ ortasındaki balya yığımında görülebilir (Fotoğraf: New Mexico, ABD, New Mexico Department of Mining, Minerals, and Natural Resources.).

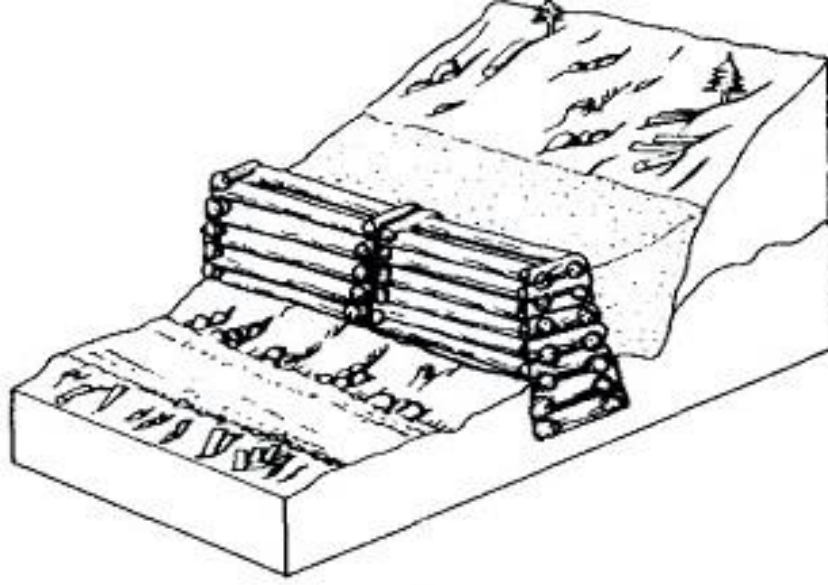
İstinat duvarları

Bütün istinat duvarlarının arkasında, yapının yenilmesine yol açabilecek, çok yüksek boşluk suyu basınçları oluşabileceğinden dolayı, uygun drenaj sisteminin yapılması gereklidir. Drenaj sistemi en kolay şekilde uygunsa temel zemininden de çıkan iri taneli malzeme ile yapı arkasına geri dolgu yapılmasıyla sağlanabilir.

Kereste beşik (domuzdamı)

Kereste beşik duvar tomrukların birbirine kenetlenmesiyle kutu şeklinde inşa edilir ve arkasına iri agregalar ile geri dolgu yapılır (Şekil C13). Kritik kayma düzlemini kesecek şekilde yerleştirilerek, potansiyel makaslama gerilmelerini kritik olmayan derinliğe aktararak işlevini gerçekleştirirler. Yapı tabanda (1) makaslama, (2) devrilme ve (3) kaymaya dayanacak şekilde yapılmalıdır. Bu nedenle kritik yenilme düzleminin altında uygun bir derinliğe sağlam bir şekilde inşa edilmelidir. Beşik duvarlar dengede tutulması gereken malzeme hacminin göreceli olarak az olduğu durumda etkilidirler. En işlevsel oldukları durum, zayıf dayanımlı ince bir zemin tabakasının altında daha sağlam bir zemin seviyesinin olduğu durumdur. Kereste beşik duvarın hacmi en az dengede tutacağı zemin hacminin %10-15'i kadar olmalıdır. Bu kadar küçük hacimli bir yapının yaratacağı karşı ağırlık topuk desteği için çok az olacağından kaymaya karşı direnç kerestenin malzemesinin dayanımı ile sağlanır.

Not: 3 metreden daha yüksek veya karmaşık temel zemini bulunduğu durumda inşaat mühendisine danışılması gerekir.

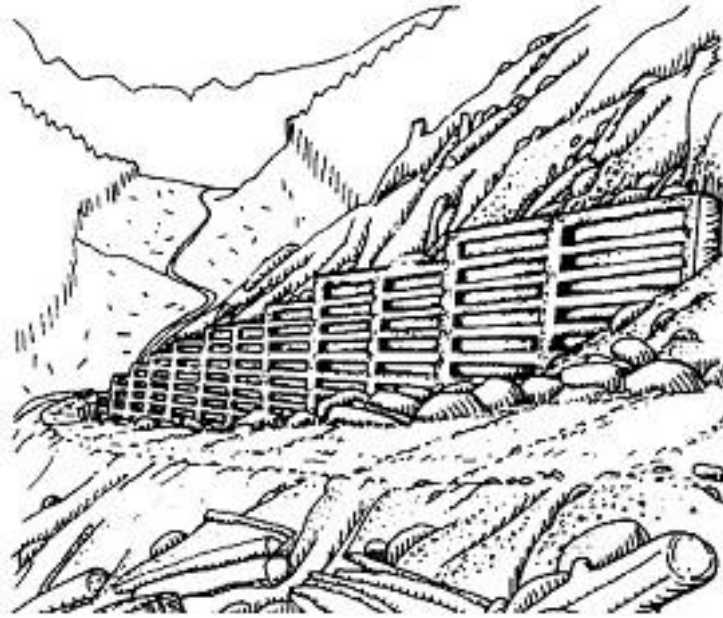


Şekil C 13. Keresteden yapılmış istinat duvarın şematik ve arazi görüntüsü (Şekil; Kaynak 11, Fotoğraf; PHI Grup, UK, izniyle).

Çelik sandık duvar

Çelik sandık duvar, paslanmaya dayanımlı galvanizli çelik malzemenin birbirine kutu şeklinde monte edilerek, daha sonra içinin toprak malzeme ile doldurulması sonucu inşa edilirler (Şekil C14). Duvarın stabilitesi kendi ağırlığı tarafından birazda önündeki toprak seviyesi tarafından sağlanır. Kütle ağırlığı çelikten değil de içindeki toprak dolgu malzemesinden kaynaklandığından temel zemini hazırlanırken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Geniş duvarlar ayrı ayrı yük ve temel gereksinimleri hesaplanarak tasarlanmalıdır. Yapı ve inşaat mühendisliği tasarım çizelgelerinden, tipik yükleme koşulları için kiriş (yatay eleman) özellikleri ve yükseklik-genişlik

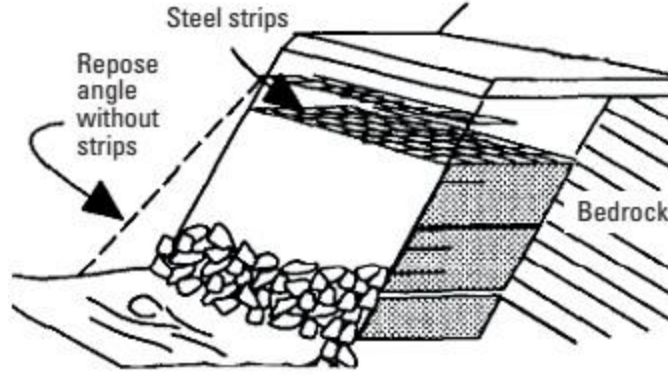
oranları belirlenir. Duvarların genişliği 2 ile 5 m, yüksekliği ise genişliğin yarısı ile beşte üçü arasında değişir. Daha fazla makaslama direnci sağlamak için, duvarın ayağına 0,5 ila 1,0 metre ilave yapılarak tesviye edilen seviyenin altına oturtulabilir, ancak yapı korozyona uğraması durumunda veya başka türlü yerinden çıkmaması için, ilave ayak desteğine dayandırılmamalıdır. Duvar 1Y:6D eğimde inşa edilirse güvenlik katsayısı artar. Dolgu malzemesi tercihen 20 cm kalınlığında tabakalar halinde sıkıştırılmalı ve drenaj iyi olmalıdır. Duvarın arkasındaki dolgu malzemesi de iyi drene olmalı ve orta derecede sıkıştırılmalıdır.



Şekil C 14. Çelik kutu duvarın şematik ve arazi görüntüsü (Şekil Kaynak 11'den).

Donatılı toprak duvar

Donatılı toprak duvar, çok yüksek veya dik açılarda, dolgu yüzeyinde destekleme elemanları kullanmadan dolgular oluşturulmasını sağlayan patentli bir sistemdir (Şekil C15). Sistem, yüksek dayanımlı kompozit bir toprak metal sistemi oluşturmak için dolgu içerisine yatay esnek metal şeritler yerleştirilir.



Şekil C 15. Güçlendirilmiş toprak dolgu duvarın şematik ve arazi görüntüsü (Şekil Kaynak 11'den).

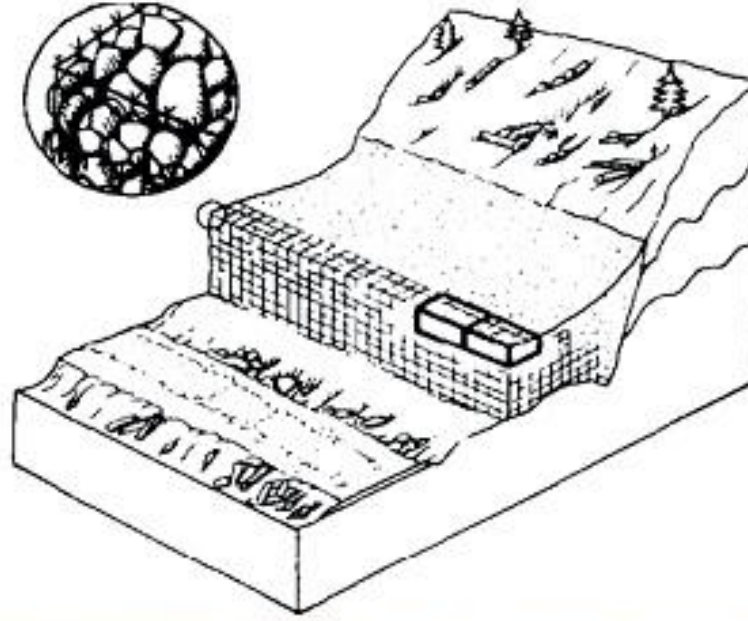
Gabyon duvar

Gabyon duvarlar tel örgüden yapılan içi 10-20 cm boyutlarında kaya parçaları ile doldurulan kutular şeklindedir (Şekil C16). Gabyonlar üst üste istiflenerek istinat duvarı inşa edilebilir.

Gabyon duvarlar genellikle ucuz, basit ve yapımı kolaydır. Esnek yapıları nedeniyle, temeldeki hareketlere karşı dirençli ve karmaşık temel kazısı ihtiyacı gerektirmezler. İri kaya dolgulu olduklarından dolayı çok geçirgen olup mükemmel drenaj sağlarlar.

Gabyon duvarlar tekil gabyon sıraları arasındaki sürtünme ile en alt sıra ve altındaki toprak arasındaki sürtünme çok yüksek olmasından dolayı iyi performans gösterirler. Yenilme gerçekleştiğinde kendi başına temel zeminini oluştururlar. 2,5 metre (8 fit) yüksekliğe kadar üç tabakalı duvarlar, genellikle ayrıntılı bir mühendislik hesaplamasına ihtiyaç duyulmadan yapılabilir. Daha yüksek duvarlar, ilave kütlelerinin ve gerekli daha büyük taban temellerine ihtiyaç duyulacağından dolayı çok ağırdır.

Killi zeminler üzerine inşa edilen gabyon duvarlar, duvarın önünden kayma dairesinin ötesine uzanan gabyon başlıkları olarak yapılabilecek karşı destek gerektirebilir. Karşı destekler hem yapısal hem de drenaj görevi sağlar. Değişik yamaç eğimi ve duvar yüksekliklerine göre tasarım çizelgeleri bulunmaktadır.



Şekil C 16. Gabyon duvarın şematik ve araziden görünümü (Şekil Kaynak 11'den) (Fotoğraf: Pocono Dağları, Pensilvanya, ABD, Lynn Highland (USGS)).

Kazık (Fore kazık)

Geniş çaplı kazılar şev topuğunda sık aralıklı olarak düşey duvar olacak şekilde konumlandırılabilirler (Şekil C17). Kazık duvarlar normal olarak kazı öncesi destek sistemi olarak kullanılmakta ve şev kazısı duvarın hemen önünde gerçekleştirilir. Otoyol inşaatlarında geniş çaplı beton kazık veya kazık duvarlar başarılı bir şekilde kullanımlarına rağmen daha küçük çaplı ahşap ve çelik kazıklar kullanılamaz. Ahşap kazıklar, çoğu zemin ve kaya malzemesinin hareketine karşı

yeterince makaslama dayanımı gösteremezler. Sadece küçük hacimli zemin hareketlerini önlemeye karşı etkili olabilirler.

Kazıklar potansiyel yenilme düzlemi altına kadar uzanmalı ve alttaki zemine sıkıca tutturulmalıdır. Ortalama olarak, her 50 m³'lük zemin için bir ahşap kazık gerekli olduğundan, büyük ölçekli stabilizasyon projeleri için yetersizdirler. Çok az sayıda kazık kullanıldığında zemin kütlelerinin hareketi sonucu devrilme ve/veya kırılma oluşabilir veya kazıkların arasından hareket gerçekleşebilir.

Ahşap kazıkların kullanımındaki en büyük sınırlama, yenilme düzleminin kazık boyunun altında kaldığı durumlarda, derinlikten kaynaklanmaktadır. Ahşap kazıkların en iyi uygulandığı alanlar sıg toprak yenilmelerinin altında duraylı sağlam zeminlerin olduğu koşullardır. Kazıklar potansiyel yenilme düzlemi altına kadar uzanmalı ve alttaki zemine sıkıca yerleştirilmelidir. Eğer yerleştirme derinliği, kazığın konsol sistemi gibi harekete karşı koyacak şekilde çalışmasına yeterli gelmiyorsa ilave ankraj sistemleri ile kazıklar geriye doğru tutturulmalıdır.



Şekil C 17. Beton fore kazık duvar (Brighton, Melbourne, Avustralya). Kazıkların önündeki demir hasır, püskürtme betonu uygulaması için yapılmıştır. (Fotoğraf: Basement Construction Services, Victoria, Avustralya, izniyle).

Bitkilendirme ile şev stabilizasyonu

Çim ve bitki tohumları kullanılması yüzey erozyonunu azaltmakla birlikte belirli koşullar altında heyelanlara da neden olabilmektedir. Çalı türleri ise daha güçlü kök sistemlerine sahip bir bitkisel örtü oluşturduğu için şev stabilitesini artırmaktadır. Eğer kontrol edilmezse yüzey erozyonu ve küçük sığ heyelanlar, kontrol edilemeyecek derecede büyük problemlere yol açabilir. Büyük ölçekli erozyon olaylarını kontrol ve ıslah etmek için mühendislik teknikleri uygulanmalıdır. “Biyomühendislik” ve “biyoteknik yöntemler ile şevlerin korunması” terimleri şev yenilmeleri ve yüzey erozyonunu önlemek ve sınırlamak amacıyla bitkilerin kullanılmasını ifade etmek için kullanılmaktadır. Biyomühendislik detaylı olarak Bölüm III’te tartışılmıştır.

Yeniden bitkilendirme programının başarılı bir şekilde uygulanması için planlama yapılması gereklidir. Tohumlar uygulanmadan önce o bölgede deneyime sahip bir kişiye danışılarak tavsiyeler alınmalıdır. Uygulanacak projelerin başarılı veya başarısız olup olmayacağına dair yerel kaynaklardan alınacak bilgi çok değerlidir. Tohum ekimi bozulma başladıktan hemen sonra, kuraklık ve dona maruz kalma dönemlerinden en az altı hafta önce başlamalıdır. Tohumlama çalışmasından önce şevi mümkün olduğunca duraylı hale getirecek bir yamaç eğimi düzenlemesi, ileride oluşacak erozyon ve yenilme olaylarına karşı şevi dirençli hale getirmede yararlı olacaktır. Yüzey drenajının kontrol edilmesi, şevdeki düzensizliklerin giderilmesi, şev açılarının düşürülmesi ve basamaklandırma çalışmalarının tamamı tohumlama çalışmalarından önce yapılmalıdır. Kuru tohumlama ve hidrolik veya hidrotolumlama (hydroseeding) olmak üzere iki temel tohum ekme tipi bulunmaktadır.

Kuru tohumlama: Kuru tohumlama döner disk ve hava üfleli ekim makineleri ile yapılır. Bu yöntemler hidrolik tohum ekim yöntemine göre daha az maliyetli olmasına karşın sadece düşük eğimli yamaçlarda ve pürüzlü toprak yüzeylerinde kullanılabilirler. Döner diskli sistemde tohum ve gübreler merkez kaç kuvveti ile toprağa saçılırlar. En basiti, taşınabilir siklon tipi ekim makinesidir. Hava üfleli ekim makinaları tohum ve gübreleri 5-8 m arasındaki uzaklığa kadar atabilir. Ekipman, motorlu taşıtlar üzerine monte edilebilir.

Hidrolik tohumlama veya hidrotolumlama: Bu tohumlama türünde tohumlar içinde gübre, bağlayıcı zemin ve/veya malç içeren sulu karışımlar ile uygulanır (*malç (örtüleme) toprağın üzerini örtmekte kullanılan doğal veya sentetik malzemeler*). Sistemde, mekanik hidrolik çalkalama ve hacimsel/yığınsal pompalama kapasitesine sahip bir karıştırma tankı bulunur.

Hidrolik tohumlama, tohumların şeve tutturulmasının gerekli olduğu 1:1 ve daha dik eğimli yamaçlarda etkili bir şekilde uygulanabilir.

Tohum çeşitleri

Erozyon kontrolü amacıyla iki ile beş türün kombinasyonundan oluşan çim ve bitki karışımı kullanılmaktadır. Tohumların uygunluğu zeminin cinsi, iklim koşulları, tohum türlerinin uyumluluğuna ve yeniden yetişmesine bağlıdır. Yerel koşulların değişmesinden dolayı tek bir tohum veya bitki türü önerilemez. Bitki türleri bölgeden bölgeye değişebilir ve en iyisi yerel yetiştirme koşullarını bilen kişilere danışmaktır.

Malçlama (örtüleme)

Malç yüzey erozyonunu önlemek ve toprağın su içeriğinin korunması amacıyla toprağın üzerinin değişik malzemeler kaplanmasıdır. Çeşitli malç türleri olarak saman, çim lifleri, ağaç lifleri, deniz yosunu veya kağıt ürünleri kullanılabilir.

Biyoteknik yöntemler ile şevlerin korunması

Bu tip şev koruma çalışmaları heyelan zarar azaltma önlemlerinin çevresel sonuçlarını azaltmak için kullanılmaktadır. Heyelan iyileştirme veya önleme çalışmaları için çelik veya betondan yapılmış konvensiyonel dayanma yapıları genellikle görsel olarak hoş veya çevre dostu değildirler. Bu geleneksel ağır iyileştirme önlemleri yerine giderek daha çevre dostu olan bitkilendirilmiş kompozit toprak/yapı kütleleri kullanılmaktadır. Bu süreçler günümüzde biyoteknik şev korunması olarak tanımlanmaya başlanmıştır.

Erozyonu önlemek ve heyelanların etkisini azaltmak amacıyla, zemini stabilize etmek için bitkilerin kullanılması konusunda araştırmalar yapılmıştır. Bu konuda en umut veren bitki türlerinden biri, çok değişik çevrelerde yamaçları erozyona karşı stabilize etmek için çok iyi bir bitki türü olan güve otudur. Bu bitkinin coğrafi olarak uygun olduğu bölgeler ve kullanım alanları ile ilgili daha fazla bilgi, için EK-C'ye bakınız.

Biyoteknik şev korunması **biyoteknik stabilizasyon** ve **zemin biyomühendisliği ile stabilizasyon** olarak iki alt bölümü içermektedir. Her iki teknikte canlı malzemeleri kullanır, özellikle biyoteknik bitkilerle stabilizasyon tekniğinde erozyon ve şev yenilmelerini kontrol ve önleme çalışmalarında mekanik yapılar ile biyolojik elemanlar birlikte kullanılır. Mekanik ve biyolojik elemanlar birbirini tamamlayacak şekilde birlikte çalışması gerekir. Öte yandan, zemin biyomühendisliği ile stabilizasyonda, canlı bitkilerin kökleri, gövdeleri ve dalları gibi parçalar şev koruma sistemi

içerisinde ana yapı/mekanik elemanlar gibi çalıştığından, biyoteknik stabilizasyonun bir alt grubu olarak kabul edilebilir. Biyoteknik şev koruma sistemleri doğal peyzaja uyum göstermektedir. Bu sistemler, çelik ve beton gibi fabrikasyon malzemelerin yerine lokal olarak temin edilebilen toprak, kaya, kereste ve bitki örtüsü gibi doğal malzemelerin kullanımı ile gerçekleştirilir. Yapısal ve mekanik bileşenler, geleneksel dayanma yapıları gibi doğal çevrenin görselliğini bozmazlar. Yaygın olarak yapının içine bitki örtüsünün dahil edildiği, biyoteknik bitki örtüsü yapılarına kütük ve kereste kafesler/sandıklar (cribs), gabyon ve kuru taş duvar (rock brest wall), tel örgü duvarlar (welded wire) ve güçlendirilmiş toprak dolgular örnek verilebilir. Çekme gerilmelerine karşı güçlendirmeler yapılması durumunda, biyomühendislik prensipleri kullanılarak 70 dereceye varan dik dolgulu şevler inşa etmek mümkün olmaktadır. Farklı biyomühendislik stabilizasyon yöntemleri hakkında genel kılavuz ve daha ayrıntılı bilgi için 30 nolu referansa bakınız.

Daha önce belirtildiği gibi, biyomühendislikte genel olarak bitki gövdeleri veya dalları, kaya, toprak ve odun gibi doğal malzemeler kullanılmaktadır. Biyomühendislik için uygun bitki türleri olarak söğüt, kızılâğaç ve diğer kolay yayılım gösteren türler yerel kaynaklardan temin edilebilir. Ek olarak, zemin biyomühendislik sistemleri inşaat süreçleri boyunca ekipman ve işçilik açısından kolay ulaşılabilir olduğundan ve nispeten küçük müdahaleler ile gerçekleştirildiğinden çevre ile uyumludur. Zaman içinde biyomühendislik sistemler doğal çevreye uyum sağlayarak çevre görselliğini bozmaz. Bu durum, parklar, nehir kıyıları ve doğal yürüyüş koridorları gibi estetik kalitenin, yaban hayatının ve ekolojik restorasyonun önemli olduğu çevreye duyarlı alanlar için uygun bir özelliktir. Biyomühendislik yapılarında kullanılan ağaç türleri yaşlandıkça, daha duraylı hale gelerek ve nihayetinde orman türlerinin uzun vadeli kolonileşmelerine ve doğal ardışıklığına yardımcı olmaları gibi ek avantajlar da sağlamaktadır. Çoğu biyomühendislik stabilizasyon uygulamalarında bitki türü olarak o bölgeye ait doğal otlar, çalı ve ağaçlar kullanılmaktadır. Söğüt ağacı dünyanın birçok yerinde çok başarılı sonuçlar vermiştir. Hızlı büyümesi ve derin kök yapısına sahip olması açısından, tropik ve subtropik bölgelerde stabilizasyon için güve otu ile yapılan çitler çok kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte eğer egzotik bitki ve ağaç türlerinin kullanılması durumunda, bunların doğal bitki örtüsü ile meydana getireceği uyuşmazlıklardan dolayı tehlikeli bir durum oluşabilir.

Güve otu ile ilgili ayrıntılı bilgi için <http://www.vetiver.org> sitesine bakmanız önerilir.



Şekil C 18. Yerleşim alanlarında ve yol şevlerinin stabilizasyonunda oyuntu kontrolü sağlamak amacıyla Kongo Demokratik Cumhuriyeti'nde güve otundan yapılmış çim sistemi kullanılmaktadır. Bu tür oyuntular bu bölgede ve Batı Afrika ülkelerinde (üst fotoğraf) büyük bir problemdir; üstteki fotoğraftaki şen güve otu dikimi yapılarak drenaj koşulları iyileştirilmiştir (orta fotoğraf), alttaki fotoğraf güve otlarının dikildikten üç ay sonraki halidir.

Ayrıntılı şev stabilitesi değerlendirmeleri normalde jeoteknik mühendisleri ve mühendislik jeolojisi uzmanları tarafından gerçekleştirilirken, biyomühendislik stabilizasyon tekniği uygulamalarında göz önünde bulundurulması gereken bitki örtüsü, zemin ve yapılar arasındaki etkileşimler belki de toprak bilimciler, ziraat ve orman mühendisliği ile hidroloji uzmanları

tarafından daha iyi anlaşılabilir. Bu nedenle, şev stabilizasyonunda biyomühendislik yaklaşımları için jeoteknik ve bitki bilimi disiplinlerinin aynı anda birlikte iş birliği yapmaları gerekir.

Bu konuda dünyanın farklı bölgelerinde biyomühendislik uygulamalarının ne kadar etkili kullanıldığı hakkında çeşitli yayınlar bulunmaktadır. Güve otu hakkında iyi bir başlangıç olarak, “Vetiver Grass: A Thin Green Line Against Erosion.” kitabı bulunmaktadır. Bu kitabın ayrıntılı bilgisi referans 22’de verilmiştir. (Aynı zamanda 47 nolu referansa da bakınız.)



Şekil C 19. Aktif güve otu çim programlarının dünya çapında mekansal dağılımı ((<http://www.vetiver.org>)).

Güve otu hakkında ilave notlar: Gelişmekte olan ülkeler için, erozyon ve heyelanlar ele alınması gereken en zarar verici doğal süreçler arasındadır. Erozyonla mücadelede yaygın olarak uygulanabilen, pahalı olmayan, uzun ömürlü ve cazip uygulamalar olarak çok az şey başarılmıştır. Tropikal bir bitki olan, güve otu, erozyona karşı pahalı olmayan pratik bir çözüm sunar. Eğimli arazilerde kontur hatları boyunca dikilen güve otu ile hızlı bir şekilde dar fakat çok yoğun bir çit oluşturulabilir. Sık yaprakları ile toprak ve moloz geçişini engeller. Bu derin köklü kalıcı ot Fiji, Hindistan ve bazı Karayip ülkelerinde erozyona duyarlı zeminlere karşı onlarca yıldır başarılı bir şekilde kontrol sağlamıştır. Şekil C18’deki fotoğrafta Kongo Demokratik Cumhuriyeti’nde uygulanan bir güve otu projesinde, yol ve oyuntulara karşı stabilizasyonun nasıl yapıldığını göstermektedir. Proje çeşitli devlet kurumları tarafından desteklenmiştir. Bu konuda daha fazla bilgi bu bölümün sonunda referanslarda, Güve otu web sitesinde verilmiştir.

Bölüm C2. Kaya şevlerin iyileştirilmesi / zarar azaltma

Kaya düşmesi yumruk büyüklüğünde kaya bloğundan, geniş dik bir şev kesitine kadar değişen kaya kütlelerinin boyut ve şekline bağlı olarak yuvarlanma ve sıçrama hareketleri ile kopma noktasından çok uzak mesafelere kadar uzanan yamaç aşağı hareketlerdir. Deniz kenarındaki falezler, park ve açık alanlar gibi rekreasyon alanları kaya düşmelerinden etkilenmekte ve insanlar sıklıkla bu tür tehlikelere maruz kalmaktadır. Uçurum kenarlarında ve kaya şevlerinin kenarlarına çok yaklaşan insanlar zaten zayıf asılı halde bulunan kaya çıkıntılarında baskı uygulayarak, aşağıda bulunan insanların üzerine kaya düşmesine veya kenarlarda meydana gelen kopmalar ile yaralanmalarına neden olabilirler. Kaya tırmanışı, kamp, yürüyüş yapan veya uçurum kenarlarında, kaya yüzeylerinde çalışan insanlar çoğu kez herhangi bir uyarı olmaksızın tehlike ile karşılaşmaktadırlar. Kaya düşmelerinin etkilerini azaltmaya yardımcı olmak amacıyla çeşitli mühendislik teknikleri uygulanmakta olup bunlardan bazıları bu bölümde tartışılmıştır. Bazı durumlarda birden fazla mühendislik uygulamalarının bir arada kullanılması ile en iyi çözüme ulaşılmaktadır. Kaya düşme tehlikesinin olduğu bir alanda farklı iyileştirme çalışmalarının bir arada kullanıldığını gösteren örnek bir çalışma şekil C20’de verilmiştir.



Şekil C 20. Kuzey Galler otoyolu, Pen-y-Clip tüneli girişinde, kaya düşmesine karşı alınan önlemlere ilişkin olarak beton istinat duvarı, gabyon duvar (her ikisi de fotoğrafın üst kesiminde), kontrol çiti, kaya bloğu ile iyileştirme ve destekleme (Fotoğraf: Dave Giles, Engineering Geology Consultancy Group, University of Portsmouth, United Kingdom).

Güvenli yakalama/tutma teknikleri

Yakalama hendekleri

Kaya düşmeleri için geniş yakalama hendekleri oldukça etkilidir, ancak hendeklerin şev geometrisi dikkate alınarak tasarlanması gerektiğinden teknik özellikler için en iyisi bir uzmana danışmaktır. Yakalama hendeğinin tabanı düşen kayaların sıçramasını veya parçalanıp saçılmasını önlemek amacıyla gevşek zemin dolgusu ile kaplanmalıdır. Eğer belirtildiği kadar geniş bir hendek inşa etmek için yeterli alan yoksa, etek kenarları boyunca gabyon veya kaya duvarları ile daha küçük hendeklerin bir kombinasyonu kullanılabilir.

Halat, hasır, çit/bariyer ve kaya perdeleri

Halat bağlama ve çelik hasırlar bir yolu veya geçidi kaya düşmesinden korumak için basit, düşük maliyetli yöntemlerdir. Büyük duraysız bloklar için, metal halatlar blokların etrafına sarılarak yamaca tutturulur/sabitlenir. Çok çatlaklı/eklemlili kayaların tekil halatlar ile kontrol edilmesinin mümkün olmadığı durumlarda, çelik ağlar kullanılır. 0,75 metreden küçük boyutlu kayaların düşmesini önlemek için tel örgüler (dar aralıklı iç içe geçmiş teller) kullanılabilir. (Hasır örgü örnek uygulaması için şekil C21'e bakınız). Standart ağ çift sargılı tel örgü veya büyük metal zincir bağlantılıdır. Ağ, düzgün bir kaya yüzeyi üzerine gevşek bir şekilde serilir veya kaya saptamaları ile tutturulur. Şev yüzeyinin düzensiz olduğu durumlarda ise ağın kaya ile yakın temas edemediği bir yere sıkıca sabitlenir. Ağın kaya yüzeyine saptamalarla tutturulması kayaların sökülmesini önleyebilir ve yamacın veya kaya yüzeyinin genel duraylılığını artırır.

Çelik halat ve tel örgülerden yapılan yakalama ağları oyuntu ve yamaçların aşağısına düşen kayaları yakalama amacıyla inşa edilirler. Emniyetli bir şekilde çelik halatlarla tutturulduğunda, ağlar esnek bir bariyer görevi görerek düşen kayanın enerjisini söndürülendirerek, 1m çapa ulaşan kaya bloklarını durdurabilir. Ayrıca, yakalama ağları, yol kenarında yakalama hendekleriyle birlikte kullanılabilir.

Şekil C22'de gösterilene benzer, kaya tutma bariyerlerinin inşası oldukça kolaydır. Bu tip bariyerler küçük kaya parçalarının yola ulaşmasını engellemelerine rağmen bariyeri üstten sıçrayarak aşan kaya parçalarında etkili olamazlar. Şekil C 23'tekine benzer kaya perdeleri, kayaları yakalama hendeği veya başka bir yakalama yapısına doğru yönlendirerek, karayoluna veya aşağıdaki diğer yapılara doğru olan kaya sıçramalarını engellemekte daha etkilidir.



Şekil C 21. Düşen kayaları tutması için bir kaya şevine uygulanmış tel örgü kaplama örneği.



Şekil C 22. Yol kenarlarında uygulanan koruyucu kaya bariyeri, Pensilvanya, ABD (A), Kaliforniya ABD (B). (Foto A: Lynn, Highland USGS, Foto B: Federal Karoyolu İdaresi, ABD).



Şekil C 23. Kaya düşmesine karşı tel örgü kaya perdesi örneği (Foto, Doug Hansen, High Angle Technologies, Inc).

İstinat duvarları

İstinat duvarları, kaya düşmesinden kaynaklanan döküntüleri belirli bir alandan uzak tutmak amacıyla zemin yamaç stabilizasyon tekniğinde tanımlananlara benzer şekilde işlev gösterebilir. Kaya bariyerlerine benzer olup çoğu durumda daha sağlam ve daha güçlüdürler. İstinat duvarları çelik, beton, kereste veya diğer malzemelerden yapılabilmekte ancak kaya düşmeleri sonucu devrilmemesi için uygun şekilde zemine bağlanmalıdır.

Kaya sundurmaları Sheds/shelters

Kaya sundurmaları, karayolu, demiryolu ve bazen de yapıların üzerindeki bir bölgeyi kaya düşmesi ve kaya çığlarından korumak için inşa edilmektedirler. Sundurma yapıları açık uçlu veya kaya düşmesi alanını beton veya çelik (veya başka bir malzeme) yapılarla tamamen kaplanması ile kaya düşmelerini karayolu, demiryolu veya yapılardan uzaklaştırır. Şekil C24-C27’de kaya sundurma örnekleri verilmiştir.

Kaya çıkıntılarının güçlendirilmesi

Bu tür yapılar yaygın olarak kullanılmaz, çünkü sadece özel durumlar için işlevseldir ve dikkatli tasarlanmalı ve yapısal olarak güçlü olmalıdırlar. Örnek için Şekil C27’ye bakınız.



Şekil C 24. Pitquah kaya sundurmaları (rock sheds), Sundurmalar demiryolunun belirli bölümlerini çevreleyerek kaya düşmesi ve kaya çığlarından yapıyı korumaktadır (Foto: John Carter, www.trainet.org).



Şekil C 25. Yeni Zelanda'da bir açık kaya sundurması örneği (Fotoğraf Richard Wright'ın izniyle).



Şekil C 26. Montenyard (Fransa) bölgesinde yapılmış bir kaya çığı sundurma yapısı. Sundurmanın uzunluğu kısa olduğundan yapının sağ tarafında yol moloz akmalarından zarar görmüştür (Fotoğraf: Dave Giles, Jeoloji Danışmanlık Grubu, Portsmouth Üniversitesi, Birleşik Krallık).



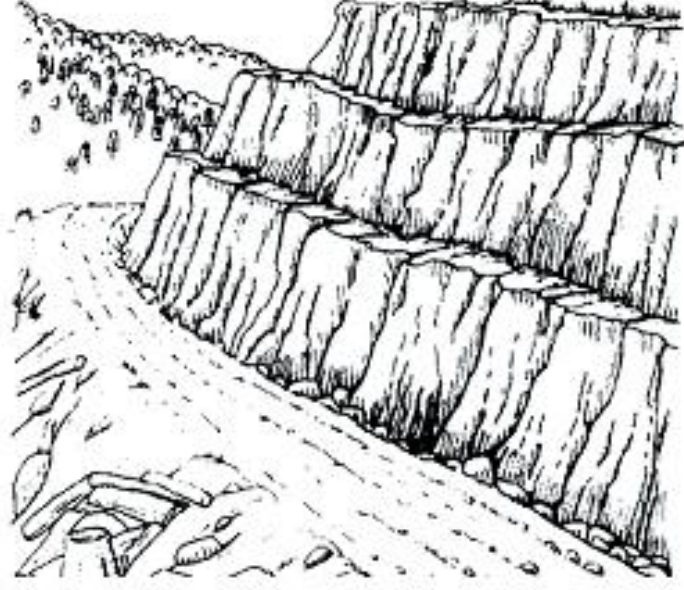
Şekil C 27Chapmans Peak Drive (Cape Town, Güney Afrika)'da güçlendirilmiş bir kaya çıkıntısı örneği (Fotoğraf: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Chapmans_peak_dr.jpg.)

Kaya kazıları

Basamaklandırma

Kaya yüzeyinde yapılan yatay basamak kazıları, kaya düşmesine karşı en etkili koruma yöntemleri arasındadır. Basamaklar kaya düşmesini engellemenin yanı sıra, kaya yüzeyindeki çekme kuvvetlerini ve yüzey erozyonunu azaltır. Aynı zamanda kaya düşme sıklığını da azaltmakla birlikte, potansiyel derin kaya yenilmelerine karşı etkisi çok az veya hiç yoktur.

Basamak şevleri düşen kayaların basamaklarda kalması açısından genel şev açısından daha dik inşa edilebilirler (Şekil C28). Açılma çatlakları, tehlikeli kaya çıkıntıları ve aşırı kaya düşmelerine karşı dik basamak şevlerinden kaçınılmalıdır. Basamak yüzeyleri, zayıf kaya kütleleri seviyeleri, çok eklemlili kaya zonları ve su içeren seviyelerin tabanında sonlandırılmalıdır. Basamak genişliklerinin minimum 4 m olması ve yüzey sularının şevden uzaklaştırılması için tüm basamaklarda drenaj hendeklerinin yapılması önerilir.



Şekil C 28. Tuscon maden sahasında (Arizona, ABD) kaya şev basamaklarının şematik ve arazi görünümü (Şekil kaynak 11'den, Fotoğraf: Setve Dutch, Wisconsin Üniversitesi, ABD).

Düzenleme ve sıyırma

Trafiği ve (veya) yayaları tehlikeye sokabilecek gevşek, duraysız ve (veya) asılı kaya blokları, uzaklaştırılmalı veya tıraşlanarak düzenlenmelidir. Uzaklaştırma işlemi, elde taşınır levyeler ve küçük patlayıcılar kullanılarak gevşek blokların kaldırılmasıdır. Tıraşlama işlemi ise potansiyel tehlike arz eden veya asılı halde bulunan kayalar uzaklaştırıldıktan sonra sondaj yapılması ve içine hafif patlayıcılar yerleştirilmesi ile gerçekleştirilir. Kontrollü patlatma yapılarak uzaklaştırma ve tıraşlama işlemleri azaltılabilir, ancak patlatma işlemi her zaman uygun olmayabilir. Asılı kayalar uzaklaştırılır veya şev yüzeyinin duraylı olacağı bölgeye kadar geriye doğru tıraşlanır. Uzaklaştırma işlemleri genellikle levye, kriko ve patlayıcı kullanarak iple veya diğer türlü bir bağlantı elemanı aracılığıyla emniyete alınmış çalışanlar tarafından gerçekleştirilir. Bu işlemler zaman alıcı ve pahalı olabilir (bazen tehlikeli olabilir) ve aktif yamaçlarda birkaç yılda bir veya gerektiğinde tekrarlanması gerekebilir. Uzaklaştırma işlemi oldukça yetenek gerektiren ve tehlikeli bir iştir. Bu nedenle bu işi yapacak ekipler iyi eğitilmeli ve uzmanlar tarafından yapılmalıdır.

C29 ve C30 nolu fotoğraflarda kaya uzaklaştırma ve tıraşlama işlemleri gösterilmiştir.



Şekil C 29. Şev düzenleme ve patlatma çalışmalarını sonucu düşürülen kayalar (Fotoğraf: Washington Department of Transportation, ABD).



Şekil C 30. Patlatma tekniğine alternatif olarak, bir hidrolik kaya kırıcısı ile şev düzenlenmesi (Fotoğraf: Washington Department of Transportation, ABD).

Potansiyel kaya düşme alanlarının güçlendirilmesi

Püskürtme betonu ve Gunit

Püskürtme betonu ve gunit havalı püskürme ile doğrudan duraysız kaya yüzeyine uygulanan beton tipleridir. Püskürtme betonu, beton veya harcın kuru veya ıslak karışım olarak püskürtülmesini tanımlamak için kullanılan genel terimdir. Gunit, sadece kuru çimento esaslı karışımın püskürtüldüğü ve uygulamadan hemen önce suyun enjekte edildiği kuru karışım işlemini belirtir. Kaya blokları arasını güçlendirmek, ayrışmayı azaltmak ve yüzeyi düzenlemek amacıyla yaygın olarak kullanılan hızlı ve nispeten karmaşık olmayan bir yöntemdir. Püskürtme betonu ise 2cm boyuta kadar agrega içermekte olup, gunitten daha yaygın olarak kullanılır. Her iki tipte havalı

püskürtme ile hızlı bir şekilde uygulanarak kısa sürede geniş yüzeyler kaplanabilir. Şekil C31’de bir yol yamacında püskürtme beton uygulaması gösterilmiştir.



Şekil C 31. Wolf Creek geçidi (Rocky dağları, Colorado, ABD), kaya düşmelerine karşı püskürtme betonu uygulaması (Fotoğraf: Colorado Department of Transportation).

Ankraj, kaya saptaması ve çivisi

Bu aletler stabiliteyi sağlamak amacıyla kaya yüzeyini birbirine bağlayan ve güçlendiren çelik çubuk veya halatlardan oluşur. Ankrajlar, büyük kaya bloklarını desteklemek, kaya saptamaları ise daha kısa ve yüzeye yakın blokların desteklenmesinde sonradan gerilmeli (post-tensioned) elemanlardır. Zemin çivileri/kaya çivileri de kaya saptamalarına benzer fakat gerilme uygulanmaz. Bir kaya şevini çelik sistemler ile güçlendirmek için kaya şev stabilitesi, enjeksiyon teknikleri ve deney prosedürleri hakkında bilgili bir uzman gereklidir. Potansiyel yenilme yüzeylerinin yönelimlerinin belirlenmesi başarılı bir ankraj sistemi için çok önemlidir ve önemli ölçüde mühendislik tecrübesi gerektirir. Şekil C32 ve C33'te, kaya saptamaları ve yerleştirilmesini göstermektedir.



Şekil C 32. Kaya ankrajının (ankraj boyu 5m) yakından görünümü ve daha fazla koruma için kaya yüzeyine çelik hasır uygulaması.



Şekil C 33. Doğal süreksizliklerin yapısı ve kaya saplaması uygulaması (Fotoğraf: Washington Department of Transportation, ABD).

Bölüm C3. Moloz akmalarının iyileştirilmesi

Bu bölümde ev sahipleri, işletmeler ve diğerleri için moloz-akması olası tehlikeleri için bazı basit zarar azaltma yöntemleri açıklanmaktadır. Erozyon ve yangın sonrası moloz akmaları ve taşkınlar birbiriyle ilişkili olası tehlikeler olduğu için, erozyon ve yangın kontrolü içinde kısa bir bölüm dahil edilmiştir.

Şevlerin erozyon/moloz akmasına karşı güçlendirilmesi

Erozyon oyuntuların derinleşmesine, uzamasına ve zeminin gevşemesine yol açmakta olup, bitki kalıntıları, kaya ve iri bloklar moloz akmalarının şiddetini artırabilmektedir. Bir bölgeyi yangına karşı aşırı molozlardan arındırmak, yanmış yamaçların moloz akmalarına ve erozyon olaylarına karşı daha duyarlı hale gelmesinden dolayı, moloz akmalarına karşı mücadelede katkı sağlar (Şekil C34). Toprağı yerinde tutan bitki örtüsü kaybı ve yoğun ısınma ve yanma sonucu topraktaki fiziksel ve kimyasal değişimleri zeminlerin moloz akmalarına daha yatkın hale getirmektedir.



Şekil C 34. Lytle deresi (Kaliforniya, ABD)'nde gerçekleşen orman yangını ve sonrasındaki moloz akmaları (Fotoğraf: Sue Cannon, USGS).

Erozyon toprağın üst kısmının aşınıp bir yerden başka bir yere taşınma süreçleridir. Bu süreçler, rüzgar, yağmur, donma-çözülme, ayrışma ve fiziksel aşınma olayları ile ilişkilidir.

Zeminin erozyona karşı direncinin arttırılması

Bir bölgede güçlendirme çalışmaları yapılırken, erozyon, dikkate alınması gereken bir işlem olup, etkilerini azaltmak için bazı basit adımlar göz önünde tutulmalıdır. Erozyon bazı durumlarda şev yenilmelerine ve drenaj sorunlarına neden olabilir; erozyonu önlemeye çalışmak bir ev sahibinin, proaktif olarak, daha büyük şev yenilme problemleri ile karşılaşmadan önce yapabileceği bir iştir. Saman veya talaş toprağı yerinde tutmada etkidir. Toprağın organik madde içeriğinin artmasına katkı sağlarlar. Toprak ve eğim koşullarına uygun yaklaşık 0.5cm kalınlığında talaş veya saman ile kaplanıp, istenirse içine gübre eklenerek, toprağın üst birkaç santimetrelilik bölümü işlenebilir.

Dokuma çuval bezi (gevşek dokunmuş, genellikle düşük maliyetli lifli bir malzeme) yamaç üzerine serilir ve su veya rüzgar ile kaldırılmasına karşı kazıklarla sabitlenebilir. Çuval bezi bitki büyümesini engellemeyeceği için serilmeden önce normal dikim işlemleri gerçekleştirilebilir. Bez belli bir süre sonra doğada yok olacaktır ancak bitki örtüsü iyi bir şekilde gelişinceye kadar yeterince uzun kalacaktır.

Şevlerdeki erozyonu önleyebilecek uygun bitkilendirme

Bitkileri sulayın ancak aşırı sulamadan kaçının. Açık arazileri veya yangına maruz kalmış alanlarda yeniden dikim gerçekleştirin. Yağmurlu havalarda gözlemler yapın. Oyuntu oluşumlarını gözleyin. Sorunları en kısa sürede düzeltin.

Yangına karşı şev üzerindeki yanıcı birikintilerin temizlenmesi

Yangın olayının meydana geldiği moloz akmasına duyarlı yamaçlar, yağmur suları ile suya doymun hale gelmesi ile moloz akmaları oluşma ihtimali artacağından tehlike yaratabilir. Ev ve işletme sahipleri çevreyi orman yangınlarına karşı yanıcı doğal atıklardan arındırarak, yangının yayılmasını veya büyük alanların yanmasına engel olabilir. Orman yangınları bitki örtüsünü yok ettiğinden ve toprağın kimyasını değiştirdiğinden dolayı, moloz akmalarından kaynaklanan olası tehlikelerin artmasına yol açabilir. Binaların çevresinde birikebilecek kuru/ölü odun yığıları, kuru bitki örtüsü ve diğer yanıcı türler minimum seviyede tutularak orman yangınlarının başlaması veya yayılması engellenebilir. Birçok bölgede orman yangınına karşı doğal yanıcı madde miktarını (ölü örtü) kontrol etmek için yerel yönergeler bulunmakta ve çevrenin temiz tutulması ile ilgili öneriler bulunmaktadır. Belediyeler, yetkisiz çöp yakma işlemlerini cezalandırmak için yerel düzenlemeler yoluyla, toplumu harekete geçirebilir. Yıldırım düşmesi sonucu orman yangınları oluşabilir, ancak yanıcı ölü örtü minimumda tutularak, bu tip yangınların yayılmasının önüne geçmek için bazı

adımlar atılabilir. Tarım alanlarında gerekli herhangi bir şey yakılması durumunda, yangının kontrolden çıkmaması ve başka alanlara yayılmaması için gerekli tedbirlerin alınması gerekir.

Not: Taşkınların, toprak ve moloz akmalarının birçok ortak özelliklere sahip olduğu ve genellikle benzer şekilde ele alınabileceği unutulmamalıdır. Taşkınlar, çamur ve moloz akmaları her zaman olmasa da bazı durumlarda birbirlerine eşlik etmektedir.

Moloz akmasına karşı zarar azaltıcı yapılar

Moloz akma havuzları

Bu yakalama havuzları genel olarak moloz akmalarının sık geliştiği yamaçların tabanına inşa edilmektedirler (Şekil C35). Bu havuzlar, moloz akmalarının okyanus veya nehir kıyılarındaki hassas alanlara akmasını engellemek veya yamaç aşağısında moloz akmasından zarar görebilecek yapıların bulunması durumunda yayılmasını engellemek amacıyla kullanılırlar. Bu havuzların moloz akması çökelleri ile dolması durumunda belli aralıklarla boşaltılması gerekir. Genel olarak, malzemeyi boşaltmak ve ortamdan uzaklaştırmak için damperli kamyonlar ve ekskavatörler kullanılır. Bununla birlikte küçük basenler el işçiliği ile boşaltılabilir. Havuzların akma olayı sırasında üstten taşma olmaması için maksimum akış hacmini karşılayabilecek şekilde tasarlanmaları gerekmektedir.



Şekil C 35. San Bernardino Kaliforniya, ABD) eteklerinde yapılan, moloz akması toplama havuzunun havadan görüntüsü (Fotoğraf: Doug Morton, USGS).

Kontrol seddeleri

Kontrol seddelerinin moloz akmaları olası tehlikelerinden azaltılmasında nasıl kullanılabileceği ile ilgili açıklamalar için EK-C Bölüm 1 Toprak şevlerin iyileştirilmesi / zarar azaltma başlığına bakınız.

Moloz akmaları için İstinat duvarları

Bu yapılar farklı malzemelerden yapılabilmektedir. Moloz akmalarının yayılmasını durdurmak veya duyarlı bir alanın çevresinden moloz akmalarını uzak tutmak amacıyla tasarlanmaktadır. Bu yapıların, malzeme akışındaki yön değiştirmenin istemeden başka bir alana yönlenmemesi için dikkatli tasarlanması gerekir (Şekil C36 ve C37).



Şekil C 36. Moloz akmasına karşı yapılacak istinat duvarlarının yer seçimi ve yapımı için özel dikkat gereklidir. Fotoğrafta La Conchita (Kaliforniya)'da kereste ve çelik kırıli bir istinat duvarı görülmektedir. Yapı 1995 yılında oluşun heyelan sonrasında evleri koruma amacıyla yapılmış olmasına rağmen, 2005 yılında meydana gelen moloz akmaları sonucu zarar görmüştür. Duvar, bazı yapıları korumuş ancak ağır hasar görmüş, ayrıca duvar yapısının yönlendirmesi sonucunda başka bir ev hasar görmüştür (Fotoğraf: Randall Jibson, USGS).



Şekil C 37. Kamikochi havzasında (Japonya) yamaç molozuna karşı yapılan bir istinat duvarı (Fotoğraf: Goncalo Vieira'nın izniyle).

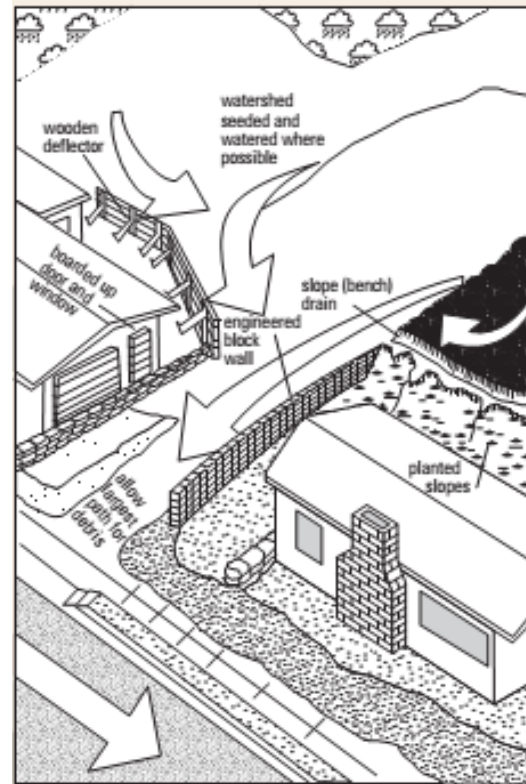
Mülk sahipleri için moloz akması zarar azaltma çalışmaları

Bu bölümde, çoğu kez moloz akmalarına ve bazı heyelanlara yol açabilecek erozyon olaylarının bireysel olarak etkilerinin azaltılmasına yardımcı olmak için ev sahiplerinin atabileceği veya bir acil durum görevlisinin önerebileceği basit eylemler sunulmuştur.

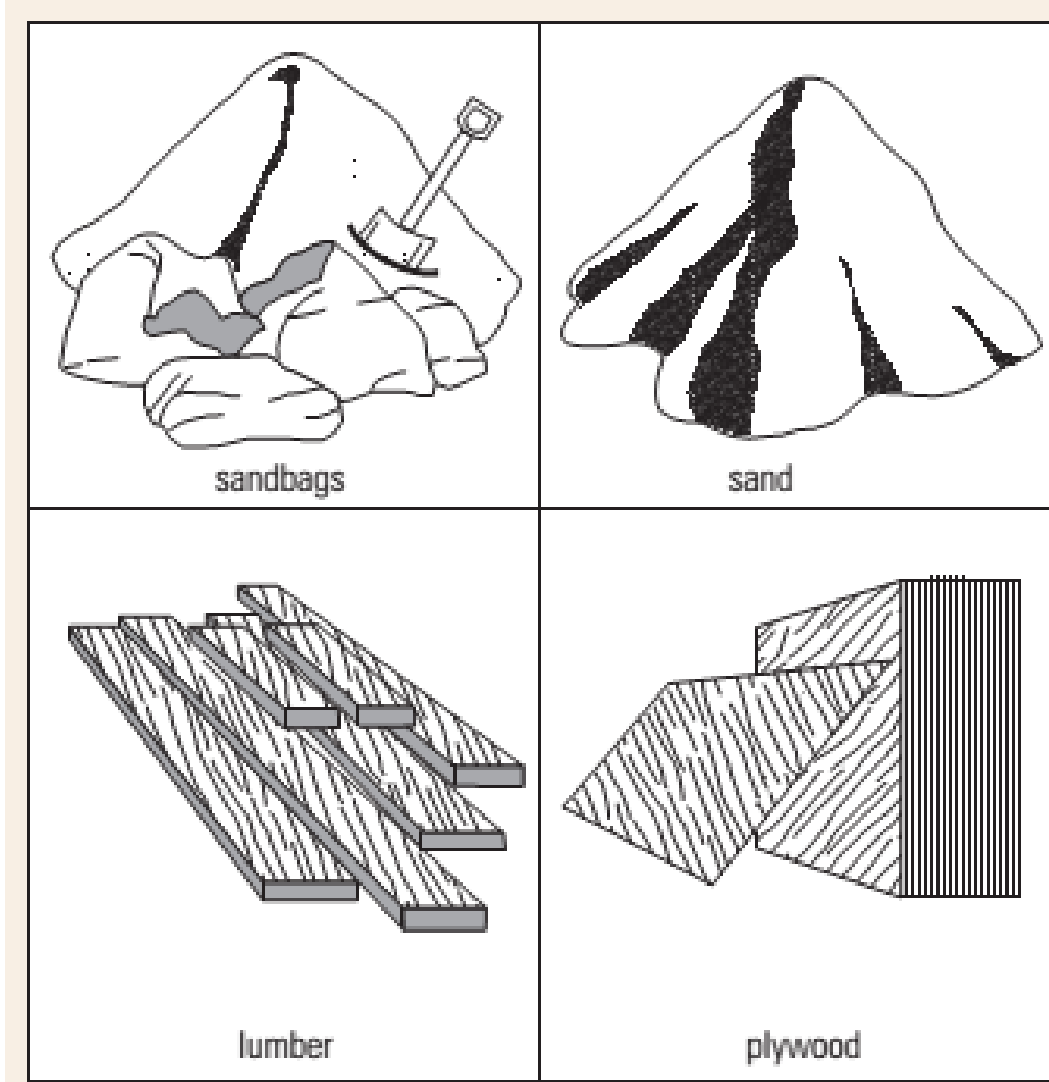
Aşağıda C38 ile C52 arasında verilen şekillerde, yapıların korunmasında yardımcı olabilecek moloz akmalarına karşı zarar azaltma teknikleri şematik olarak gösterilmiştir. Şekiller 20 numaralı kaynaktan değiştirilerek alınmıştır. Bu kaynak Los Angeles şehri (Los Angeles, Kaliforniya ABD) Bayındırlık İşleri Bölümü tarafından hazırlanmış olup, ev sahipleri için sel, erozyon ve moloz akmalarından kaynaklanabilecek olası tehlikelerin azaltılmasında basit yöntemler gösterilmiştir.



Şekil C 38. Moloz akması ve/veya çamur akmasına karşı korunmasız bir yapı. Moloz akması olası tehlikelerini azaltmak için uygulanabilecek bazı yaklaşımlar Şekil C39'da verilmiştir.



Şekil C 39. Moloz akmasına karşı binaları korumak amacıyla yapılabilecek saptırma duvarları ve moloz bariyerleri gibi uygun koruma yapıları. Moloz akmalarının meydana getireceği aşırı yükler nedeniyle, bu tip yapılar dikkatli tasarlanmalı ve inşa edilmelidirler.

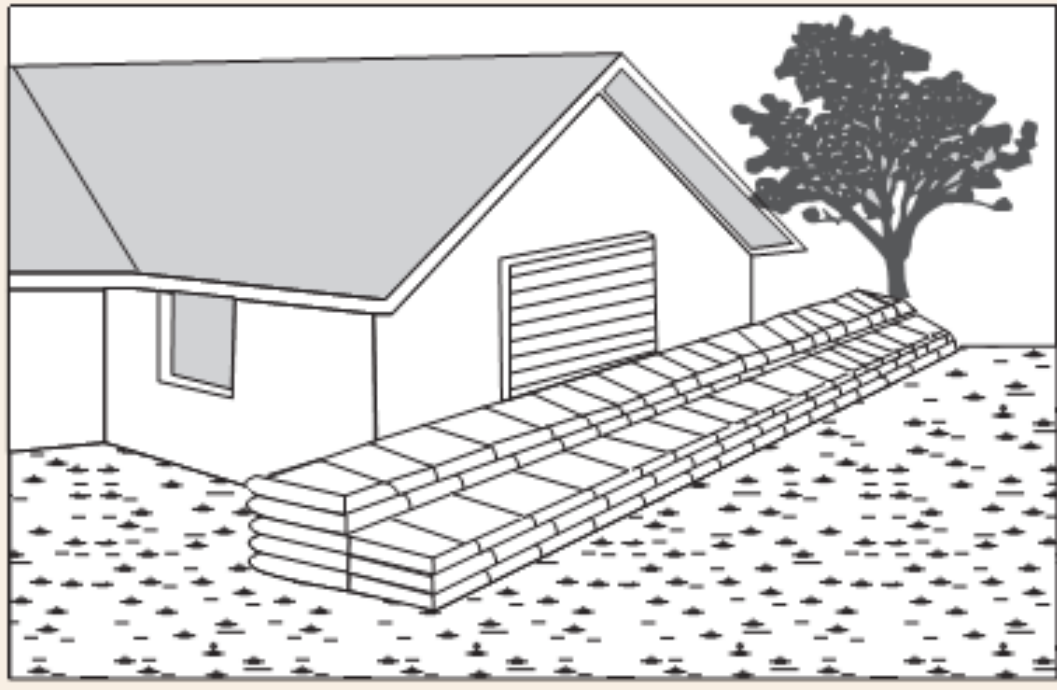


Şekil C 40. Taşkın ve moloz akma olaylarına karşı zarar azaltmada yaygın olarak kullanılan malzemeler.

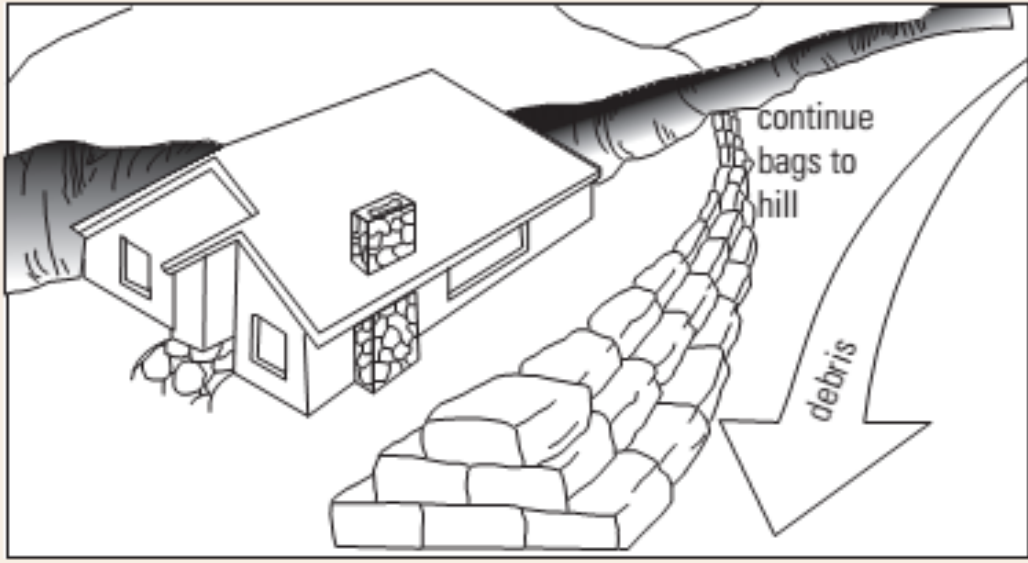


Şekil C 41. Kum torbaları genel olarak düşük akım koşullarında 0.6m yüksekliğe kadar koruma sağlayabilir.

Not: Kum torbaları için en ideal malzeme kum olup, torbalar talaş, kağıt veya başka malzemeler ile doldurulmamalıdır. Kum ve toprak doldurulan torbalar birkaç ay boyunca ıslanma kuruma olaylarına maruz kaldığında bozulacaklardır. Eğer torbalar gereğinden çok erken yerleştirilirse yıpranmadan dolayı ihtiyaç halinde etkili olamayabilirler.

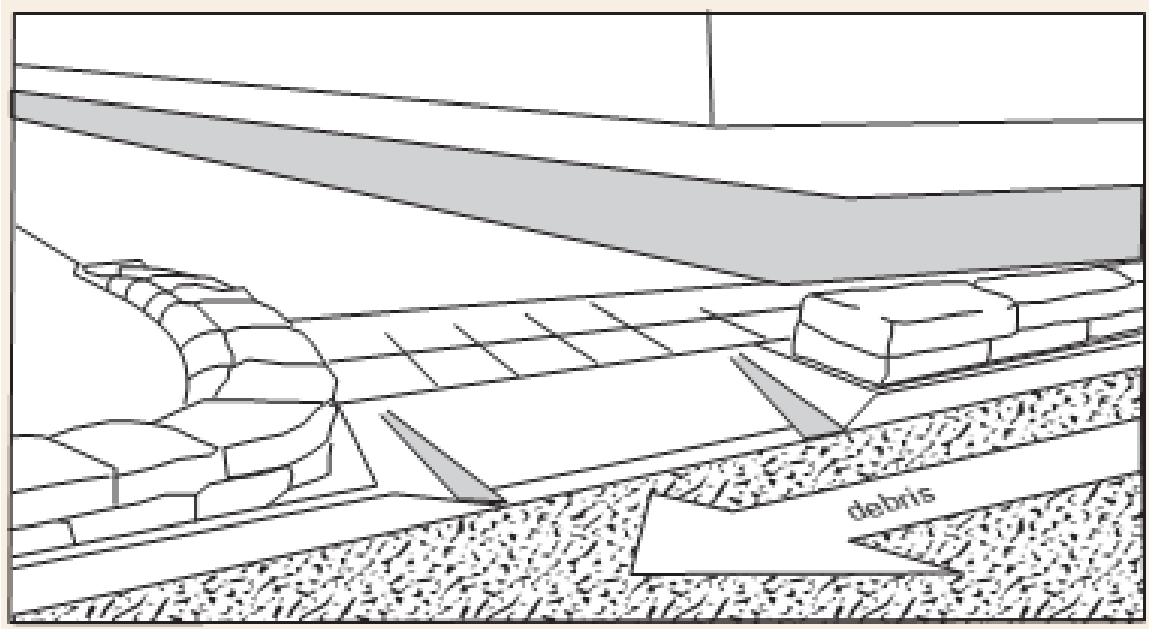


Şekil C 42. Evi korumak için tipik bir kum torbası yerleştirme şekli.

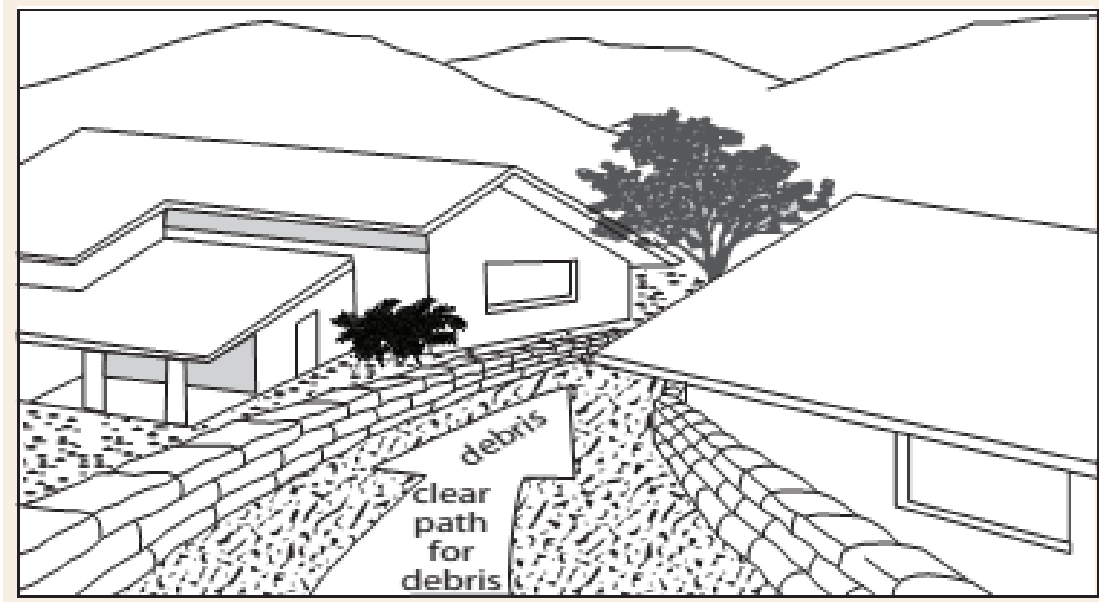


Şekil C 43. Kum torbaları, moloz kütlelerini binalardan uzaklaştırmaya yardımcı olur.

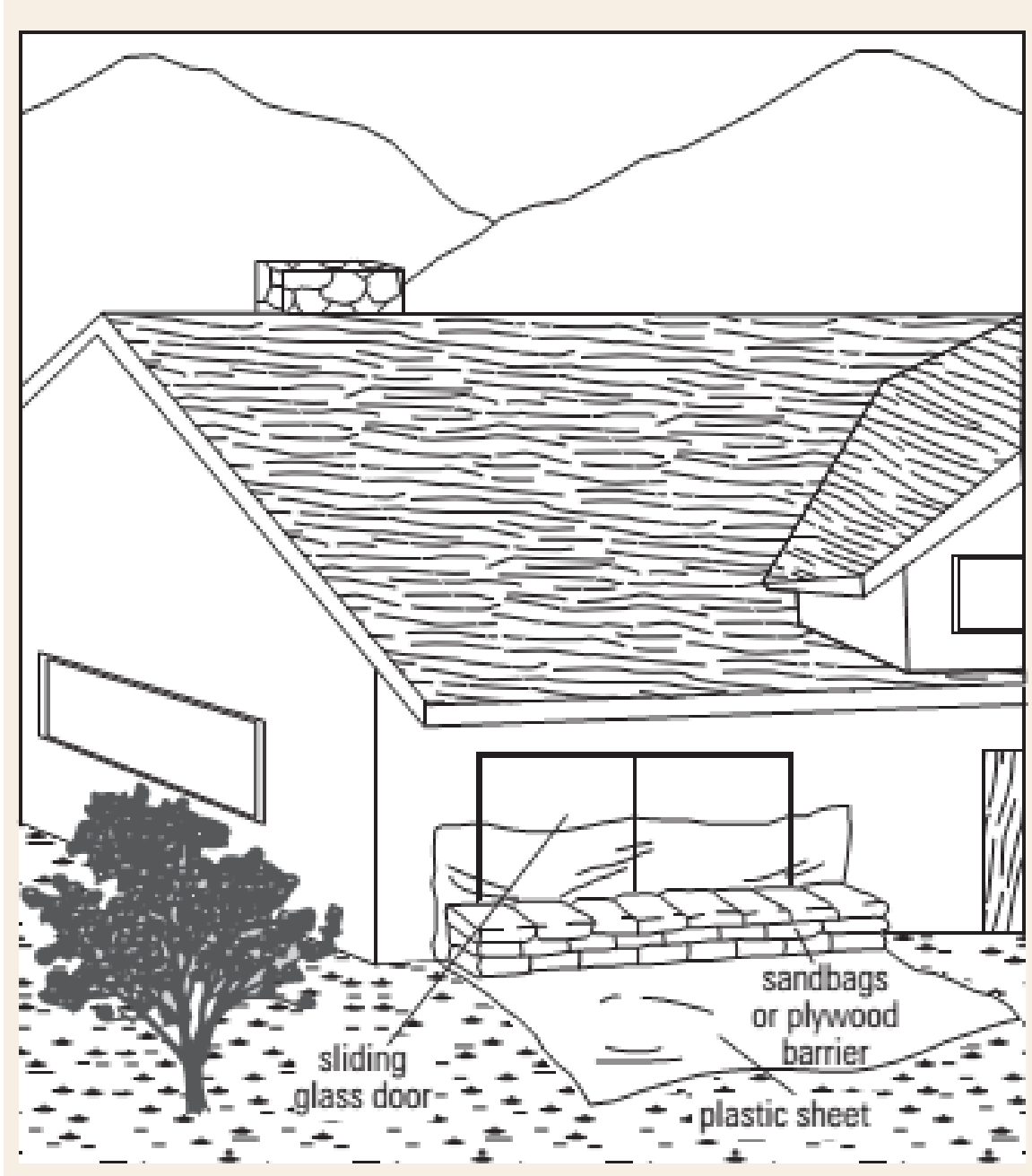
Dikkat: Kum torbaları yerine saman balyaları gibi malzemelerin kullanılması önerilmez. Kum torbaları kadar iyi performans göstermeyecekleri gibi su ile sürüklenebilirler.



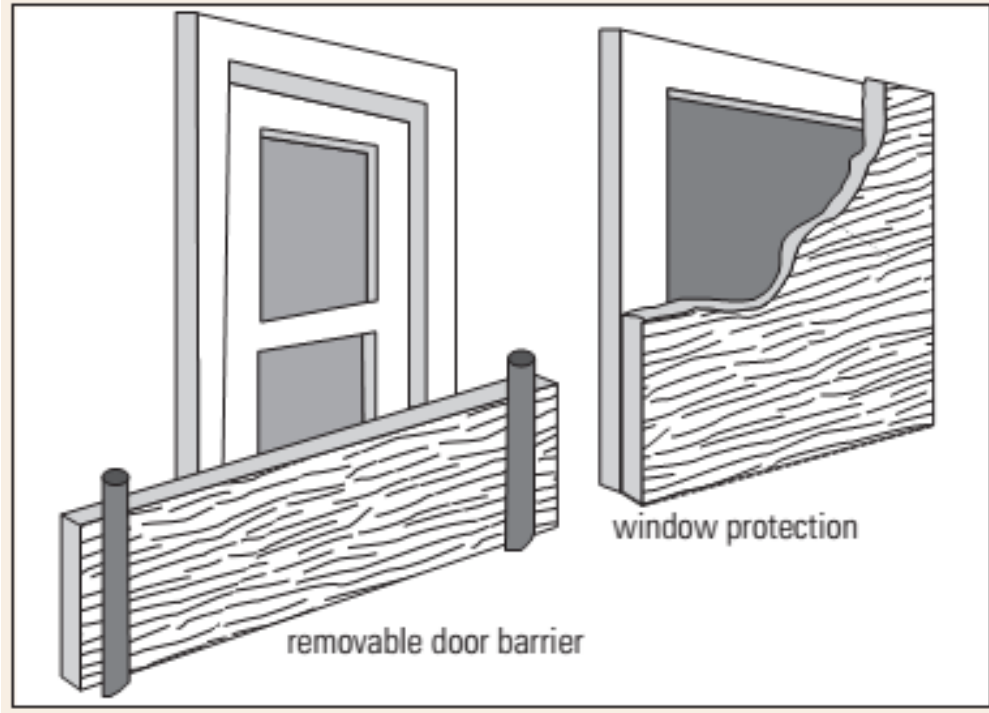
Şekil C 44. Kum torbaları ile yollarda moloz akması veya sel sularının kontrol edilmesi.



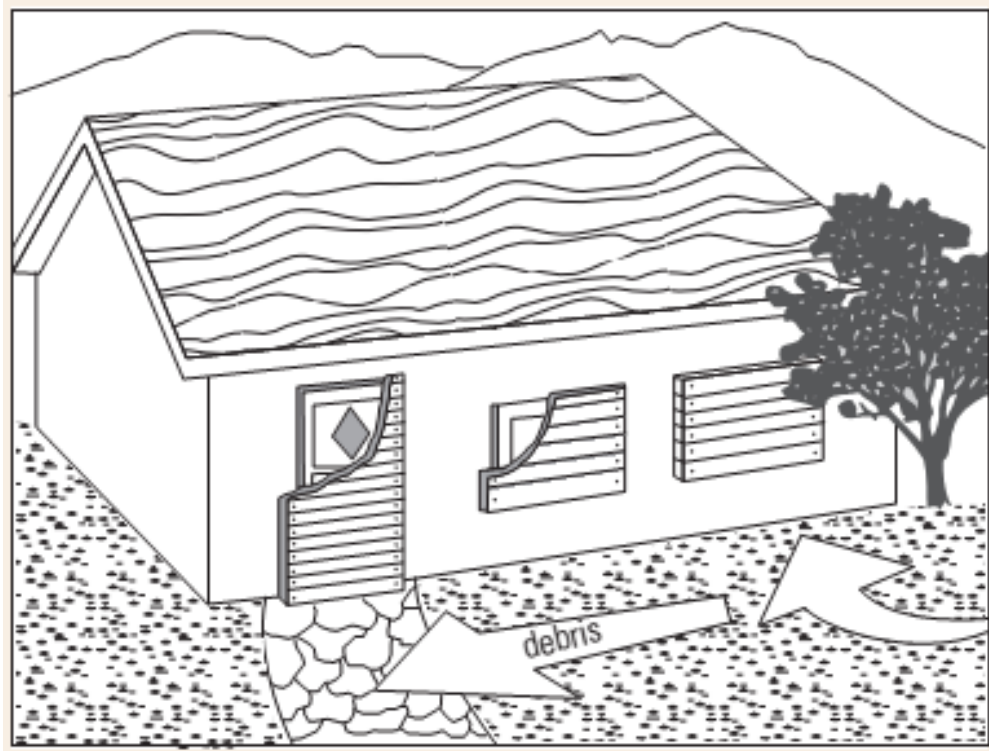
Şekil C 45. Kum torbaları kullanılarak binalar arasındaki akışların kontrol edilmesi.



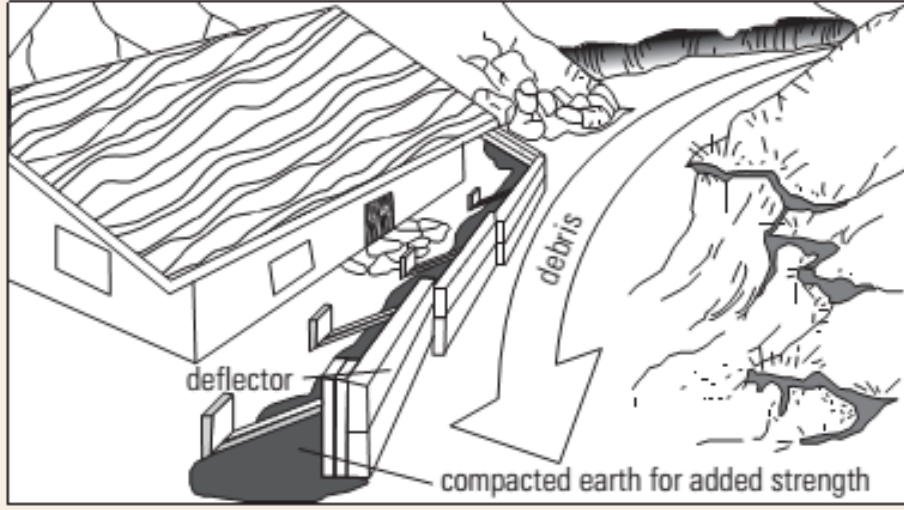
Şekil C 46. Plastik örtü ve kum torbaları ile sürgülü pencerelerde su sızıntılarının önlenmesi.



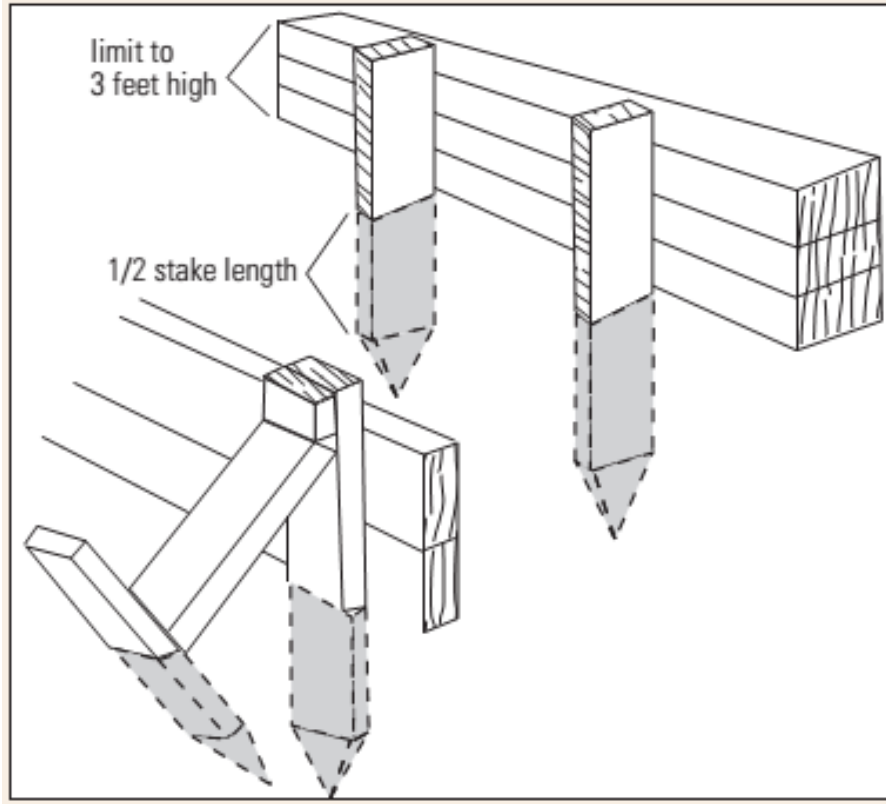
Şekil C 47. Çıkarılabilir kontrplak malzemeler ile pencere ve kapı koruma önlemleri.



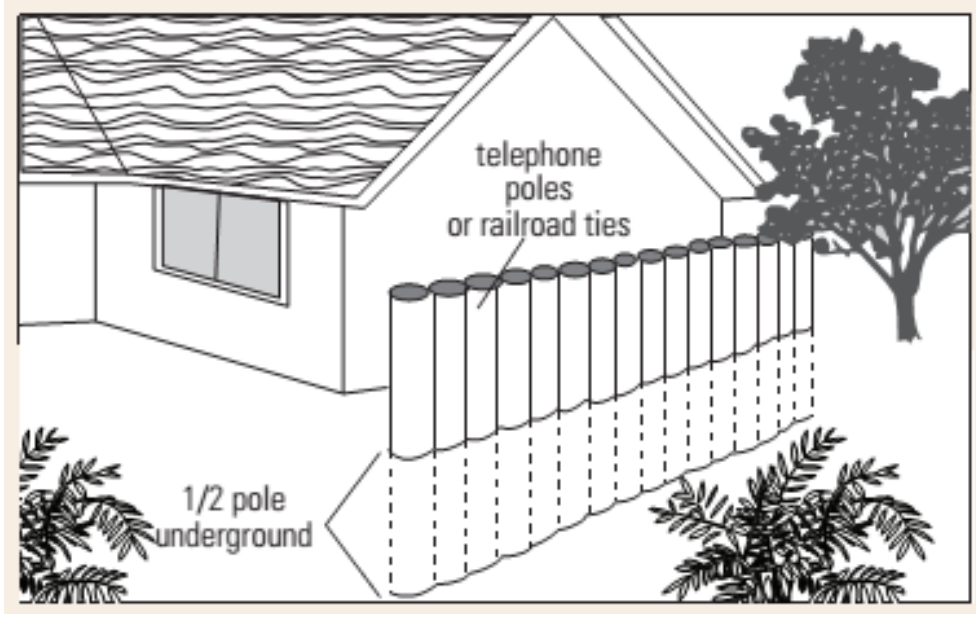
Şekil C 48. Kontrplak veya kerestelerin çivilemesi ile pencere ve kapı korumaları.



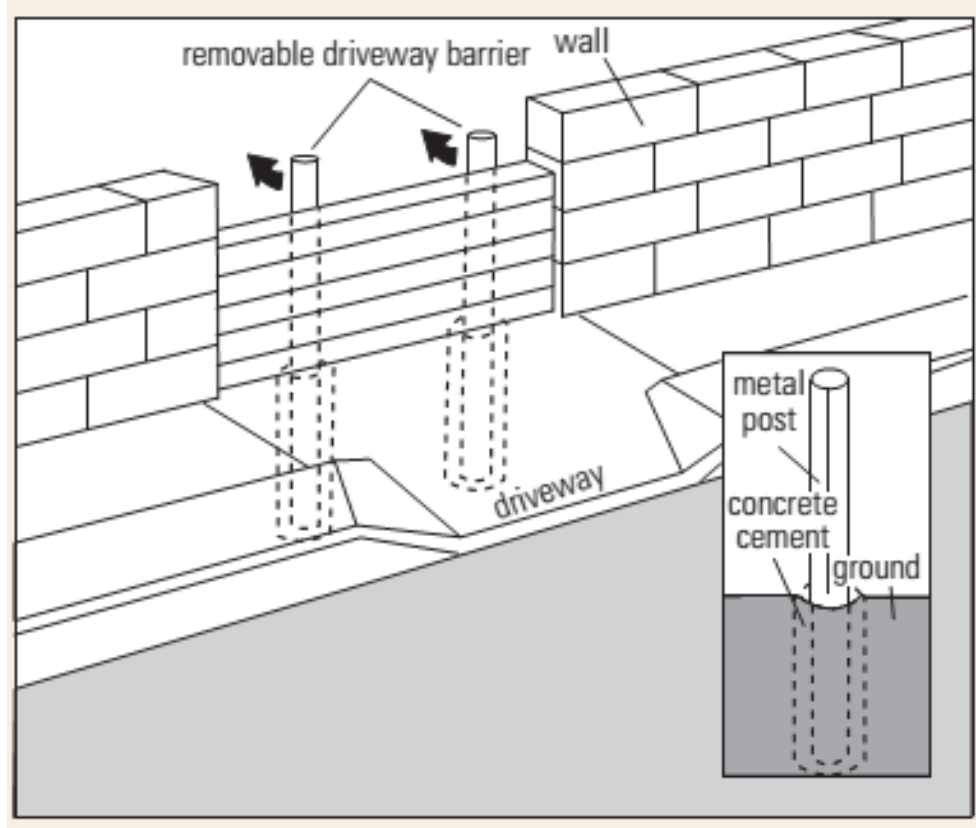
Şekil C 49. Kum torbalarından daha kalıcı olan keresteden yapılmış bir saptırıcı.



Şekil C 50. Bir ahşap saptırıcı yapım tekniğinin yakından şematik görünümü.



Şekil C 51. Farklı bir ahşap saptırıcı tekniği, ahşap telefon direkleri veya demiryolu traversi.



Şekil C 52. Çıkarılabilir garaj girişi bariyeri. Metal direkler zemindeki betondan yapılmış yuvaya yerleştirildiklerinden gerektiğinde çıkarılabilir veya yenilenebilir.

Yamaç molozu ve diğer heyelan olası tehlikeleri/acil durum müdahaleleri konusunda hatırlanması gereken temel bilgiler

Kum torbaları, aletler ve plastik örtüler yoğun yağmurlar sırasında kullanılabilir (plastik malzemeler bazı eşyaları koruyup, sudan etkilenmemelerini sağlayabilir). Gerekli yerlerde bu tür malzemeleri hazır bulundurun. Engelliler ve yaşlılar gibi evlerini güçlendiremeyen kişilere yardım edin. Çocukları zarar azaltma teknikleri hakkında eğitin. Zarar azaltma teknikleri, bir topluluğun mümkün olduğu kadar çok üyesi tarafından kullanıldığında en etkili sonuç alınır.

- *Olağandışı çatlaklar, oturma veya toprak kayması başlaması durumunda, insanların en kısa zamanda bir belediye temsilcisine (acil durum yöneticisi gibi) ve (veya) nitelikli bir inşaat mühendisi veya jeologa danışmaları önerilir.*
- *Uzman tavsiyesi olmadan yamaç eğimlerinin veya drenaj alanlarının değiştirilmemesi önerilir. Bu tür çalışmalarda bir uzmana veya deneyimi olan bir kişiye danışmak her zaman en iyisidir.*
- *Normal özellikli drenaj genellikle sokağa veya bu iş için yapılmış drenaj sistemine akar. Çevre düzenlemesi yapılırken, ev sahipleri veya diğerleri, kademelendirme yapılmış alanlarda yaratılan akış düzenlerini bozmaktan kaçınmalıdır. Teraslar, kaldırımlar ve tabliye gibi engeller, alternatif bir drenaj yöntemi sağlanmadıkça yan yağmur hendeklerine yerleştirilmemelidir.*
- *İnsanların zarar azaltma tekniklerini uygulamalarına yardımcı olmak için halka açık yerlerde basit görseller hazırlanmalıdır.*
- *Heyelan tehlikesi nedeniyle tehdit altında olan nüfusun tahliyesi ve taşınması için acil müdahale planlarının olması tavsiye edilir. En iyi sonuç elde edilmesi için bu prosedürlerden herkesin haberdar olduğundan emin olmak gereklidir.*

Heyelan setleri zarar azaltma

Daha önce belirtildiği gibi, heyelan setlerinden kaynaklanan birincil tehlike, setin yıkılması veya setin üstünden meydana gelen su akışlarının meydana getireceği taşkınlardır. Heyelan setlerinden kaynaklanan potansiyel tehlikelerle karşı karşıya kalındığında aşağıdaki önlemlerin alınması gerekir.

- **Heyelan setinin oluşturduğu göle ulaşmadan önce su gelişlerinin yönlendirilmesi**

Bu uygulama nehir suyunun, akış yukarıda bulunan rezervuarlara veya sulama kanallarına yönlendirerek yapılabilir. Sadece geçici bir önlem olmasına rağmen, bu yönlendirme işlemi ile uzun vadeli çözüm uygulamasına izin verecek kadar gölün dolmasını yavaşlatabilir.

- **Biriken suların pompa veya sifonlarla geçici olarak drene edilmesi**

Yükselen su seviyesi geçici olarak pompalar veya sifonlar ile uzaklaştırılarak kontrol edilebilir. Bu uygulama, uzun vadeli ve daha kapsamlı çözümler için zaman sağlayan kısa vadeli (1-2 yıldan az) önemlidir.

Daha ayrıntılı bilgi için 11, 12, 13, 20, 25, 26, 39, 42, ve 46 nolu kaynaklara bakınız

Erozyona dirençli dolu savak oluşturma

Bir heyelan setini stabilize etmede kullanılan en yaygın yöntem, setin üzerinden veya yanından erozyona dayanıklı bir açık dolusavak yapısı inşa etmektir. Mühendislik tasarımları ile yapılan barajlarda artan su seviyesini kontrol etmek amacıyla inşa edilen dolusavaklarda olduğuna benzer şekilde heyelan setlerinde de akış rejimi dolusavak yapısı ile kontrol edilmektedir. Bu tür dolusavak yapısının ek bir avantajı ise rezervuardaki su seviyesinin düşürülmesine izin verilmesi ile heyelan setlerinin memba tarafında neden olabileceği taşkınların azaltılmasına yardımcı olmasıdır.

Dolusavaklar her zaman heyelan setinin yarılması ve akış aşağısında taşkınların önlenmesinde başarılı değildirler. Dolusavaklardan hızlı su çıkışları nedeniyle meydana gelen geriye aşındırmalar (dolusavak çıkışı noktasından su alma noktasına kadar aşınmalar/erozyon) nedeni ile bazen yıkılırlar. Akış hızını azaltarak aşınmanın önlenmesi için dolusavak yapısı geniş ve sığ olmalıdır. Mümkünse, özellikle çıkış bölgesinde aşınmaya dayanıklı malzemelerle (rip

rap/koruyucu kaya dolgu) kaplanmalıdır. Çoğu zaman, dolusavağın daha dik kesimlerine erozyonun önlemek için kontrol barajları yapılır. Aşındırma nedeniyle yıkılan dolusavaklarda kısmen başarılı olmuş olabilir, çünkü barajın arkasındaki toplam su hacmini sınırlayarak baraj tamamen yarılrsa bile toplam tahliyeyi azaltırlar.

Açık kanal dolusavaklar genellikle dozerler tarafından kazılır ancak ekskavatör, patlayıcı ve el işçiliği de kullanılmaktadır. Engebeli arazilerde kazı tehlikeli olduğundan geçici ulaşım yolu yapılmalıdır.

Yan yamaçlardan drenaj tünelleri açma

Bir heyelan setinde suyun üstten aşmasını veya yarılmasını önleyen uzun vadeli önlem, setin kenarındaki yamaçtan geçen bir derivasyon tünelinin inşa edilmesidir. Heyelan setleri genellikle dağlık vadelerde meydana geldiğinden, anakaya yamaçları bulunmaktadır. Bu nedenle kaya tünelcilik yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil C53'de, 1983 El Niño koşulları altında tetiklenen, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Utah Thistle heyelanı gösterilmiştir. Aşırı yağış ve hızlı kar erimesi büyük bir heyelana neden olmuştur. Daha fazla bilgi için 31 nolu referansa bakınız.

Thistle heyelanı aynı zamanda ana ulaşım karayolu ve ana demiryolu hattının bir bölümünü tahrip etmiştir. Dağın içinde açılan bir tünelin ardından demiryolu ulaşımı yeniden sağlanmıştır. Otoyol ise heyelan kütesinden uzakta bir sırt üzerinden yön değiştirilerek ulaşım açılmıştır (Şekil 54).

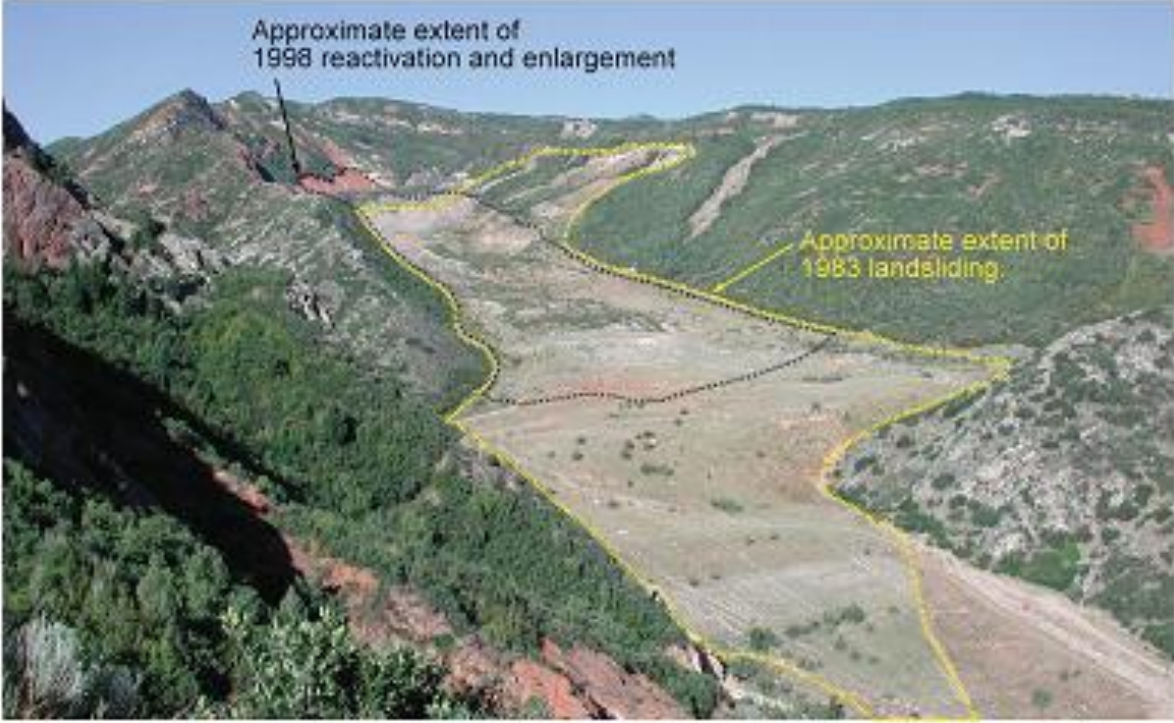
Heyelan kütesi çok büyük olduğu için olduğu gibi bırakılacaktır. Heyelan halen aletsel olarak izlenmekte olup, yakın zamanda yeniden aktivite kazanmıştır. Thistle heyelanı gibi heyelanın yeniden aktivite kazanması heyelan setleri için başka bir tehlikedir (Şekil C 55)



Şekil C 53. 1983 Thistle heyelanı (Utah – ABD). Heyelan set gölü meydana gelmesiyle Thistle yerleşimini sel basmıştır (Fotoğraf: Robert L. Schuster, USGS).



Şekil C 54. Thistle heyelan barajının etkisini azaltmak amacıyla yapılan alt ve üst derivasyon tünelleri (Fotoğraf: Utah, USGS).



Şekil C 55. Thistle heyelan setinde meydana gelen sonraki hareketler.

EK-D Duyuru ve dağıtım için Heyelan ve Moloz akmalarına karşı basit güvenlik bilgileri



Heyelana Duyarlı Yüksek Eğimli Bölgelerde İkamet Ediyorsanız Ne Yapabilirsiniz?

Yoğun Fırtınalar Öncesi Yapılması Gerekenler

- Çevrenizdeki arazi yapısını iyi tanıyın. Yerel yetkililer, acil durum yönetim yetkilileri, devlet jeolojik araştırmaları birimi veya doğal kaynak bölümleri ve üniversitelerin jeoloji bölümleriyle iletişime geçerek bölgenizde moloz akmalarının meydana gelip gelmediğini öğrenin. Geçmişte moloz akmalarının meydana geldiği yamaçlarda gelecekte de aynı hareketler meydana gelebilir.
- Heyelan ve moloz akmalarına karşı duyarlı alanlarda inşaat çalışmalarını düzenleyen, arazi kullanımı ve inşaat kararlarını geliştirme ve uygulama çalışmalarında yerel yönetiminizi destekleyiniz. Binalar yüksek eğimli yamaçlardan, sürekli ve mevsimsel akarsulardan ve dağlık alanlardan boşalan akarsu çıkış bölgelerinden uzakta konumlandırılmalıdır.
- Evinizin çevresindeki yamaçlarda yağmur sel sularının drenaj yapısını gözlemleyin ve özellikle yüzeysel akışların birleşme noktalarını toprakla kaplı şevler üzerindeki akışı artırması nedeniyle not edin. Evinizin etrafındaki yamaçları, küçük heyelan veya moloz akması veya kademeli olarak eğilen ağaç gövdeleri gibi herhangi bir yer hareketi belirtileri açısından gözlemleyin.
- Bölgenizdeki acil durum müdahale ve tahliye planları hakkında bilgi edinmek ve aileniz ve işiniz için kendi acil durum planlarınızı geliştirme amacıyla yerel yetkililerinize danışın.

Aşırı Yağışlar Sırasında Yapılması Gerekenler

- Tetikte olun ve uyanık kalın. Ölümle sonuçlanan çoğu moloz akması olayları insanlar uykudayken meydana gelmektedir. Yoğun yağış uyarıları için radyo dinleyin. Kısa süreli yoğun sağanak yağışların, özellikle de uzun süren yoğun yağışlar ve yağmurlu havalardan sonra daha tehlikeli olabileceğini unutmayın.
- Heyelan ve moloz akmasına duyarlı bir bölgedeyseniz, eğer güvenli ise bölgeyi terk etmeyi değerlendirin. Fırtınalı bir havada yolculuk yapmanın tehlikeli olduğunu unutmayın.
- Ağaç çatırtıları veya taşların birbirine çarpması şeklinde zemin hareketlerinden kaynaklanabilecek olağandışı sesleri dinleyin. Akan veya düşen küçük çamur veya moloz hareketi daha büyük hareketlerin habercisi olabilir. Eğer kanal veya nehre yakın konumdaysanız, su akış rejimindeki herhangi bir ani artış veya azalışlara ve berrak sudan

bulanık çamurlu suya olan değişimler için tetikte olun. Bu tür değişiklikler, akış yukarıdaki moloz akması aktivitesinin belirtileri olabilir, bu nedenle hızla hareket etmeye hazır olun. Gecikmeyin. Eşyalarınızı değil kendinizi kurtarın.

- Özellikle araba kullanırken dikkatli olun. Yol kenarındaki dolgular özellikle heyelanlara karşı duyarlıdır. Yıkılan kaldırım, çamur, düşen kayalar ve olası moloz akmaları gibi diğer hareket belirtilerini izleyin.

Heyelan Tehlikesinden Şüphelenilmesi Durumunda Yapılması Gerekenler

- Mümkünse tahliye edin.
- Yangın, polis veya bayındırlık hizmetleri birimine başvurun.
- Etkilenen Komşuları Bilgilendirin.

Heyelan Oluştuktan Sonra Yapılması Gerekenler

- Her zaman olmasa da yeni hareketler meydana gelme tehlikesi olabileceğinden dolayı, en iyisi heyelan alanından uzak durmaktır.
- Heyelan alanının yakınında yaralı veya mahsur kalmış insanların olup olmadığını kontrol edin. İlk yardım eğitimi alınmışsa müdahale et ve yardım çağır.
- Bebekler, yaşlılar veya engelliler gibi özel yardıma ihtiyaç duyan komşularınıza yardım edin.
- En son acil durum bilgileri için batarya ile çalışan radyo dinleyin veya televizyonu izleyin.
- Çamur akması veya heyelanlardan sonra taşkınların oluşabileceğini unutmayın.
- Zarar görmüş şebeke hatlarını kontrol edin. Herhangi bir hasarı ilgililere bildirin.
- Bina temelini, bacayı ve bina çevresini hasar açısından kontrol edin.
- Bitki örtüsünün tahrip olduğu alanları mümkün olduğu kadar kısa sürede yeniden bitkilendirin, toprak örtüsünün kaybından kaynaklanan erozyon ani taşkınlara sebep olabilir.
- Heyelan olası tehlikelerini değerlendirmek veya heyelan riskini azaltıcı tedbirlerin alınması için jeoteknik konusunda uzman kişilere başvurun.

