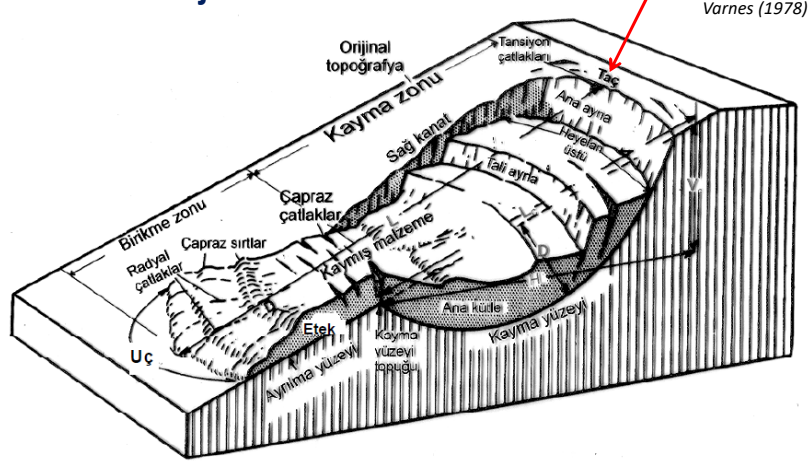


Dr. H. Sönmez –JEM719

Bölüm 2: Şevlerin Mühendislik Amaçlı Sınıflandırılması



Şev Terminolojisi



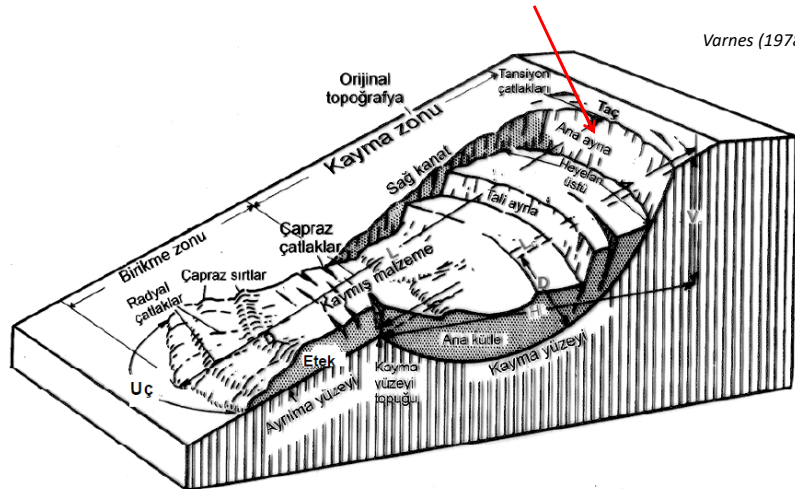
Varnes (1978)

Taç: Bir heyelanda ana aynanın en yüksek kısmına yakın konumdaki yerdeğiştirmemiş malzeme.

(Prof. Dr. R. Ulusay JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

Şev Terminolojisi (devam ediyor)



Varnes (1978)

Ana ayna (kopma aynası): Kayan malzemenin hareketi sonucu gelişmiş ve kaymayı çevreleyen örselenmemiş zemin üzerindeki dik veya dike yakın yüzey.

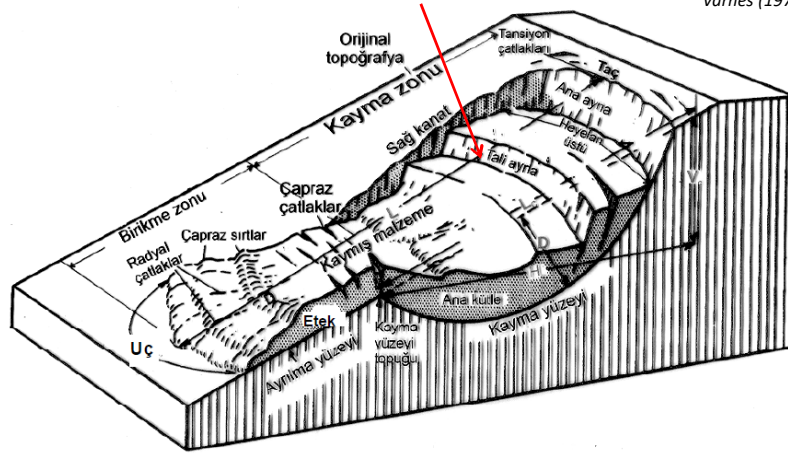
(Prof. Dr. R. Ulusay JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Terminolojisi (devam ediyor)

Varnes (1978)



Tali ayna: Kayan kütle içinde meydana gelen farklı hareketler nedeniyle yerdeğiştiren malzemenin üst kısmındaki dik veya dike yakın yüzey.

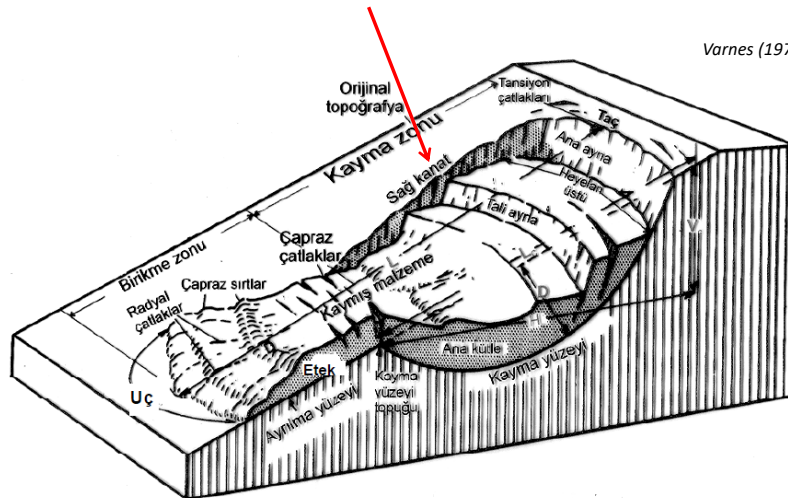
(Prof. Dr. R. Ulusay JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Terminolojisi (devam ediyor)

Varnes (1978)



Kanat: Duraysızlığı hareket etmemiş kesimden ayıran kenar kısımlar.

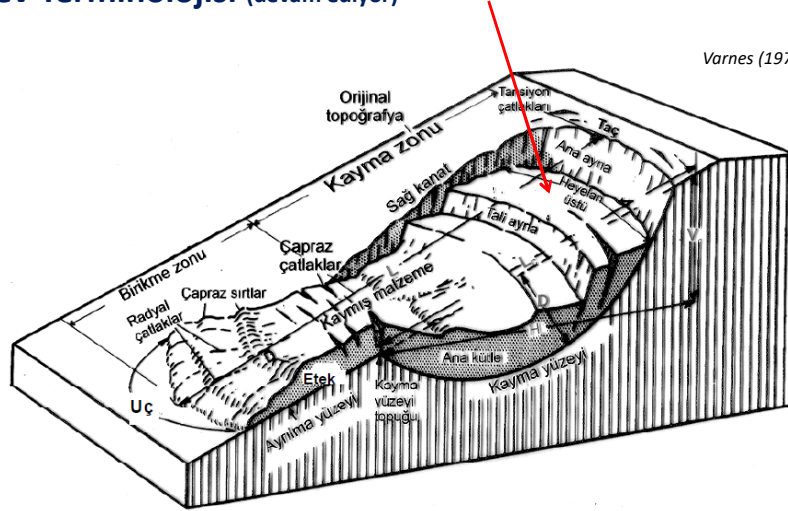
(Prof. Dr. R. Ulusay JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Terminolojisi (devam ediyor)

Varnes (1978)



Heyelan üstü: Yerdeğiştirmemiş malzeme ile taç kısmı arasındaki temas yüzeyi boyunca kaymış olan malzemenin üst kısımları.

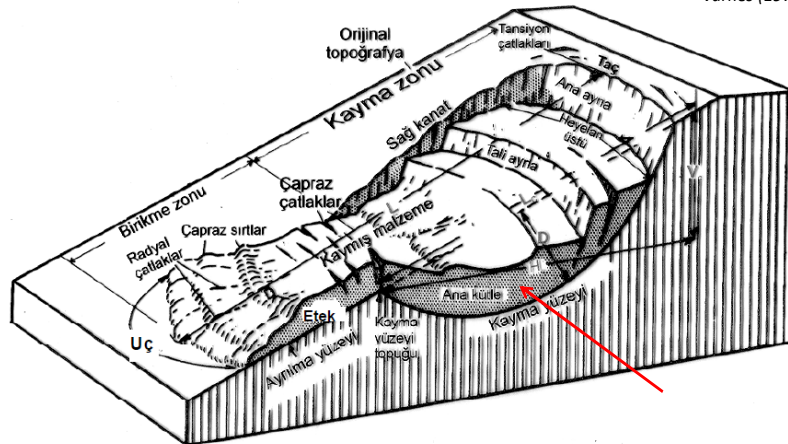
(Prof. Dr. R. Ulusay JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Terminolojisi (devam ediyor)

Varnes (1978)



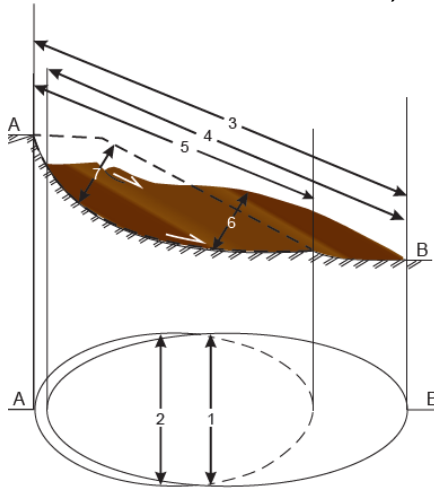
Ana kütle: Ana ayna ile kayma (yenilme) yüzeyinin topluğu arasında kalan ve kayma yüzeyini üzerleyen duraysızlığa uğramış (yerdeğiştirmiş) malzeme.

(Prof. Dr. R. Ulusay JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

Şev Terminolojisi (devam ediyor)*Heyelanların Boyutsal Özellikleri (WP/WLI, 1993)***TANIMLAMALAR**

1. **Kayan malzemenin genişliği**, W_d , L_d 'na dik olan maksimum genişliktir.
2. **Kayma yüzeyinin genişliği**, W_s , heyelanın kanatları arasındaki L_s 'na dik olan maksimum genişliktir.
3. **Toplam uzunluk**, L , heyelanın taç ile uç kısmı arasında kalan en kısa mesafedir.
4. **Kayan malzemenin uzunluğu**, L_d , heyelanın tepe noktası ile uç noktası arasında kalan en kısa mesafedir.
5. **Kayma yüzeyinin uzunluğu**, L_s , kayma yüzeyinin topuğu ile taç kısmı arasındaki en kısa mesafedir.
6. **Kayan malzemenin derinliği**, D_d , W_d ve L_d 'nu kapsayan düzleme dik olarak ölçülen, kayan malzemenin maksimum derinliğidir.
7. **Kayma yüzeyinin derinliği**, D_s , W_s ve L_s 'nu kapsayan düzleme dik olarak ölçülen, orjinal topografya üzerindeki kayma yüzeyinin maksimum derinliğidir.

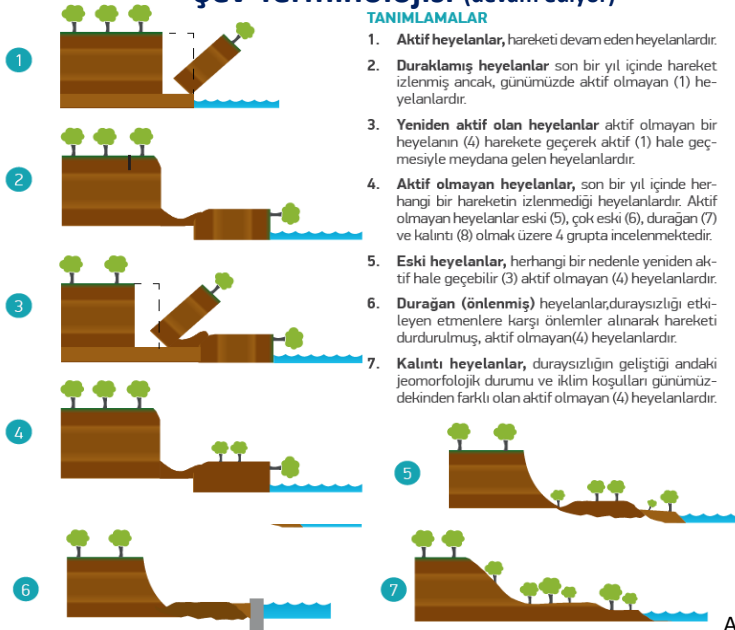


AFAD (2015)'den

Dr. H. Sönmez –JEM719

Şev Terminolojisi (devam ediyor)*Heyelanların aktivite özellikleri (WP/WLI, 1993).***TANIMLAMALAR**

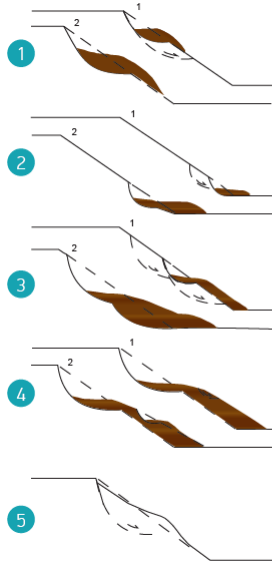
1. **Aktif heyelanlar**, hareketi devam eden heyelanlardır.
2. **Duraklamış heyelanlar** son bir yıl içinde hareket izlenmiş ancak günümüzde aktif olmayan (1) heyelanlardır.
3. **Yeniden aktif olan heyelanlar** aktif olmayan bir heyelanın (4) harekete geçerek aktif (1) hale geçmesiyle meydana gelen heyelanlardır.
4. **Aktif olmayan heyelanlar**, son bir yıl içinde herhangi bir hareketin izlenmediği heyelanlardır. Aktif olmayan heyelanlar eski (5), çok eski (6), duragan (7) ve kalıntı (8) olmak üzere 4 gruba incelenmektedir.
5. **Eski heyelanlar**, herhangi bir nedenle yeniden aktif hale geçebilir (3) aktif olmayan (4) heyelanlardır.
6. **Duragan (önlenmiş) heyelanlar**, duraysızlığı etkileyen etmenlere karşı önlemler alınarak hareketi durdurulmuş, aktif olmayan (4) heyelanlardır.
7. **Kalıntı heyelanlar**, duraysızlığın geliştiği andaki jeomorfolojik durumu ve iklim koşulları günümüzdekinden farklı olan aktif olmayan (4) heyelanlardır.



AFAD (2015)'den

Dr. H. Sönmez –JEM719

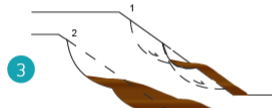
Şev Terminolojisi (devam ediyor)



1



2



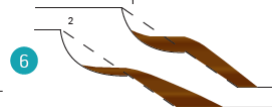
3



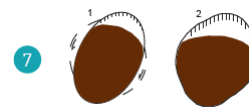
4



5



6



7

TANIMLAMALAR

1. **Hareket yönü boyunca genişleyen heyelan**, kayma yüzeyi hareketin yönü boyunca genişleyen heyelanlardır.
2. **Gerileyen heyelan**, kayma yüzeyi yer değiştiren malzemenin hareket yönünün tersi yönde gelişen heyelanlardır.
3. **Büyüyen heyelan**, kayma yüzeyi iki veya daha fazla yönde gelişen heyelanlardır.
4. **Küçülen heyelanlar**, yer değiştiren malzemenin hacminin giderek azaldığı heyelanlardır.
5. **Gizlenmiş (confined) heyelanlar**, ana aynası olan ancak, kayma yüzeyi ve topuğu gözükmeyen heyelanlardır.
6. **İlerleyen heyelanlar**, yer değiştirmiş malzemenin hacminde ve kayma yüzeyinde herhangi bir değişiklik olmadan hareketine devam eden heyelanlardır.
7. **Kanatlar boyunca genişleyen heyelanlar**, hareketin heyelanın kanatları boyunca genişlediği heyelanlardır.

Heyelanların aktivite yayılım özellikleri (WP/WLI, 1993).

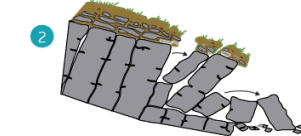
AFAD (2015)'den

Dr. H. Sönmez –JEM719

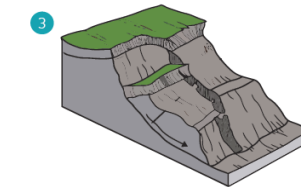
Şev Terminolojisi (devam ediyor)



1



2



3

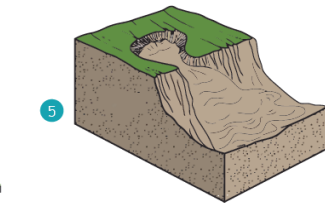


4

TANIMLAMALAR

1. **Düşme**, toprak ya da kaya bloklarının, dik bir yamaç boyunca herhangi bir makaslama yenilmesi olmaksızın ana kütlelerden ayrılmasıdır. Bu duraysızlık sırasında, bloklar serbest düşme, sıçrama ve yuvarlanma şeklinde hareket ederler.
2. **Devrilme**, toprak ya da kaya kütlelerinin ağırlık merkezinin üzerindeki bir nokta veya eksen boyunca çevden ileri doğru rotasyonel (dönel) hareketidir.
3. **Kayma**, toprak ve kaya kütlelerinin bir veya birden çok yüzey üzerinde makaslama deformasyonu sonucu meydana gelen hareketidir.
4. **Yanal Yayılma**, kohezyonlu topraklar veya kaya kütlelerinin altında bulunan daha yumuşak bir zemin üzerinde genişlemesidir. Yenilme yüzeyi en büyük makaslama gerilmesinin geliştiği yüzey olmayıp, sıvılaşma veya yumuşak zeminlerin akması sonucunda gerçekleşebilir.
5. **Akma**, birden fazla sayıda makaslama yüzeyi boyunca gelişen ve çoğunlukla serbest yüzeyler boyunca yer değiştirerek yayılan kütle hareketidir. Hareket eden kütlede hızın dağılımı, viskoz bir sıvıdaki dağılıma benzerdir.

Heyelanların aktivite yayılım özellikleri (WP/WLI, 1993).



5

AFAD (2015)'den

Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Duraysızlıklarının Sınıflandırılması

Sınıflandırma Gereksinimi ve İlk Sınıflamalar

Mühendislik amaçlı tüm sınıflamalar ilgili meslekler arasında iletişimi sağlamak, aynı dilin konuşulmasını sağlamak ve benzer özellikleri bir grup altında toplayarak aynı sınıf için değerlendirme ve uygulama bütünlüğünün veya birlikteliğinin sağlanmasıdır.

Şev duraysızlıklarının sınıflandırılmasında da amaç, duraysızlığın nedenleri, gelişim mekanizması ve alınabilecek önlemler gibi işlemlerde ilgili mühendisler arasında terminolojik bütünlüğün sağlanmasıdır.

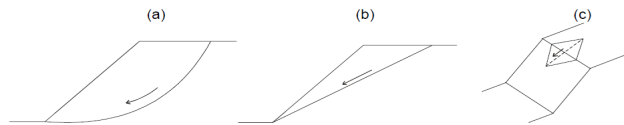
Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Duraysızlıklarının Sınıflandırılması (devam ediyor)

- (1) **Heim'in Sistemi** : Bu sistem, sadece Alp Dağlarındaki kaya şevlerinde meydana gelmiş duraysızlıklar için önerilmiş olup, 20 farklı kaya türünde gözlenen kaymalara göre esaslandırılmıştır. Ancak, toprak zeminleri içermemesi, ayrıca kaymanın türü, hızı, mekanizması vb. gibi özellikleri yansıtmaması gibi nedenlerle bu sistem kullanım alanı bulamamıştır (Zaruba ve Mencl, 1969'dan).
- (2) **Sverenskii'nin Sistemi**: Bu sistem, kayma yüzeyinin şeklini ve bir ölçüde de malzeme türünü dikkate almaktadır. Sistem, aşağıda belirtilen üç tür duraysızlığı tanımlamaktadır (Zaruba ve Mencl, 1969'dan).

- (i) Eğimle uyumsuz kaymalar: Dairesel yüzeyler boyunca ve sert kohezyonlu zeminlerde gelişen duraysızlıklar (Şekil 2.2a).
- (ii) Eğimle uyumlu kaymalar: Tabakalanma, eklem vb. gibi süreksizlik veya zayıflık düzlemleri üzerinde gelişen kayma türlerini kapsar (Şekil 2.2b).
- (iii) Süreksizliklerin kesişmesi sonucu gelişen kaymalar: Kesişen süreksizlik yüzeyleri boyunca gelişen bir kayma türü olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.2c).



Şekil 2.2. Sverenskii sınıflamasına göre şev duraysızlığı türleri: (a) eğimle uyumsuz kayma, (b) eğimle uyumlu kayma, (c) süreksizliklerin kesişmesiyle gelişen kayma.

(Prof. Dr. R. Ulusay JEO619 ders notlarından)

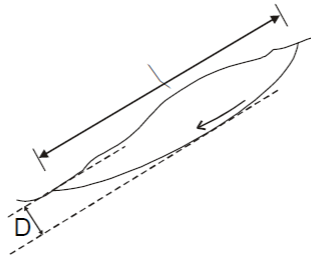
Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Duraysızlıklarının Sınıflandırılması (devam ediyor)

(3) Skempton (1953)'ün D/L 'ye göre morfolometrik sınıflaması: Skempton (1953; Zaruba ve Mencl, 1969'dan) c şığında verilen sınıflamayı duraysızlığın derinliğinin (D) yanı sıra, uzunluğunu (L) da dikkate alarak (Şekil 2.3) aşağıdaki gibi düzenlemiştir.

D/L	Sınıflama
0.5-5	Akma
5-10	Kayma
10-30	Toprak zemin kayması (slump)



Şekil 2.3. Duraysızlığın derinliği (D) ve uzunluğu (L) (Skempton, 1953).

Prof. Dr. R. Ulusay'ın ders notlarından

Dr. H. Sönmez –JEM719

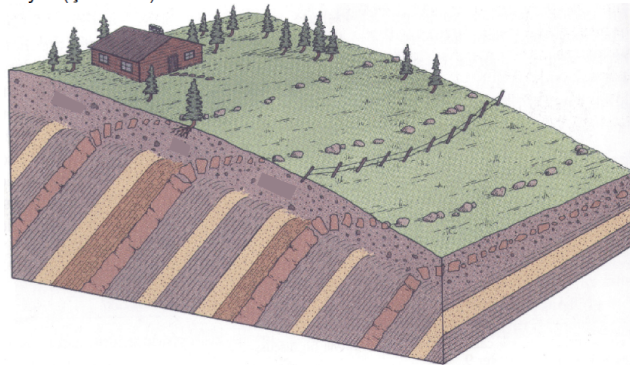


Şev Duraysızlıklarının Sınıflandırılması (devam ediyor)

(4) Zaruba ve Mencl (1969)'ün sınıflaması:

(i) Aktif Kayma:

- Farkedilmesi kolay
- Kayma bölgesinde ağaçlar düşey konumda değil
- Yollar, çitler ve direkler yerdeğiştirmiş, yapılar hasar görmüş ve açık tansiyon çatlakları gözleniyor (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Aktif kaymayı gösteren blok diyagram (Tarbuck ve Lutgens, 1984).

Prof. Dr. R. Ulusay'ın ders notlarından

Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Duraysızlıklarının Sınıflandırılması (devam ediyor)

(4) Zaruba ve Mencl (1969)'in sınıflaması: (devam ediyor)

(ii) Aktif hale geçebilir kayma:

- Farkedilmesi güç
- Genellikle bitki örtüsüyle kaplı
- Ağaçlar bükülmüş, tansiyon çatlakları moloz malzemesi tarafından doldurulmuş.
- Tetiklenmesi halinde tekrar aktif hale geçebilir.

(iii) Duraylı Şevler: Herhangi bir duraysızlığa ilişkin belirtilerin gözlenmediği şevler.

Prof. Dr. R. Ulusay'ın ders notlarından

(5) Heyelanların alansal yayılımlarına göre sınıflandırılması (Conforth, 2004).

Açıklama	Alan (ft ²)	Alan (m ²)
Çok küçük	< 2000	< 200
Küçük	2000-20000	200-2000
Orta	20000-200000	2000-20000
Büyük	200000-2000000	20000-200000
Çok büyük	2000000-20000000	200000-2000000
Olağanüstü büyük	>20000000	> 2000000

AFAD (2015)'den

Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Duraysızlıklarının Sınıflandırılması (devam ediyor)

(5) Heyelanların hızlarına göre sınıflandırılması (WP/WLI, 1995; Cruden ve Varnes, 1996).

Hız Sınıfı	Tanımlama	Hız (mm/sn)	Tipik Hız
7	Son Derece Hızlı	5×10^3	5 m/sn
6	Çok Hızlı	5×10^1	3m/dak
5	Hızlı	5×10^{-1}	1.8 m/yıl
4	Orta	5×10^{-3}	13 m/ay
3	Yavaş	5×10^{-5}	1.6 m/yıl
2	Çok Yavaş	5×10^{-7}	16 mm/yıl
1	Son Derece Yavaş		

(6) Heyelanlara yönelik sınıflamalarda, hareket ve malzeme türünü dikkate alan ve literatürde sıklıkla kullanılan sınıflama sistemi, Varnes (1978) tarafından önerilmiştir

Hareket Türü	Malzeme Türü			
	Kaya	Toprak		
		İri Taneli	İnce Taneli	
Düşme	Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Toprak Düşmesi	
Devrilme	Kaya Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Toprak Devrilmesi	
Kayma	Dönel / Ötelenmeli	Kaya Kayması	Moloz Kayması	Toprak Kayması
Yayıma		Kaya Yayılması	Moloz Yayılması	Toprak Yayılması
Akma		Kaya Akması	Moloz Akması	Toprak Akması
		Derin Krip		Krip
Karmaşık	En az iki veya daha fazla sayıda heyelanın bir arada geliştiği heyelanlar			

AFAD (2015)'den

Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Duraysızlıklarının Sınıflandırılması (devam ediyor)

(5) Avrupa ülkeleri için geliştirilmiş olan heyelan sınıflama (EPOCH, 1993).

Tür	Kaya			Moloz			Toprak		
Düşme	Kaya Düşmesi			Moloz Düşmesi			Toprak Düşmesi		
Devrilme	Kaya Devrilmesi			Moloz Devrilmesi			Toprak Devrilmesi		
Kayma (Dairesel)	Tekil	Çoklu	Ardışık	Tekil	Çoklu	Ardışık	Tekil	Çoklu	Ardışık
Kayma (Düzensel)	Kaya Kayması			Moloz Kayması			Toprak Kayması		
Kayma (Düzensel Olmayan)	Blok Kayması			Blok Kayması			Dilimli Kayma		
Yanal Yayılma	Kaya Yayılması			Moloz Yayılması			Toprak Yayılması		
Akma	Kaya Akması			Moloz Akması			Toprak Akması		
Karmaşık	2 veya daha fazla türdeki heyelan birlikte oluşmaktadır.								

(7) Varnes (1978) sınıflamasını temel alan ve Cruden ve Varnes (1996) tarafından önerilen sınıflama.

Hareket Türü	Kaya	Malzeme Türü	
		İri Taneli	İnce Taneli
Düşme	Kaya Düşmesi	Moloz düşmesi	Toprak Düşmesi
Devrilme	Kaya Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Toprak Devrilmesi
Kayma	Kaya Kayması	Moloz Kayması	Toprak Kayması
Yayıma	Kaya yayılması	Moloz Yayılması	Toprak Yayılması
Akma	Kaya Akması	Moloz Akması	Toprak Akması

AFAD (2015)'den

Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Duraysızlıklarının Sınıflandırılması (devam ediyor)


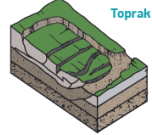
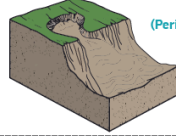
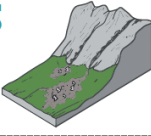
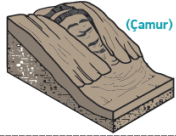


Düşme	 Kaya Düşmesi	 Moloz Düşmesi Ayna Kaya Talus Moloz Konisi	 Toprak Düşmesi İnce Malz. Ayna Kaya Moloz Konisi	
Devrilme	 Kaya Devrilmesi	 Moloz Devrilmesi Moloz Konisi	 Toprak Devrilmesi Çatlaklar Moloz Konisi	
Kayma	Dönel	 Tekil Dairesel Kayma	 Çoğul Dairesel Kayma Ana Ayna Ayna Tali Ayna Kayma Düzlemi Topuk	 Ardışık Dairesel Kayma
	Ötelenmeli (Düzensel)	 Kaya Kayması	 Moloz Kayması	 Toprak Kayması

AFAD (2015)'den

Dr. H. Sönmez –JEM719



Şev Duraysızlıklarının Sınıflandırılması (devam ediyor)

Yanal Yayılma		Örn: Şişme ve Kamburlaşma		Toprak Yayılması		
Akma		Toprak Akması (Periglasiyal Akma)		Moloz Akması		Toprak (Çamur) Kayması
Karmaşık		Örn: Çökme-Toprak Akması İle Kaya Düşmesi		Örn: Kompozit, dairesel olmayan/dönel düzlemsel kayma topukta toprak akmasına dönüşüyor		

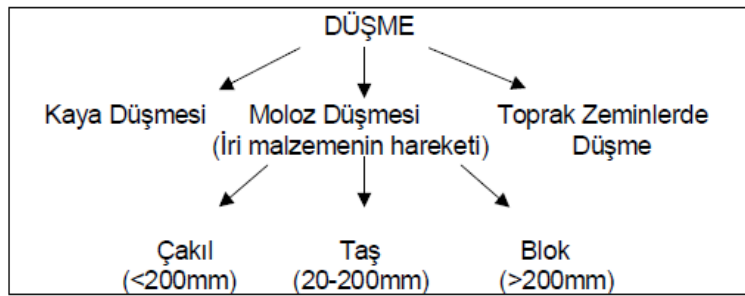
AFAD (2015)'den

Dr. H. Sönmez –JEM719



Düşme

Toprak, kayaç , münferit blokların veya molozların her hangi bir makaslama yenilmesi olmaksızın yerçekiminin etkisi altında eğim aşağı (düşey) hareketidir.

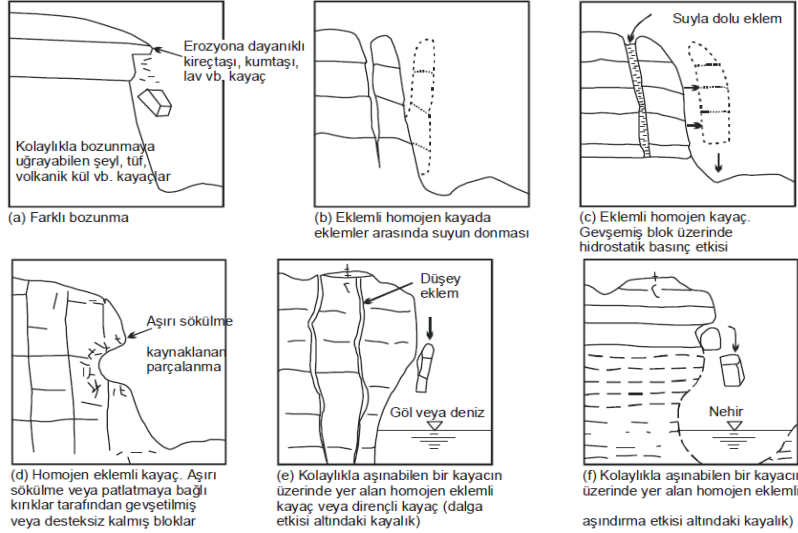


(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Düşme (devam ediyor)



Düşme duraysızlığında etkin olan mekanizmalar (Broms, 1975) (Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Devrilme

Eğimi şevin tersi yönde olan devamlılığı yüksek süreksizliklerle bölünmüş olan kolonsu yapıların bir dönme noktası üzerinde yerçekimi etkisi altında eğim aşağı boşluğa devrilmesi şeklinde tanımlanır.

(a) Bükülme devrilmesi

Topuk erozyonu, kayma, alttan kazı (madencilik vb. amaçlarla) gibi nedenlerle ince ve devamlılığı yüksek kolonların kazı boşluğuna doğru bükülmesi ve kayacın çekilme dayanımının aşılmasıyla kolonların karılması sonucu gelişir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Sert kaya şevlerinde meydana gelen bükülme devrilmesi (Hoek ve Bray, 1977) ve Kastamonu KB'sından bir örnek (Fotoğraf: R. Ulusay).

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Devrilme (devam ediyor)

(b) Blok tipi devrilme:

Bu devrilme türü, dike yakın süreksizlikler içeren ve bu süreksizlikleri bölen diğer süreksizliklerin oluşturduğu blokların kayması sonucu meydana gelir. Topuktaki ilk ve en kısa blok kayınca gerideki bloklar da devrilme davranışı gösterirler (Şekil 2.8). Yenilmenin tabanı bükülme türü devrilmedekine göre daha belirgin olup, çapraz süreksizliklerden dolayı basamaklı bir görünüm sergiler.



Şekil 2.8. Blok tipi devrilme (Hoek ve Bray, 1977).

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Devrilme (devam ediyor)

(c) Bloklu-bükülme tipi devrilme:

Bu tür devrilme, Şekil 2.9'dan görüleceği gibi, ince-uzun kolonların çapraz süreksizlikler tarafından kesilmesi sonucu gelişir. Sürekli kolonların bükülerek yenilmesi yerine, kolonların devrilmesi çapraz süreksizlikler üzerinde yoğunlaşan yerdeğştirmelerle meydana gelir. Bükülme devrilmesinde gözlenene oranla biraz daha fazla çekilme çatlacağı gelişir ve bloklar arasındaki temas ve boşluk miktarı daha az olur.



Şekil 2.9. Bloklu-bükülme tipi devrilme (Hoek ve Bray, 1977).

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



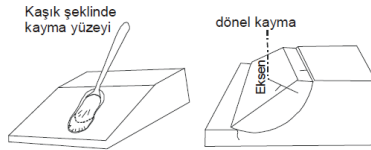
Kayma

Bir veya birden fazla yüzey üzerinde ve makaslama birim deformasyonu sonucu meydana gelen hareketler genel anlamda kayma olarak tanımlanır. Kayma hareketleri dönele (dairesele) ve ötelenmeli olmak üzere iki grupta değerlendirilir.

(a) Dönele (dairesele) kayma:

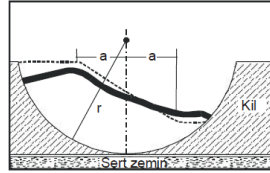
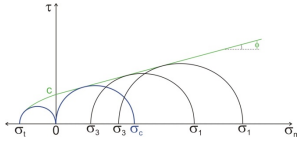
Dönele kaymalar, kaşık şeklindeki bir yüzey boyunca gelişir (Şekil 2.11) ve harekete bağlı çatlaklar plan görünümünde konsantrik olup, hareketin yönüne doğru dış bükeydir. Bu tür kaymaların tipik özelliği, şev üzerindeki ağaç, kafes, direk vb. ile kayan kütlelerin geriye yatık olmasıdır (Şekil 2.12).

Dönele (dairesele) kayma



Şekil 2.11. Üniform bir malzemede gelişmiş dönele kayma (Varnes, 1978).

Makaslama dayanımı



Şekil 2.12. Dairesel kayma yüzeyi ve geriye doğru yatmış kayan kütle (Varnes, 1978).

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Kayma (devam ediyor)

Duraysızlık, orta derecede bir hızla ve belirgin bir kayma yüzeyi boyunca gelişen makaslama yenilmesi sonucu meydana gelir. Bu tür kaymalar, aşağıda belirtilen ortamlarda gelişir:

- Toprak zeminlerde açılmış şevlerde
- Nehir yataklarında
- Dolgularda
- Atık sahalarında
- Maden işletmelerindeki toprak harmanlarında
- İleri derecede eklemli kaya kütlelerinde (Şekil 2.13a)
- İleri derecede ayrılmış (bozunmuş) kayalarda dairesel kayma (Şekil 2.13b)

Dönele (dairesele) kayma

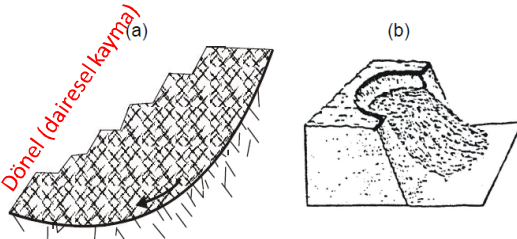


Foto: H. Sönmez

Şekil 2.13. (a) İleri derecede eklemli kaya kütlelerinde ve (b) ayrılmış kayalarda dairesel kayma.

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



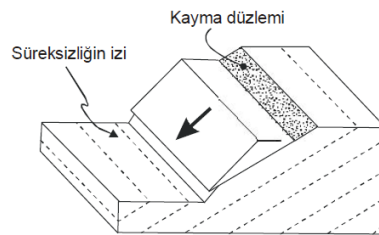
Kayma (devam ediyor)

(b) Ötelenmeli kayma:

Bu tür kaymalarda, kütle düzlemsel veya ondüleli bir kayma yüzeyi üzerinde ve geriye yatmaksızın hareket eder. Ötelenmeli kayma türleri aşağıda verilmiştir.

(i) Düzlemsel kayma:

Düzlemsel kayma, genellikle düz veya az dalgalı bir süreksizlik yüzeyi boyunca gelişen makaslama yenilmesine bağlı olarak meydana gelir ve kütle yaklaşık olarak süreksizlik düzleminin genel eğimine paralel yönde hareket eder (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Düzlemsel kaymanın blok diyagramı ve bir açık işletmede düzlemsel kayma (Fotoğraf: R. Ulusay).

$$\tau_{\text{kayaç}} \gg \tau_{\text{süreksizlik}}$$

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

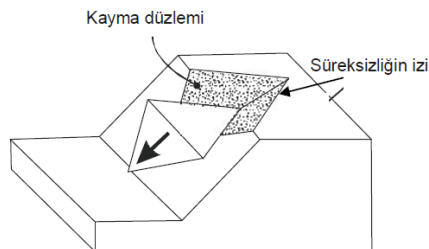


Kayma (devam ediyor)

Ötelenmeli kayma

(ii) Kama türü kayma:

Eklemli sert kaya kütlelerinde ve devamlılığı yüksek fisürlere sahip aşırı konsolide killerde süreksizliklerin veya fisürlerin kesişmesi sonucu tetrahedral kama blokları oluşur. Süreksizliklerin kesişme hattının dalım açısının şevim eğiminden küçük olması ve bu yüzeylerin makaslama dayanımının aşılması halinde, söz konusu tetrahedral kama blokları kazı boşluğuna doğru hareket ederler (Şekil 2.19) ve bu duraysızlık kama türü kayma olarak adlandırılır.



Şekil 2.19. Kama türü kaymanın blok diyagramı ve kama türü kayma (Kızılcahamam-Gerede karayolu, Fotoğraf: R. Ulusay)

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

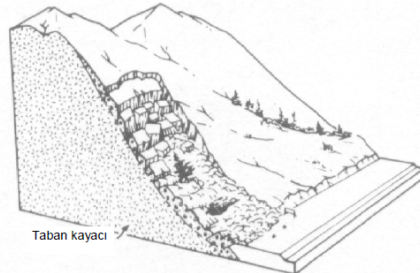
Dr. H. Sönmez –JEM719

Kayma (devam ediyor)

Ötelenmeli kayma

**(iii) Moloz kaymaları:**

Bu tür duraysızlıklarda kayan malzeme genellikle düşük koheziona sahip olup, hareket sırasında dönmeye ve burulmaya eğilim gösterir. Moloz kaymaları, eğimli ana kaya üzerinde birikmiş sığ moloz şevlerinde gelişir ve yamaç eğimi yaklaşık $25^\circ - 45^\circ$ arasında olup, $D/L < 0.05$ 'tir. Hareketin hızı, yamaç eğimine bağlı olup, kil içeriğinin artmasıyla azalır. Bu tür kaymalar, genel olarak, aşırı yağışlar ve depremler tarafından tetiklenir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. Moloz kayması (Varnes, 1978).

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

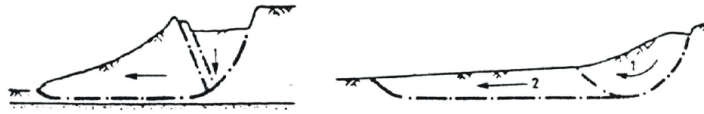
Dr. H. Sönmez –JEM719

Kayma (devam ediyor)

Ötelenmeli kayma

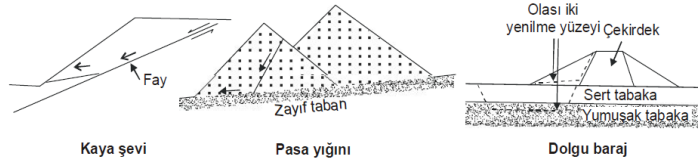
**(iv) Birleşik yüzeyler boyunca kaymalar:**

Bu tür duraysızlıklar, şevdeki karmaşık yapının bir sonucu olarak gelişir. Kayma yüzeyleri üstte oldukça dik ve eğrisel, altta düzlemsel iki birleşik yüzeyin yanı sıra, iki veya daha fazla sayıda düzlemsel yüzeyin birleşmesinden de oluşabilir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Dairesel ve düzlemsel yüzeylerin birleşiminden oluşan birleşik kayma yüzeylerine tipik örnekler.

Bu tür bir duraysızlığın gelişiminde şevdeki heterojen koşullar etkili olur. Özellikle bozunmuş ve bozunmamış malzemeler arasındaki sınır önem kazanır. Çift veya üç yüzeyli kaymaların (aktif-pasif kama) meydana gelebileceği ortamlar ve koşullar Şekil 2.22'de gösterilmiştir.



Şekil 2.22. İki veya üç yüzeyli ötelenmeli kaymaların geliştiği ortam koşullarıyla ilgili örnekler.

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Yanal Yayılma

Makaslama ve tansiyon çatlaklarının eşliğinde çok düşük eğimli yenilme yüzeyleri üzerinde gelişen yanal yöndeki hareketlerin oluşturduğu duraysızlık türüdür. *Bunlar depremler sırasında gelişen zemin sıvılaşması davranışına bağlı yanal yayılma hareketi ile karıştırılmamalıdır.*

(i) *Yanal kaya yayılması:*

Bu tür yayılma, örneğin kil gibi plastik özellikteki bir zeminin üzerinde yer alan bloklu kaya kütesinin dokanak yüzeyi boyunca makaslama yenilmesi sonucu ve yavaş bir hızla kazı boşluğuna doğru hareketiyle gelişir. Kaya kütesini bölen devamlılığı yüksek süreksizliklerin oluşturduğu kaya blokları kilometrelerce mesafe boyunca plastik malzeme üzerinde hareket edebilirler (Şekil 2.23a).

(ii) *Yanal zemin yayılması:*

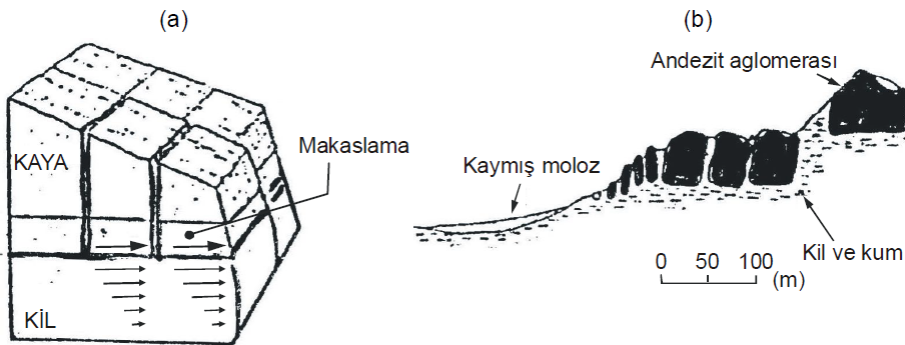
Bu tür yayılma, göreceli olarak sönümlü ve zayıf kil veya benzeri bir malzeme içindeki rijit, eklemli veya tabakalı bir kaya kütesinin eğim aşağı hareketi olarak tanımlanabilir (Şekil 2.23b). Özellikle örselenme veya yoğrulma sonucu dayanımlarını önemli ölçüde yitiren duyarlı killer ve siltlerde gözlenir. Duraysızlık, yerel olarak başlar ve yayılır. Bu tür yanal yayılmalarda en yüksek hız 10-25 mm/yıl olup, genellikle harekete ilişkin belirgin göstergeler gözlenmez ve hareketin gelişiminde yüksek su basınçları etkilidir. Bu tür hareketin içinde geliştiği yumuşak zon kalın ise, bloklar zeminin içine batar ve geriye doğru yatar. Yumuşak zonun ince olması koşulunda ise, duraysızlık ötelenmeli kayma türüne dönüşür.

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Yanal Yayılma (devam ediyor)



Şekil 2.23. (a) Yanal kaya yayılması ve (b) yanal zemin yayılması (Broms, 1975).

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Akma

Bu duraysızlık, konsolide olmamış malzemenin doygun, ya da kuru halde ve düşük veya yüksek hızla yamaç boyunca akması şeklinde gelişir. Akma duraysızlığında, kaymaya oranla, malzemenin içsel deformasyonu daha fazladır. Hareketin birden fazla sayıda makaslama yüzeyi boyunca gerçekleşmesi ve su içeriği yüksekse malzemenin akışkan gibi davranması (özellikle ince taneli malzemelerde) bu duraysızlığın en tipik özellikleridir. Hem kaya, hem de toprak zemin türü malzemelerde gelişen akma davranışı, toprak zeminlerde akan malzemenin türüne göre kuru kum akması, çamur akması ve moloz akması şeklinde alt gruplara ayrılır.

(i) Kaya akması:

Kaya akmaları, genellikle yavaş, bazen gravite hareketi şeklinde gelişir ve kayma sonrası kıvrılma, bükülme ve kabarma gibi yüzey şekilleri oluşur. Kaya akmalarının nümerik çözümü çok güç olup, küçük veya büyük boyutlu kırıklar arasındaki kaya bloklarının deformasyonu söz konusudur.

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

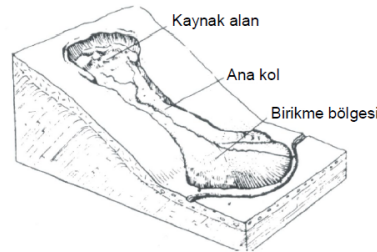
Dr. H. Sönmez –JEM719



Akma (devam ediyor)

(ii) Zemin akması:

Toprak zemin akması, tipik olarak topukta gelişen bir hareket türü olup, yumuşak ve ayrılmış malzemenin yavaşça hareketi şeklinde gelişir (Şekil 2.24). Yamaç eğiminin azalmasıyla ve zemin kütlelerinin kurumasıyla dayanım artar, dolayısıyla hareketin hızı azalır. Bu akma türü, kayma hareketi ile çamur akması arasındaki geçişi karakterize eder. Genellikle hareketin başlangıcı zor farkedilir ve kısa sürelidir. Özellikle yağıştan sonra su ile zeminin karışması hareketin gelişiminde etkili olur. İnce taneli silt, kil ve killi kumun varlığı halinde hareketin hızı artar ve hız malzemenin su içeriğine ve yamaç eğimine bağlı olarak değişir. Başlıca üç toprak zemin akması türü olup, bunlara aşağıda kısaca değinilmiştir.



Şekil 2.24. Zemin akması (Cruden ve Varnes, 1996).

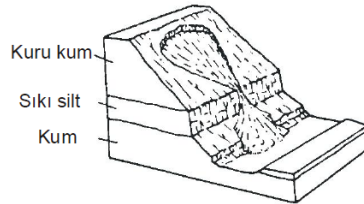
(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

Akma (devam ediyor)

Zemin akması

(ii/1) Kuru kum akması: Hızlı – çok hızlı bir hareket türü olan kuru kum akması, kıyılarda ve kuru taneli malzemenin üzerindeki dolgularda yaygın olarak gelişir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. Kuru kum akması (Cruden ve Varnes, 1996).

(ii/2) Çamur akması: Hızlı bir akma türü olup, yamaç eğiminin 5° - 15° arasında değişmesi bu hareket için yeterlidir. Hareketin geliştiği malzemelerde %50 kum-silt ve kil taneleri (kil fraksiyonu %40-65) tipiktir. Ayrıca, ince kum ara bantları içeren ve yüksek su basınçlarının geliştiği fisürlü ve fisürsüz killer ile kolaylıkla ayrılmaya maruz kalabilen şeyl gibi kayalar ve ince taneli volkanik kül seviyelerinde, ayrıca lölserde de gelişebilir. Bu zeminlerde kum seviyelerinde gelişen erozyon, akmaya neden olur. Kayma yüzeyleri genellikle parlak ve kaygandır (Şekil 2.26a).

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

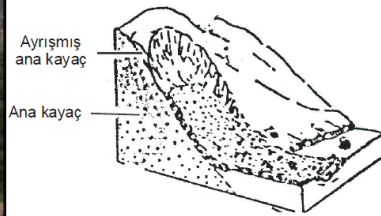
Akma (devam ediyor)

(iii) Moloz akması:

Bazı sınıflama sistemlerinde çamur akması olarak da değerlendirilen bu tür duraysızlık, tane boyu esas alınarak ayrı bir grup halinde değerlendirilir. Moloz akmaları, genel olarak, aşırı yağış ve karın erimesi sonucu dağlık bölgelerde yamaçlardaki molozların eğim aşağı harekete geçmesidir (Şekil 2.26b). Kütle taşınması sürecinden kütle hareketine dönüşüm; γ_{sat} (doğgun birim hacim ağırlık): $1.9 - 2.0 \text{ } \gamma/\text{cm}^3$ ($18.6-19.6 \text{ kN/m}^3$) ve kil içeriğinin %5 olmasıyla gerçekleşir. Yüksek gözenek suyu basınçları ve drenajsız koşullarda meydana gelen bu hareket yavaş veya çok hızlı olabilir. Kilometrelerce uzunlukta gözlenebilen moloz akmalarının üç türü vardır.



- (b)
- ✓ Yüksek yamaçlardaki moloz akması
 - ✓ Drenaj ağı boyunca moloz akması
 - ✓ Moloz çığı



Şekil 2.26. (a) Çamur akması (2005 Kızulu heyelanı-Koyulhisar; Fotoğraf: R. Ulusay) ve (b) moloz akması (Cruden ve Varnes, 1996).

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

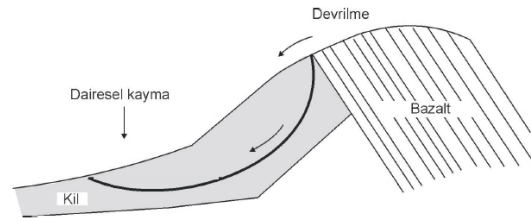


Karmaşık Duraysızlıklar

Birden fazla sayıda değişik duraysızlık türünün birbirini izleyerek geliştiği duraysızlıklara karmaşık kayma adı verilir ve

- Kaya düşmesi ve moloz çığı,
- Dönel kayma ve kaya devrilmesi (Şekil 2.28),
- Dönel kayma ve zemin akması ve
- Ötelenmeli kayma ve kaya düşmesi

gibi duraysızlıkların birliktelikleri bu türe tipik örnekler oluşturur.



Şekil 2.28. Dairesel ve devrilme türü duraysızlıkların birbirini izlediği karmaşık türde duraysızlıklara bir örnek.

(Prof. Dr. R. Ulusay'ın JEO619 ders notlarından)