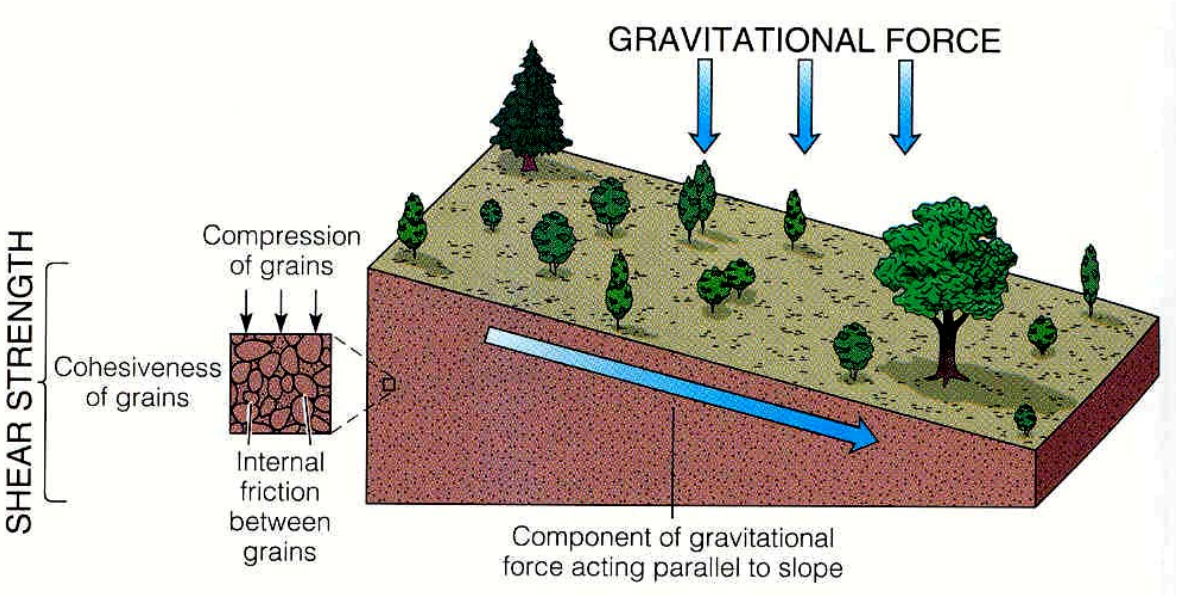
VI. KÜTLE HAREKETLERİ (MASS MOVEMENTS)

Ayrışma ile oluşmuş malzemenin veya kaya kütlelerinin yerçekiminin etkisiyle yamaçlardan aşağıya doğru yavaş veya hızlı bir şekilde kütlesel olarak yerdeğiştirme olayına **kütle hareketi** denir. Yamaç dengesinin bozulması kütle hareketlerinin oluşumunun en önemli nedenidir.



Şekil VI.1. Yamaç üzerinde etkili olan kuvvetler.

VI.1. KÜTLELERİ NELER HAREKET ETTİRİR ?

Arazi gözlemleri, kütle hareketlerini başlatan başlıca unsurların şunlar olduğunu göstermiştir:

1) Yamaç malzemelerinin türü: Yamaç malzemeleri, sağlam kaya kütlesi veya kayaçların bozunmuş kısımlarından oluşan (toprak dahil) zemin (regolith) olabilir. Bu malzemeler, tutturulmamış (gevşek ve çimentolanmamış, unconsolidated) veya tutturulmuş (sıkışmış ve çimento mineralleri ile bağlanmış) olabilirler.

2) Malzemelerin su içeriği: Malzemelerin içindeki su miktarı (su içeriği) malzemelerin ne kadar gözenekli (tanelerarası boşluklu) ve ne kadar yağmur veya diğer kaynaklardan su aldığına bağlıdır.

3) Yamaç eğimi ve duraysızlığı (instability) : yamaç eğimi ve duraysızlığı, yamaç malzemelerinin düşme, kayma ve bazı koşullarda akma eğilimlerini değiştirir.

Bu üç unsurda doğada çalışır fakat bunlardan insan etkilerine en fazla bağlı olanlar yamaç (şev) duraysızlığı ve su içeriğidir. Üç unsurunda etkisi aynıdır: kaymaya olan direnci azaltırlar, ve bunun sonucunda yerçekimi kuvvetleri ağır basarak kütle hareket etmeye başlar.

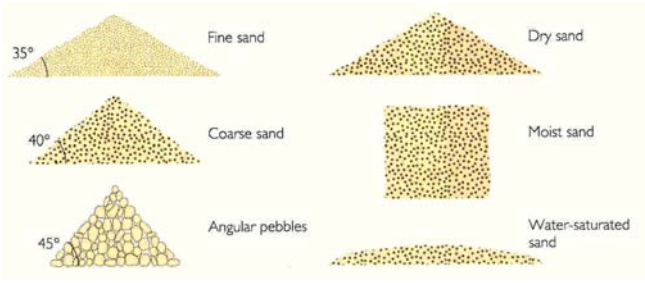
Çizelge. VI.1.

KÜTLE HAREKETLERİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR			
YAMAÇ MALZEME TÜRÜ	**YAMAÇ EĞİMİ**	**SU İÇERİĞİ**	**HAREKET OLASILIĞI**
Gevşek kum veya kumlu silt	Doğal açı	Kuru Islak	Kazı ile yamaç eğimi artmazsa duraylı Kum suya doygunsa akabilir
Kum, silt ve topraktan oluşan karışım	Orta	Kuru Islak	Kazı ile yamaç eğimi artmazsa duraylı Heyelan, kayma veya akmaya eğilimli
	Yüksek	Kuru Islak	Geçici olarak duraylı Kayma veya akmaya çok eğilimli
Çatlaklı ve deforme kayaç	Orta-yüksek eğimli	Kuru veya ıslak	Kaya düşmesi veya kayması olabilir
Sağlam kayaç	Orta Yüksek	Kuru veya yaş Kuru veya yaş	Duraylı Kaya düşmesi veya kayması olabilir

VI.1.1. Yamaç malzemelerinin türleri

Tutturulmamış malzemeler

Bu tür malzemelerden oluşan bir yığının -örneğin bir kum yığını- doğal koşullarda kendi kendini duraylı olarak tuttuğu bir açı vardır (angle of repose: **doğal yığın açısı, DYA**). Herhangi bir yamacın (şevin) açısı, bu açıdan fazla ise, şevin duraylılığı kaybolur. Şevi oluşturan malzemeler, şev duraylı hale gelene kadar hareket ederler (doğal yığın açısında olan bir kum kütlesi üzerine kum döküldüğünde olduğu gibi). Bu doğal açı, malzemelerin tane boyu ve şekli ile değişir (Şekil VI.1). Daha büyük, yassı ve köşeli taneler, daha yüksek DYA larda duraylıdır. Kumla yaptığımız modellerde, ıslak kumun kendini daha yüksek açılarda tuttuğunu biliriz. Dolayısı ile, bir miktar su malzeme tanelerini bir arada tutar.



Şekil VI.2. Tutturulmamış çeşitli malzemelerde oluşan doğal yığın açıları.

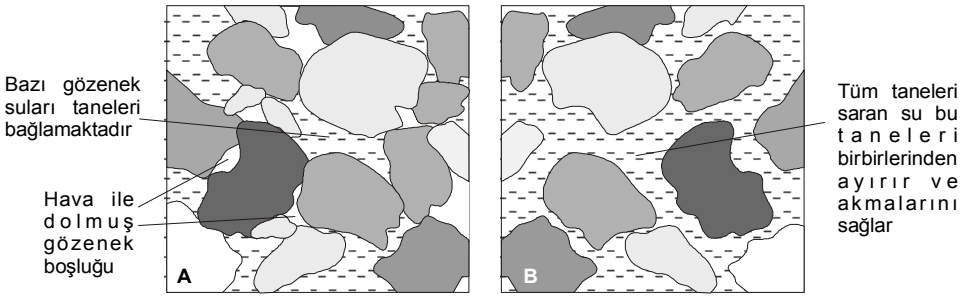
Tutturulmuş malzemeler

Sıkışmış ve çimento mineralleri ile bağlanmış olan malzemelerle üzeri bitki örtüsü ile kaplı topraklar, tutturulmamış olanlara nazaran daha yüksek açılarda doğal duraylılıklarını korurlar. Bu tür malzemelerin tanelerini birada tutan kuvvetler, kohezyon, adhezyon, bağlanma (bir çimento ile) ve bitki köklerinin tutma kuvvetleridir. Kohezyon, aynı türden olan malzeme tanelerini bir arada tutar. Adhezyon ise, değişik türde malzeme tanelerini bir arada tutan kuvvettir. Zayıf bir çimentolanma bile, malzeme DYA'sını arttırır. Tüm bu kuvvetlere, "içsel sürtünme" (internal friction) adı verilir. Bu olgunun büyük değerlere ulaştığı kayaçların taneleri, bir kum yığınındaki taneler kadar hareket etmeye serbest değillerdir. Eğer bu tür kayaçlar hareket ederlerse, hareketleri kütle yerdeğiştirmesi - akışkan gibi değil - şeklinde olur.

VI.1.2. Su içeriği

Tutturulmuş malzemelerin kütle hareketleri genellikle su **içeriğinin artmasına** ve/veya **yamaç eğimlerinin artmasına**, ve/veya **bitki örtüsünün kalkmasına** bağlı olarak gelişir. Yeraltı su tablası altında kalan kısımda, gözenekler su ile dolunca, bu su, taneler arasında yağ gibi bir rol oynar, ve taneleri birbirleri üzerinde kaymalarınıkolaylaştırır (Şekil VI.2). Bu bazen bir kil tabakasına suyun girmesi, kili şişirmesi ve kilin üzerindeki malzeme ile beraber kaymasına neden olur. Bazende su basıncı (boşluk suyu basıncı) o kadar yüksek değerlere ulaşır ki, kayaç tanelerini birbirlerinden uzaklaştırır, koparır ve kaydırır. Bu durumda malzeme, bir akışkan gibi - kütle gibi değil - akar.

Topraklarda da, erozyon, toprak yakma ve ağaç kesme işlemleri, toprağı birada tutan bitki köklerini ortadan kaldırma nedeni ile, duraysızlıklar artar.



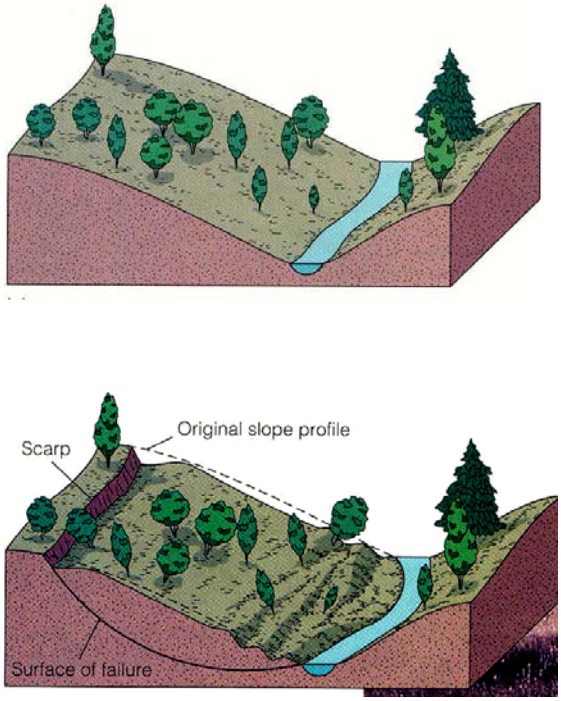
Şekil VI.2. a) Suya doygun olmayan bir ortamda taneler arasındaki boşlukları hava ve su doldurur. b) Suya doygun kısımda taneler arasındaki boşlukları su doldurur.

VI.1.3. Yamaç eğimi ve duraysızlıkları

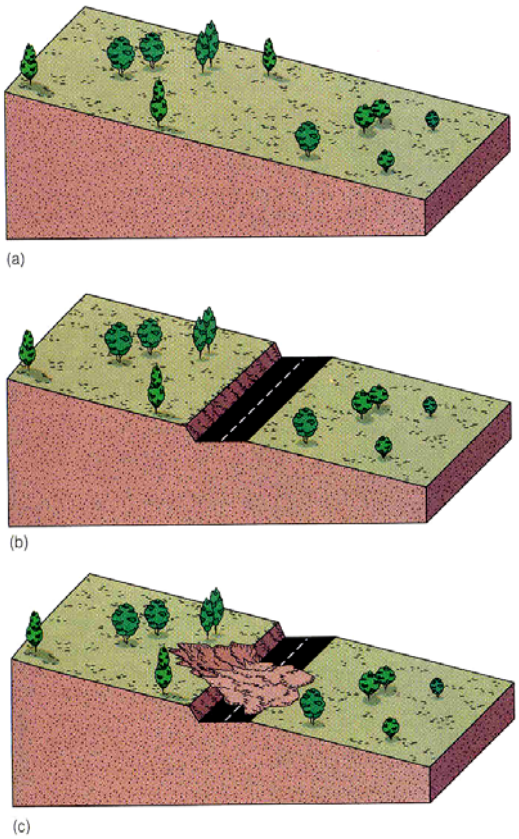
Yamaç eğimleri, kolaylıkla bozunan şeyl (ince taneli denizel tortul kayaç) ve volkanik tüf (küllerden oluşur) formasyonlarında yataya yakın iken, sert ve sağlam kayalarda düşeye yakın olabilir. Yamaç eğimleri, kayacın bozunma (weathering) ve parçalanmasına (fragmentation) bağlıdır. Duraylılık özellikle kayaç tabaka eğimlerinin yamaç eğimine az çok paralel olduğu yerlerde azalır. Bu durumdaki kayaçlarda, tabaka arası yüzeyler, ya yüzeyin iki tarafındaki malzemenin mineral içerik farkı ve/veya bu iki malzemenin suyu tutma farkı nedeniyle özellikle duraysızlık yaratırlar.

VI.1.4. Kütle hareketlerini tetikleyen nedenler

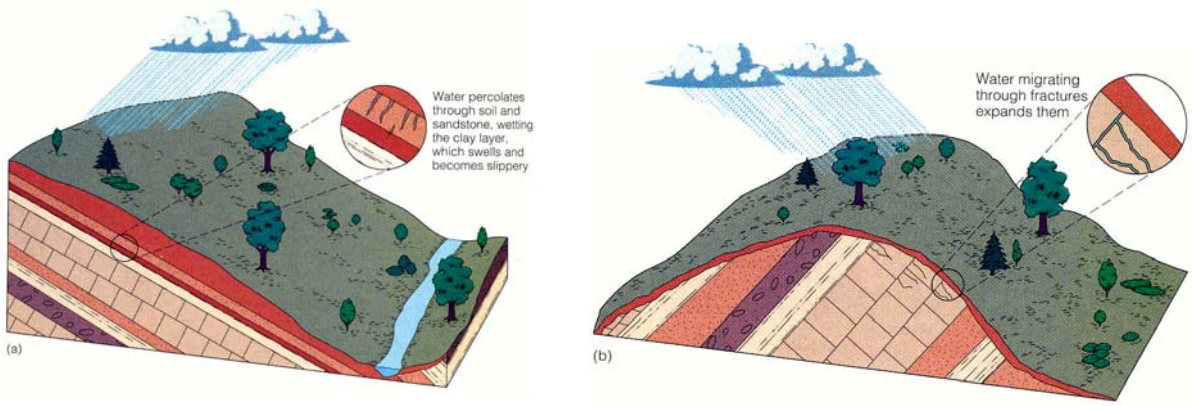
"Uygun malzeme", su ve yüksek yamaç açıları biraraya geldiklerinde, kayma veya akma önlenemez hale gelir. Bir tetiklemeye gereksinme vardır. Bu çoğu kez önemli bir yağış sonrası gelişir. Depremlerde kütle hareketlerini kolaylaştıran bir etmendir. Sismik hareketler sırasında, sıvılaşma adı verilen bir olay gelişebilir. Bu, hareket sırasında suya doygun kumlu seviyelerin sarsılmalarla akışkan gibi davranarak taşıdıkları formasyonları (ve varsa yapıları) taşıyamaz hale gelmeleri ile açıklanır. Türkiye'de olagelen değişik depremlerde (örneğin 1999 Gölcük depreminde Gölyaka beldesinde gelişen sıvılaşma ve buna bağlı olarak binaların zemin içine gömülmeleri) bu olay gözlemlenmiştir.



Şekil VI.3.



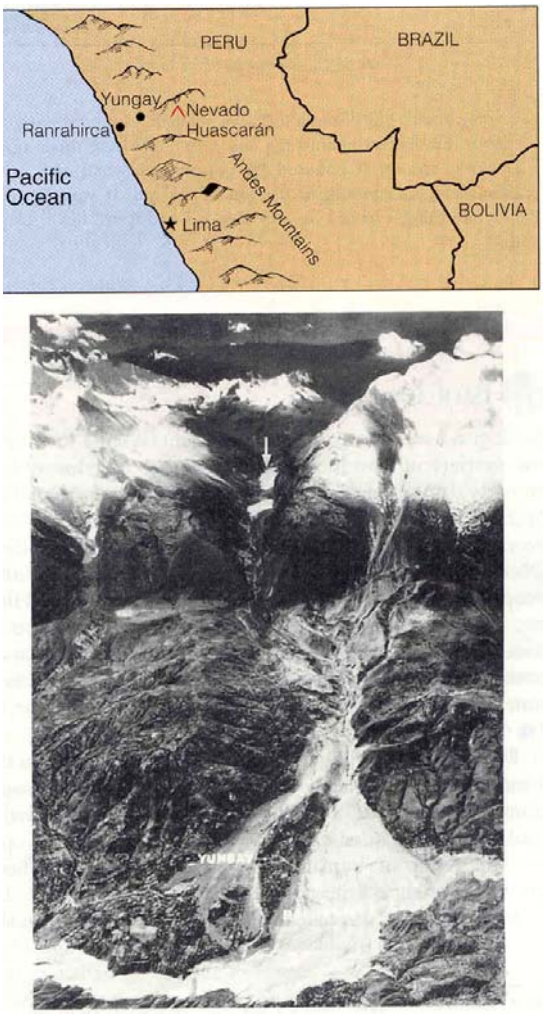
Şekil VI.4.



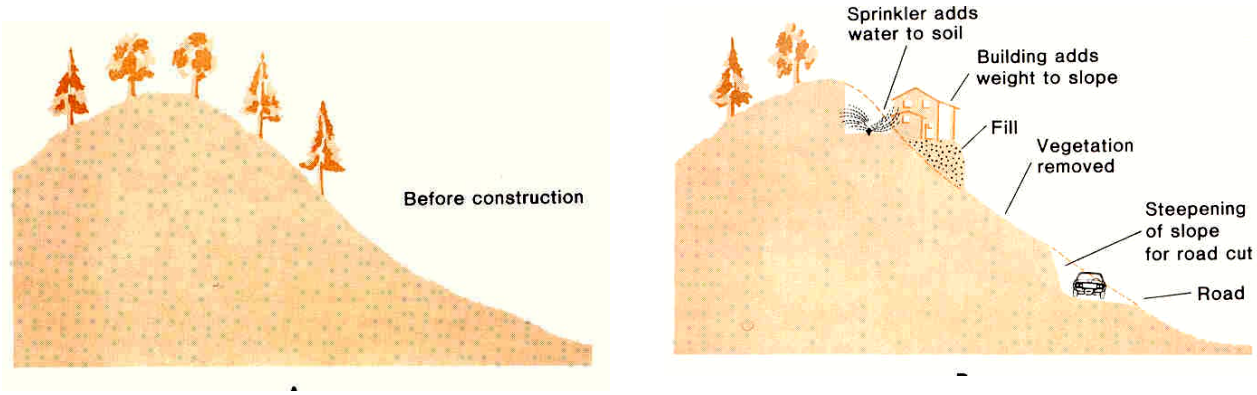
Şekil VI.4. Tabaka konumu (a) ve eklem konumlarının (b), yamaç duraylılığına etkisi



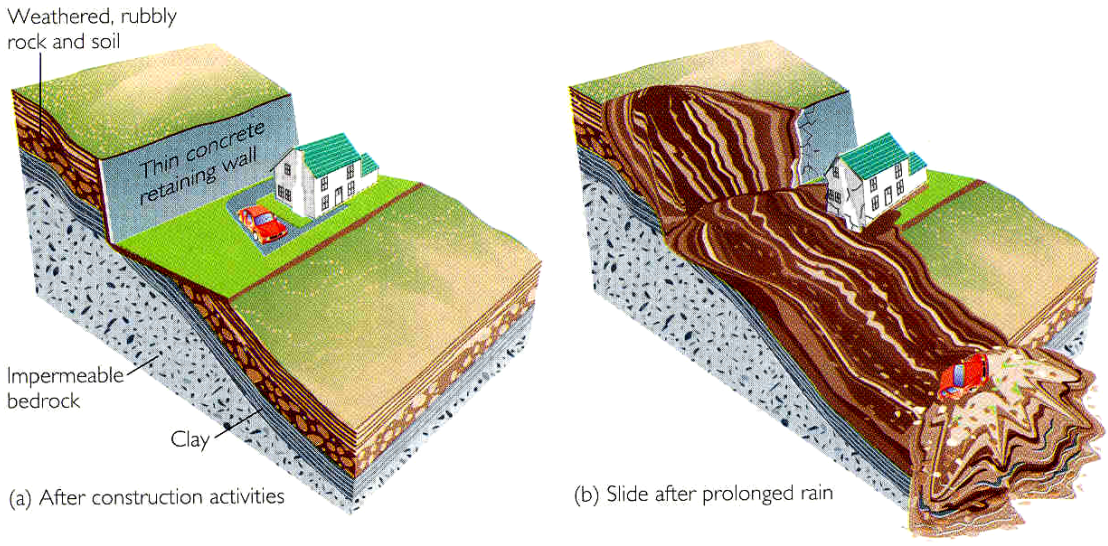
Şekil VI. 5. 1972 Hong Kong. 67 ölü



Şekil VI.6. Depremin tetiklediği ve Yungay ile Ranrahirca kentlerinde 25,000 den fazla insanın ölümüne neden olan kompleks kütle hareketi. Şehrin 65 km doğusunda ve 6654 m yükseklikte başlayan kütle hareketi 320 km/saat hıza ulaşmıştırr



Şekil VI. 7. Yapılaşmanın yamaç duraylılığına etkisi



Şekil VI.8. Yamacın duraysızlaşmasına neden olan faaliyetler

VI.2. KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMALARI

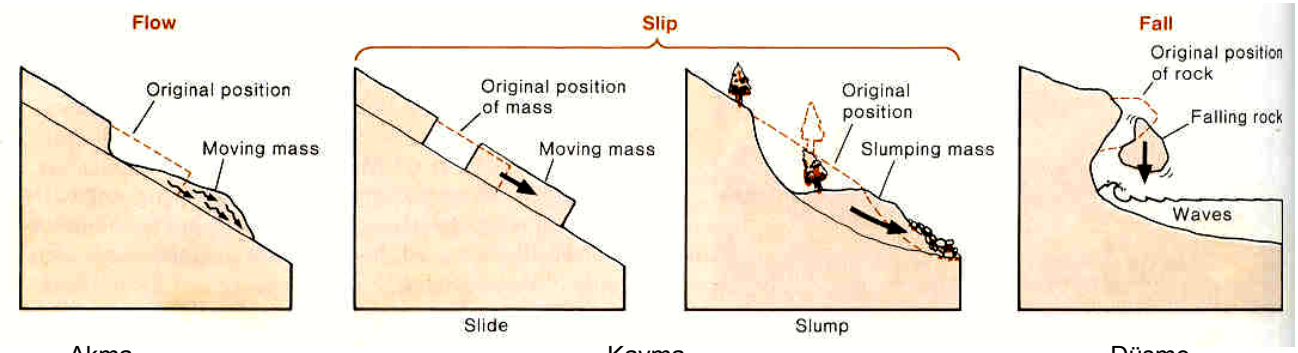
Her ne kadar halk dilinde her türlü kütle hareketi "heyelan" olarak anılsa da, birbirinden farklı yönleri olan bu hareketlerin isimlendirilmesinde fayda vardır. Kütle hareketleri şu unsurlara bağlı olarak sınıflandırılır:

1) Hareketin türü: düşme, kayma (az çok bir birim şeklinde hareket), akma (malzeme akışkan gibi davranır), ve kompleks.

2) Malzeme türü (örneğin kaya veya tutturulmamış moloz)

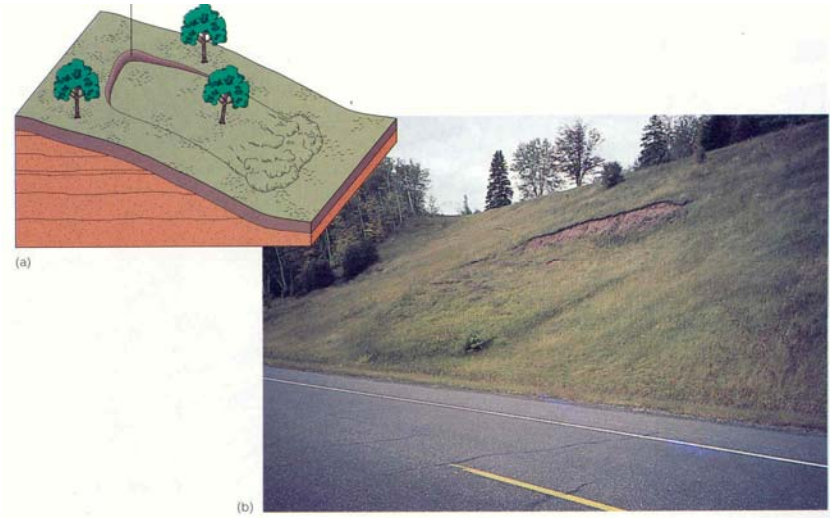
3) Hareketin hızı (yılda birkaç santimetreden saatte kilometrelere kadar)

VI.2.1. Hareketin türü

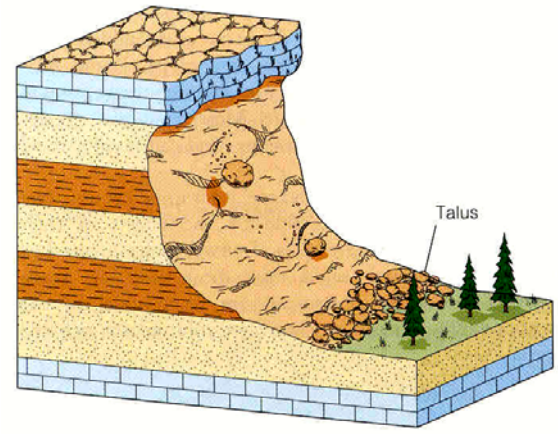


Akma Kayma Düşme

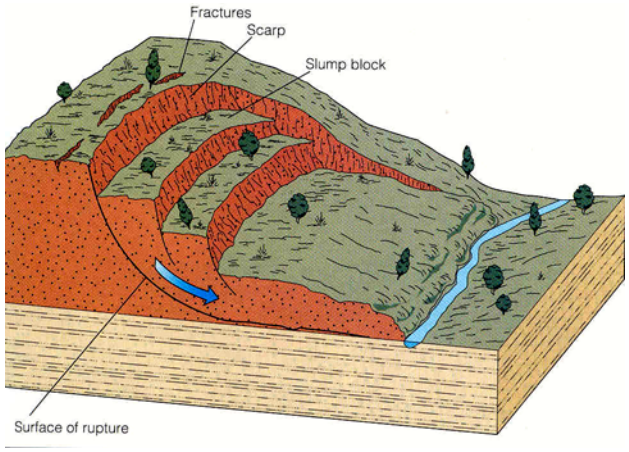
Şekil VI.9. Hareketin türüne göre kütle hareketleri



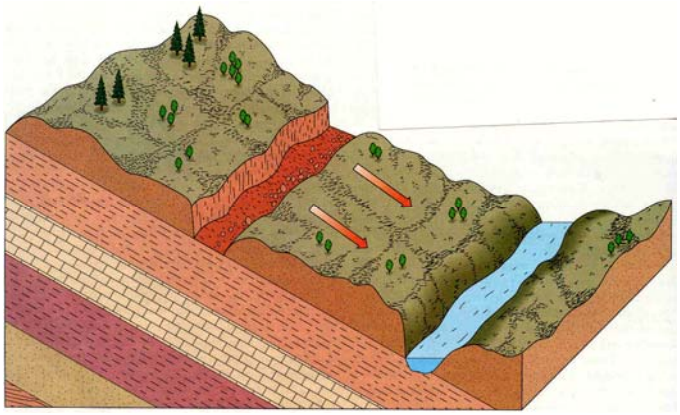
Akma



Düşme



Slump (kavisli kayma)



Kayma

Şekil VI.10. Değişik tür kütle hareketleri

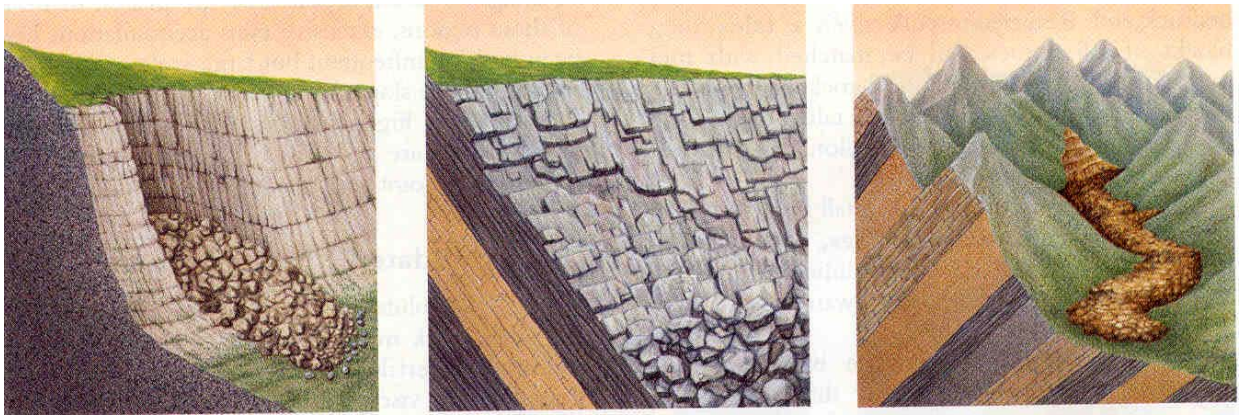
VI.2.2. Malzemenin türü

Kaya kütlesi hareketleri

Bu hareketler adı altında, kaya düşmesi, kaya kayması ve kaya çığı gibi hareketler incelenir. Kaya düşmesi, fiziksel ve kimyasal bozunma ve erozyonla kaya kütlesinden koparılan kaya bloklarını belirtir. Bazen, düşme sınırındaki bir blok, ana kütle ile arasındaki çatlaklara dolan suyun donması ve itmesi ile düşer. Hızlı bir hareket olmasına karşın seyrek rastlanır. Kaya blokları düşmek yerine daha sık olarak kayarlar. Bloklar bazen de kar çığlarına benzer bir şekilde akarak kaya çığlarını (rock avalanche) oluştururlar. Sıklıkla depremlerin tetiklediği bu hareketlerle, yarım milyon metrke küp hacimde kütleler, onlarca veya yüzlerce kilometre/saat hızda yerdeğiştirebilirler. Çok yıkıcı türde hareketlerdir. Genellikle bozunmanın etkin olduğu dağlık kısımlarda gelişirler, ve yüksekliği 150 metreden fazla ve eğimi 25° dan az olmayan kaya yamaçlarında oluşurlar.

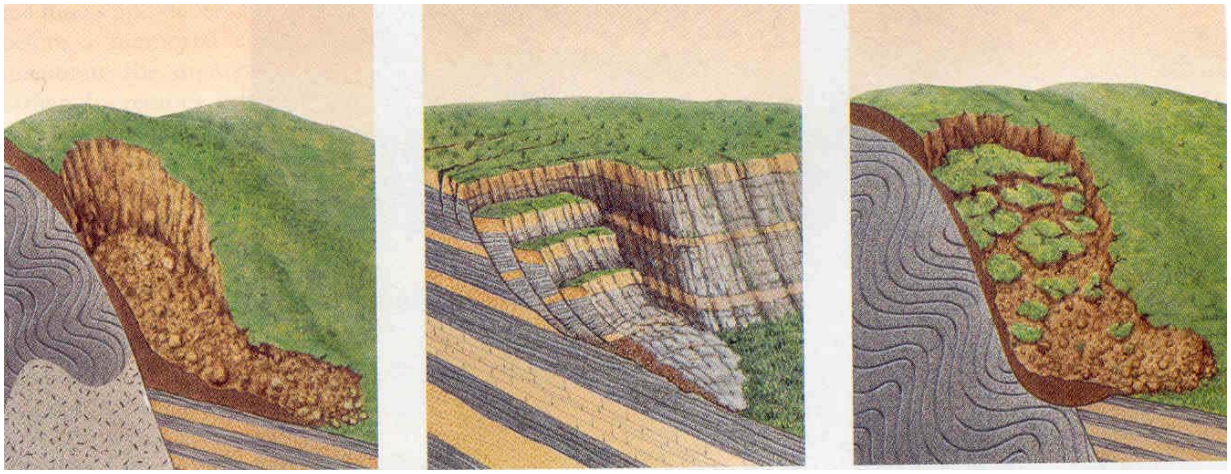
Tutturulmamış kütle hareketleri

Bu tür hareketler genellikle kıvamı yüksek akışkanların (şurup ya da bal gibi) akma hareketlerine benzerler. En yavaşı olan krip (creep), yılda 1 ila 10 milimetre kadar hızla hareket eden zeminler için kullanılır. Telefon direkleri, bahçe çitleri ve ağaçlar gibi yere iyi tutunmuş veya tutturulmuş cisimlerin yamaç aşağıya doğru hareketleri ile anlaşılırlar. Diğer hareketlerden, yer akmaları (earth flow), moloz akmaları (debris flows), çamur akmaları ve özellikle moloz çığları daha hızlı ve daha tehlikeli kütle hareketlerindendir.

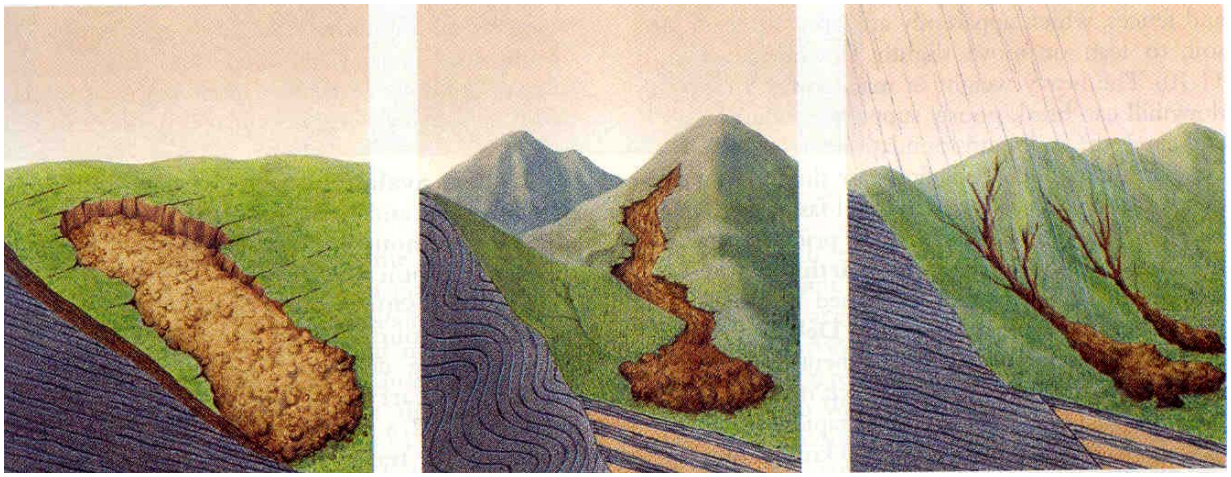


(a) (b) (c)

Şekil VI.11. Tutturulmuş malzeme üzerinde gelişen kütle hareketleri. (a) **Kaya düşmesi**. Bir yar veya dik dağ yamacından düşen kaya blokları, (b) **Kaya kayması**. Önemli miktarda kaya bloğunun yamaçyan aşağıya bir kütle şeklinde kayması, (c) **Kaya çığı**. Büyük kayaç kütlelerinin bir vadi içinde yüksek hızda akması

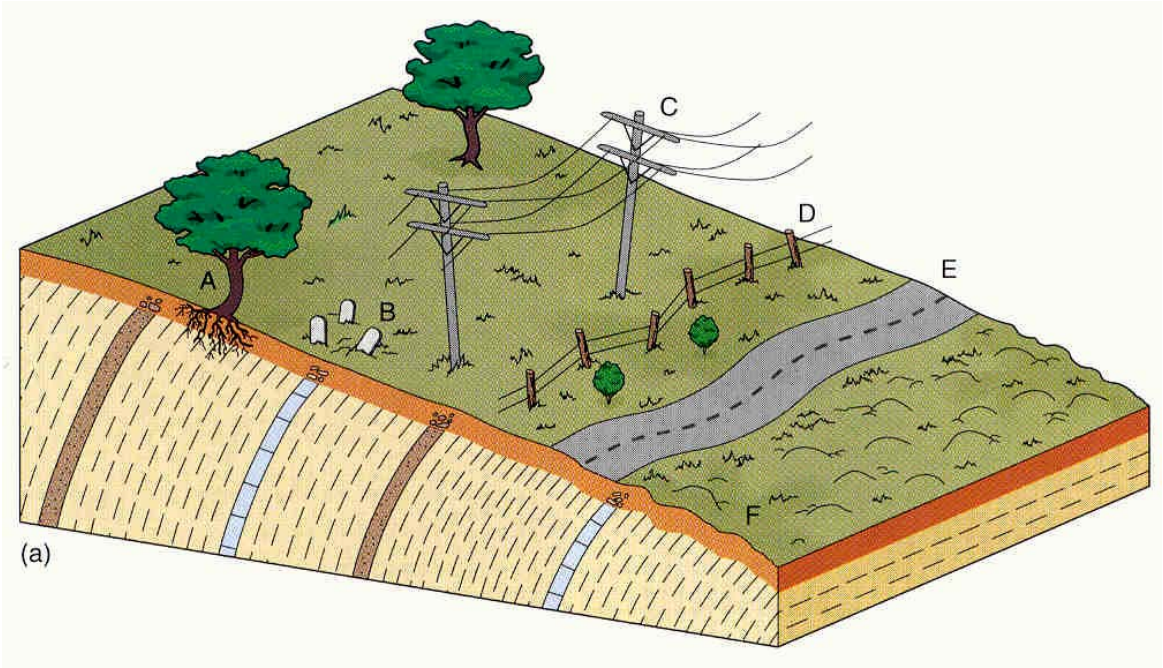


Moloz çığı (debris avalanche) Kavizli kayma (Slump) Moloz kayması (debris slide)

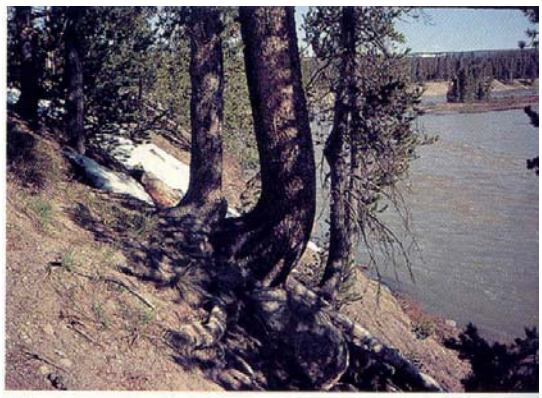


Toprak akması (earth flow) Moloz akması (debris flow) Çamur akması (mud flow)

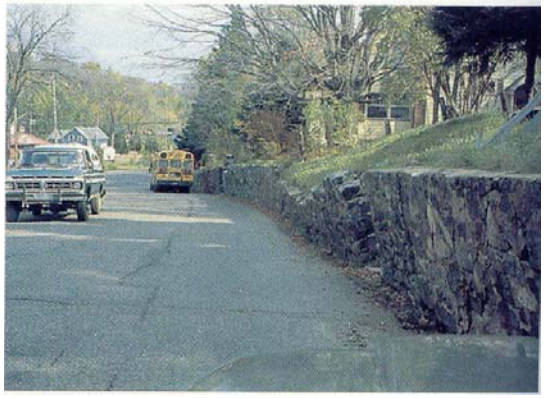
Şekil VI.12. Tutturulmamış malzeme üzerinde gelişen kütle hareketleri







(c)



Şekil VI. 13. Krip (Creep) toprak veya molozların yamaç aşağıya yılda 1-10 mm hızda akması.