

BÖLÜM 11 KÜTLE HAREKETLERİ (MASS WASTING)

GİRİŞ

Jeolojik ortamda kütleler sadece erozyonla aşınıp taşınmazlar. Yerçekimi, kütleleri hareket ettiren bir diğer unsurdur. Kütlelerin ağırlıkları bu kütleleri yerinde tutan kuvvetlere ulaştığı (eşitlendiği) anda, kütle hareketleri başlar. Bu hareketler, çok küçük boyuttan kilometre boyutuna kadar heyelanlar, kaya düşmeleri ve kaya çığları şeklinde olabilir. Özellikle ülkemizde önemli can kaybı ve hasarlara yol açan kütle hareketlerinin incelenmesinde ve mühendislik girişimlerinde ele alınmasında gerek ve yarar vardır.

Kütle hareketleri, kaya veya zeminin (toprağın) yerçekimi etkisi ile yamaç aşağı kayması sırasında rol oynayan tüm işlevlerle ilgilenir. Kaya malzemesinin bozunma ve parçalanmasının bir sonucudur. Özellikle tepe ve dağlık kesimlerin erozyonunun önemli bir parçasıdır. Dağlarda kaymalarla yerşekillerini değiştirirler. Bu kaymalar sonucu harekete geçen kütleler, yamaçlarda molozlar şeklinde birikir ve bazen akarsu yataklarına baraj yaparak doğal göller oluştururlar. Gerek bu kayma alanlarını gerekse de moloz tortularını inceleyen yerbilimciler, bu alanlarda eskiden oluşmuş yer hareketlerini anlayabilirler. Yine bu sayede bu alanların bu anlamda bir risk taşıyıp taşımadıkları ortaya çıkabilir.

Kütle hareketlerinin oluşumunda insanın da etkisi vardır. ABD'de, doğal olarak yılda 600 milyon ton malzemenin doğal yollarla hareket ettiği bilinmektedir. Genellikle, insan eliyle yapılan değişikliklerin doğal koşullarla olanlara göre az olduğu düşünülmektedir. Buna karşın, yine ABD'de, evlerin ve inşaatların yapılması için yürütülen çalışmalar ile 800 milyon ton malzemenin insan eli ile kazıldığı ve hareket ettirildiği bilinmektedir.

Bu bölümde, kütlelerin niçin hareket ettiği, hareketlerin farkları ile iklim, plaka tektoniği ve insan etkinliğinin hareketlerle olan ilişkileri ele alınmıştır.

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

3) **Yamaç eğimi ve duraysızlığı** (instability) : yamaç eğimi ve duraysızlığı (yamacın kendini tutamaması), 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.

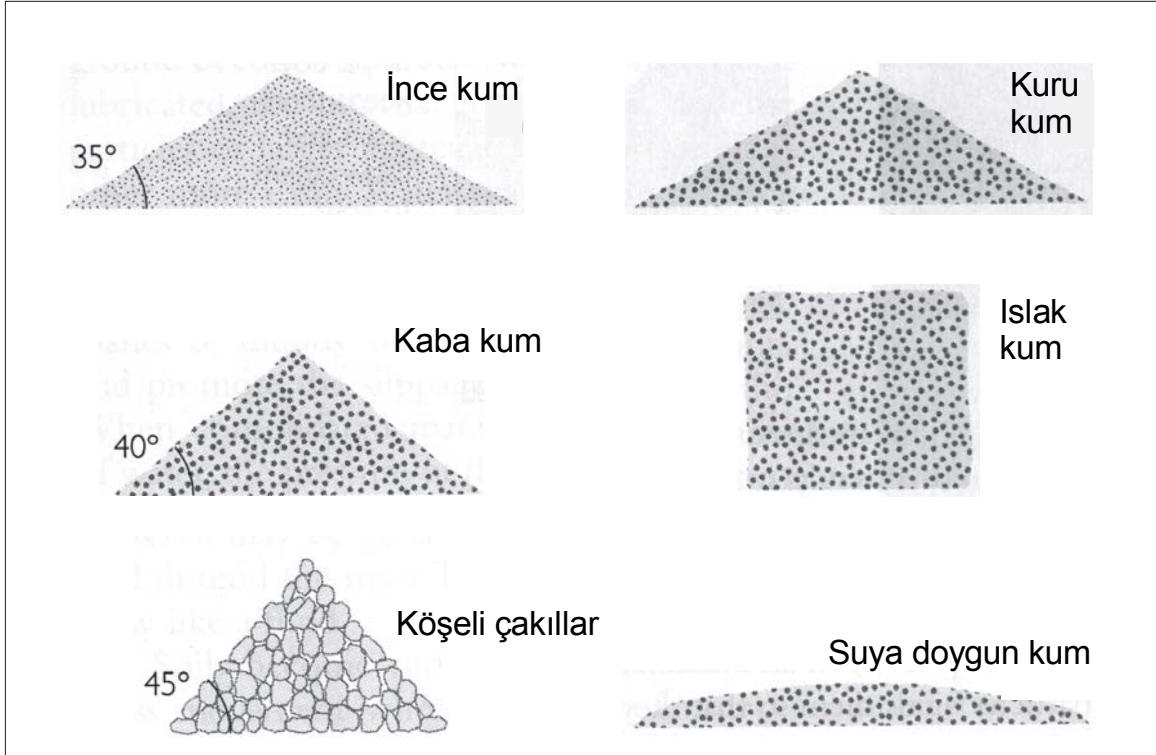
Çizelge. 11.1.

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	Kuru veya yaş	Duraylı
	Yüksek	Kuru veya yaş	Kaya düşmesi veya kayması olabilir

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 (**doğal yığın açısı, DYA**, angle of repose). 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 bir parça kum döküldüğünde olduğu gibi). Bu doğal açı, malzemelerin tane boyu ve şekli ile değişir (Şekil 11.1). 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 (fazla olmamak koşulu ile) malzeme tanelerini bir arada tutar.



Şekil 11.1. Tutturulmamış çeşitli malzemelerde oluşan doğal yığın açıları.

Tutturulmuş malzemeler

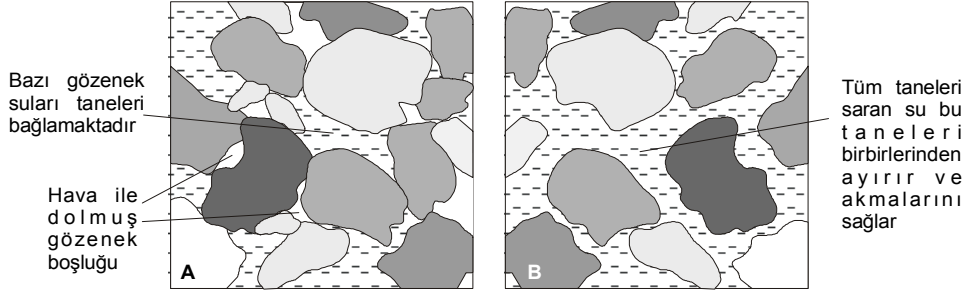
Sıkışmış ve çimento mineralleri (örneğin kalsit) ile bağlanmış olan malzemelerle üzeri bitki örtüsü ile kaplı topraklar, tutturulmamış olanlara nazaran daha yüksek açılarda doğal duraylılıklarını korurlar. Bu tür malzemelerin tanelerini birada tutan kuvvetler, kohezyon, adhezyon, bağlanma (bir çimento 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 artırır. 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 akışkan gibi değil, kütle yerdeğiştirmesi şeklinde olur.

Tutturulmuş malzemelerin kütle hareketleri genellikle 1) su içeriğinin artmasına ve/veya 2) yamaç eğimlerinin artmasına ve/veya 3) bitki örtüsünün kalkmasına bağlı olarak gelişir.

1. Su içeriği

Yeraltı su tablası altında kalan kısımda gözenekler su ile dolunca, bu su taneler arasında yağ gibi bir rol oynar ve tanelerin birbirleri üzerinde kaymalarını kolaylaştırır (Şekil 11.2). 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 11.2. a) Suyu doymun olmayan bir ortamda taneler arasındaki boşlukları hava ve su doldurur. b) Suyu doymun kısımda taneler arasındaki boşlukları su doldurur.

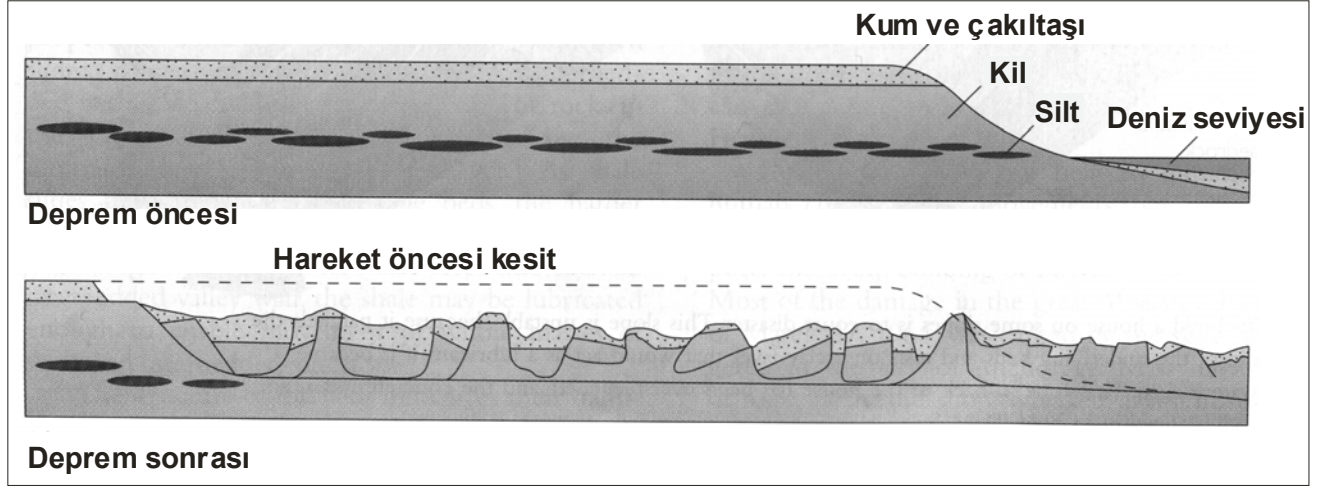
2. Yamaç eğimi ve duraysızlıkları

Yamaç eğimleri, kolaylıkla bozulan şeyl (ince taneli denizel tortul kayaç) ve tuf (püskürük kayaç küllerinden oluşur) formasyonlarında yataya yakın iken, sert ve sağlam kayalarda düşeye yakın olabilir. Yamaç eğimleri, kayacın bozunma (weathering) ve parçalanmasına (fragmentation) bağlıdır. Eğer tabaka eğimleri yamaç eğimine ters yönde ise duraylılık artar. Tam tersine, kayaç tabaka eğimlerinin yamaç eğimine az çok paralel olduğu yerlerde duraylılık 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.

Kütle hareketlerini tetikleyen nedenler

"Uygun malzeme" (tutturulmamış kayaç gibi), 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 diğer etmendir (Şekil 11.3). Sismik hareketler sırasında, sıvılaşma adı verilen bir olay gelişebilir. Sıvılaşma, deprem hareketi sırasında suya doymun 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 11.3. Sıvılaşma olayını gösteren kesitler.

KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMALARI

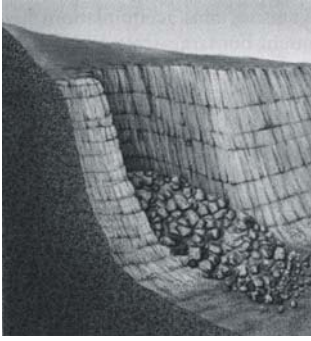
Her ne kadar halk dilinde her türlü kütle hareketi "heyelan" olarak anılsa da, birbirinden farklı özellikleri olan bu hareketlerin isimlendirilmesinde fayda vardır. Jeologlar, kütle hareketlerini şu unsurlara bağlı olarak sınıflandırır:

- 1) Malzeme türü (örneğin kaya veya tutturulmamış moloz),
- 2) Hareketin hızı (yılda birkaç santimetreden saatte kilometrelere kadar),
- 3) Hareketin türü: kayma (az çok bir birim şeklinde hareket) veya akma (malzeme akışkan gibi davranır).

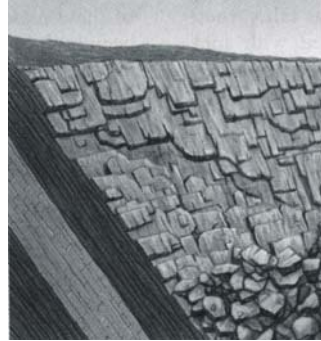
Bazen bir hareket, bu sınıflardan bir kaçına bağlı özellikler gösterebilir. O takdirde, hareketin ana özelliğine bakılarak bir isim verilmelidir (örneğin kaymalarında olduğu bir genel akma olayı).

Kaya kütlesi hareketleri

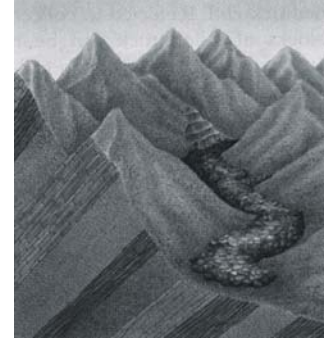
Bu hareketler adı altında, kaya düşmesi, kaya kayması ve kaya çığı gibi hareketler (Şekil 11.4) incelenir. Kaya düşmesi, fiziksel ve kimyasal bozunma ve erozyonla kaya kütesinden koparılan kaya bloklarını belirtir. Bazen, düşme sınırındaki bir blok, ana kütle ile arasındaki çatlaklara dolan suyun donması 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 metre küp hacminde kütleler, onlarca kilometre/saat hızda yerdeğiştirebilirler. Çok yıkıcı türde hareketlerdir. Genellikle bozunmanın etkin olduğu dağlık kısımlarda gelişirler, ve yüksekliği 150 metreden fazla olan ve eğimi 25° dan az olmayan kaya yamaçlarında oluşurlar.



Kaya düşmesi: bir yar veya dik dağ yamacından düşen kaya blokları



Kaya kayması: önemli miktarda kayalık blokunun yamaçtan aşağıya az ya da çok bir kütle şeklinde kayması



Kaya çığı: büyük kayalık kütleleri yüksek hızda aşağıya doğru kaymaktan çok akar

Şekil 11.4. Kaya kütlelerinin hareketleri.

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

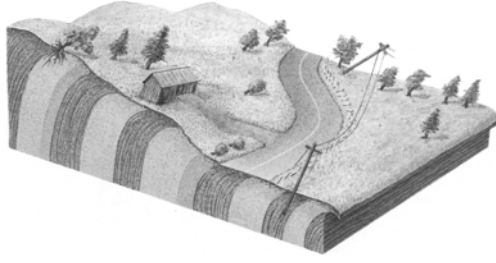
akmaları (debris flows), çamur akmaları ve özellikle moloz çığları daha hızlı ve daha tehlikeli kütle hareketlerindedir (Şekil 11. 5).

Hareket etmiş malzemelerin erozyonu

Kütle hareketleri sonucu, yamaçların topuk kısımlarında (alt kesimlerinde) toplanan malzemeler, zaten kırılmış ve küçük parçalara ayrılmış olmaları nedeni ile daha kolay aşınırlar. Zaman içinde de akarsu yataklarına taşınarak hareket bölgesinden ayrılırlar. Bu nedenle eski kütle hareketlerini tanıyabilmek zordur.

Denizel kütle hareketleri

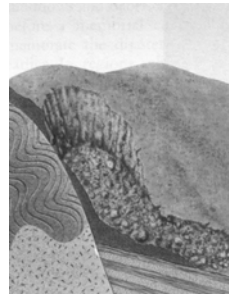
Her ne kadar bu tür bir hareketin tanığı olmasa da, deniz tabanında yapılan jeolojik araştırmalar, bu yerlerde de bu tür hareketlerin olduğunu göstermektedir (bakınız Türbiditler).



a) Akma (creep), toprak veya molozların yamaç aşağıya doğru yılda 1-10 mm hızla hareket etmesidir.



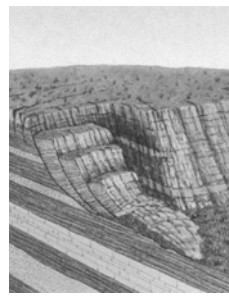
b) Yera kması (earthflow): daha çok ince taneli malzemelerin saatte birkaç kilometre kadar hareketidir.



e) Moloz çığı (debris avalanche): yüksek su içeriği ve dik yamaç dolayısıyla gelişen en hızlı tutturulmamış malzeme hareketidir.



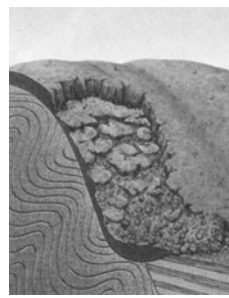
c) Moloz akması (debris flow): kumdan daha kaba malzemenin saatte birkaç kilometre ile birkaç on kilometre hızla hareketidir.



f) Heyelan (slump): bir kütle şeklinde ve yavaşça hareket eden tutturulmamış malzemedir.



d) Çamur akması (mudflow): yera kması veya yamaç akmasından daha hızlı bir şekilde hareket eden ve önemli miktarda su içeren bir kütle hareketidir.



g) Moloz kayması (debris slide): heyelandan daha hızlı olan ve bir veya daha fazla kütle şeklinde harekettir.

Şekil 11.5. Tutturulmamış malzemelerde kütle hareketleri.