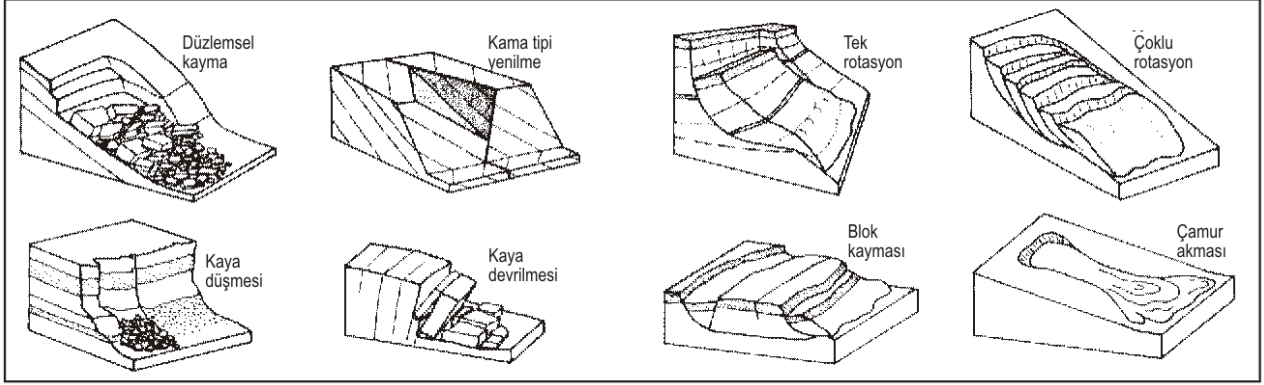


Yamaç Yenilmesi ve Heyelanlar



Yamaçların neredeyse tamamı doğal bozuşma süreçleriyle ve yamaç aşağı hareketlerle düzleşmektedir. Bu süreçler çoğu yamaçlarda devamlı ve yavaştır.

Heyelanlar bir yamaçın uzun süre statik kalması ve sonra da çarpıcı tek bir olayla yenildiği yerlerde gelişir. İki durumda da sonuç aynıdır; heyelanlar doğal süreçler yelpazesinin bir ucunu teşkil ederler.

Heyelanlar her kayada oluşabilir. Genellikle bazı jeolojik yapıların, zayıflıkların veya kontrastların yavaş düzleşmeyi kesikliğe uğrattığı yerlerde oluşurlar.

Potansiyel heyelan sahaları jeolojik yapıları ile tanınabilir.

Her heyelan bireysel bir olay veya süreçle tetiklenir. Heyelanlar sadece ilk yapının ve tetikleme sürecinin değerlendirilmesiyle anlaşılabilir.

DURAYSIZ YAMAÇLAR

Her kaya malzemesi için bir yamaç denge açısı vardır.

Killer genellikle 10^0 'den büyük açılarda duraysızdır (kabaca $\phi/2$).

Orta ve yüksek dayanımlı **çoğu kayalar** sadece yatay ve düşey kırıklar içeren masif kütleler şeklinde oldukları zaman 100 m yükseklikte düşey duvarlar oluşturabilirler. Half Dome (California)'daki granitteki düşey duvarın yüksekliği 700 m, Beachy Head (Sussex)'de zayıf tebeşir içinde oluşan düşey uçurumlar 150 m yüksekliktedir. Bu yüksek yüzeylerdeki minör kaya düşmeleri tehlikelidir.

Yamaç yönünde eğimli tabakalanma düzlemi, eklemler vb. gibi **zayıflık düzlemleri** herhangi kayada potansiyel kayma yüzeyleri oluştururlar; yamaçlar, eğimi ϕ 'den büyük ana kırıklara kadar geriler (kil dolguda 20^0 'den küçük olabilir; kohezyon ve su basıncı da önemlidir).

Sık çatlaklı veya ince tabakalanmalı kayalar bozularak $20-40^0$ eğimli yamaçlara geriler.

Potansiyel yenilme yerel veriler çerçevesinde yukarıdaki ölçütlerden herhangi birine dayalı olarak değerlendirilebilir. Kaya kaymaları çoğunlukla yamaç ile aynı yönde fakat daha az eğimli tabakalanma düzlemleri eklemler, faylar, klivaj veya şistozite düzlemleri ile ilişkilidir.

MADISON CANYON HEYELANI (MONTANA, USA)

Jeoloji ve yamaç açısı kanyon duvarı boyunca değişir.

Batı kısmı: sağlam dolomitte 45^0 yamaç, duraylı.

Doğu kısmı: zayıf şistte 30^0 yamaç, duraylı.

Orta kısım: şist yamaç altında dolomit payandalar, duraysız. Depremde artan gerilme dolomit payandayı kırmış, desteksiz şist yenilmiş, 20M m³lük heyelan meydana gelmiştir.

Dolomit payandanın yeterince aşınıp zayıfladığı her durumda yamaçın bu kısmının yenilmesi kaçınılmazdır; deprem titreşimleri sadece bir tetikleme sürecidir.

YENİLME ÇEŞİTLERİ

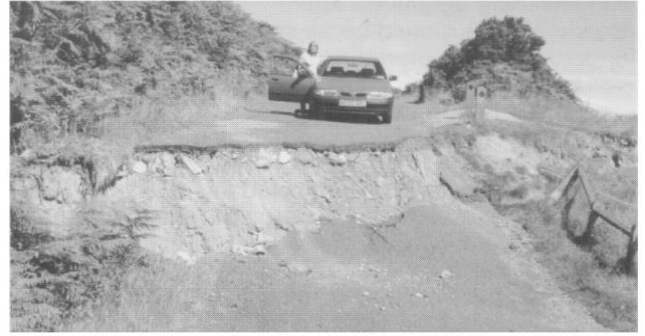
Büyük kaya yenilmeleri bir veya daha fazla düzlem üzerinde meydana gelen düzlemsel veya kama şekilli kaymalardır.

Küçük kaya yenilmeleri düşme ve devrilme şeklindedir.

Kil yenilmeleri idealde dairesel yüzeyler üzerinde meydana gelen tekli veya çoklu rotasyonel kaymalardır.

Çamur kaymaları, çamur akmaları ve moloz akmaları zayıf killerden veya ilk yerdeğiştirmeden sonra yenilen kaya malzemesi içinde gelişir.

Karmaşık yenilmeler yaygın olup, çoklu süreçleri içerirler.



Bir rotasyonel kaymanın Yorkshire'da bir yolu kesmesi

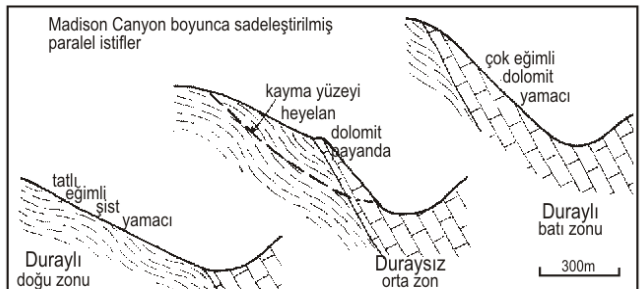
YENİLME HIZI

Yavaş: Özellikle tekrar hareket etmiş eski heyelanlar olmak üzere yumuşak killerde ve sünek malzemelerde yaygındır. 1983'deki Thistle Kayması (Utah) iki hafta boyunca 1 m/saat'den küçük hızla hareket etmiştir.

Hızlı: Kayanın başlangıç makaslaması veya çatlaklanmasından dolayı hayli zayıflamasıyla gelişen tipik gevrek kaya yenilmeleridir. Madison Canyon'da olduğu gibi, 100 km/sa'den büyük hızlar yaygındır.

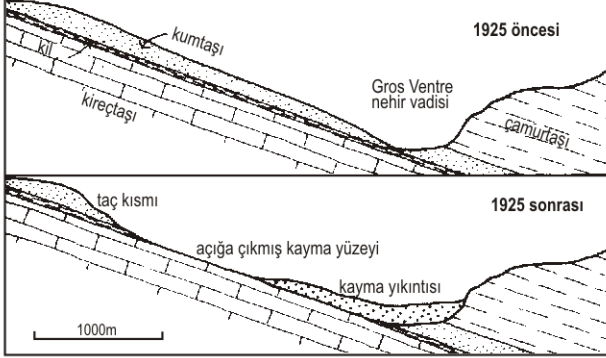
Tekrarlı: Döküntü malzemesi topuk teşkil ederken bu yenilmeler giderek duraylı yamaçlar oluştururlar. Ancak, döküntünün daha sonra aşınmasıyla yenilmeler tekrarlanır (örnek: Humbercoast kıyısında bloklu kil falezlerinde sıkça meydana gelen heyelanlar).

Alternatif oluşum şekli, su tablasındaki yıllık değişimlerdir; Mam Tor Heyelanı (Bölüm 35) her kış kaymakla birlikte yazın duraylıdır.



GROS VENTRE HEYELANI: WYOMING, 1925

Zayıf kil katmanları üzerinde kalın, sağlam kumtaşı; hepsinin eğimi de 18° ile vadiye doğrudur. Nehir yamacın topuğunu aşındırarak kumtaşı desteğini kaldırmış; sonra 38M m³lük tabakalanma düzlemi kayması meydana gelmiştir. Vadinin aynı tarafındaki tarihsel kaymalara benzemektedir; karşı taraftaki daha dik eğimli yamaç duraylıdır. Kayma malzemesi vadiyi tıkamış ve yeni bir göl oluşturmuştur; nehrin üstten aşmasıyla bu malzeme aşınmış ve mansap kısmında su baskınına neden olmuştur.



HEYELAN TETİKLEME SÜREÇLERİ

Her heyelan olayı, potansiyel olarak duraysız kaya kütlelerinin yenilmesini tetikleyen bir süreç olarak tanımlanabilir.

Bu nedenle, bir yenilmenin **nedeni** duraysız yapının ve tetikleme olayının bir kombinasyonu şeklindedir.

Su: Su tablasındaki yükselim tek başına heyelanlardaki en önemli tetikleyici faktördür (bkz. Bölüm 33).

Topuk aşınması: Bir yamacın topuğunun aşınmayla gerilemesi harekete karşı direnci azaltır.

Doğal topuk çekilmesi: Erozyonla alt oyulması (yukarıdaki Gros Ventre örneği); çok sayıda kıyı heyelanlarına neden olan dalga etkisiyle aşınma (Folkestone Warren, Bölüm 36); geride aşırı eğimli yamaçlar bırakan buzul aşındırması (Mam Tor, Bölüm 35).

Yapay topuk çekilmesi: Taş ocağı veya madencilik (Frank), inşaat yeri kazısı (Hong Kong) veya yol genişletmesi (Çatak) (hepsi de Bölüm 33'de).

Tepede yükleme: Heyelanın nötür ekseninin yukarısına malzeme eklenmesi kaydırıcı kuvvetleri artırır. 1956'daki Porugese Bend kayması (Los Angeles) zayıf kilde 22° eğimli kayma yüzeyi yukarısında kayan kütlelerin %3'ü kadar tutan bir yeni yol dolgusu yerleştirilmesiyle harekete geçmiştir. 1915'deki Folkestone kayması taç kısmındaki kaya düşmeleriyle tetiklenmiştir (Bölüm 36).

Doğal tepe yüklemesi aktif volkanların çoğunda yamaç duraysızlığına neden olmaktadır.

Dayanım azalımı: Bozuşma tüm yamaç malzemelerini zayıflatır; yavaş akma yamaç içinde gerilme altındaki killerin yeniden yapılanmasına neden olur (Bölüm 34); yavaş süreçler sonuçta kritik noktalara erişirler.

Titreşim: Tekrarlı ve geçici olarak artan gerilmeler zeminin yeniden yapılanmasına ya da kaya kırılmasına yol açabilir.

Yapay titreşim ağır yol trafiğinden (çoğu küçük yol yenilmelerinin nedenidir) veya kazık kaçmadan kaynaklanabilir (1950 yılında İsveç'te Surte köyünün tahrip olma nedeni).

Deprem titreşimleri çok sayıda kaymaya neden olmuştur. 1970 Peru depremi Mt Huascarán'daki malzemeyi kaydırarak Yungay şehrinde 20.000 kadar insanı 150 m'lik moloz altına gömmüştür.

Çok sayıda faktörün bir araya geldiği çoğu kaymalarda köken karmaşıktır.

BİR KAYMA KÜTLESİNİN ANALİZİ

Bir kaymadaki **başlıca kuvvetler** şunlardır:

W = blok ağırlığı; D ve N şeklinde iki bileşeni vardır.

D = kaydırıcı kuvvet = $W \sin \alpha$.

N = kayma düzlemindeki normal kuvvet = $W \cos \alpha - u$.

u = boşluk suyu basıncından dolayı kaldırma kuvveti.

c ve F = D'ye tepki olarak dirençler.

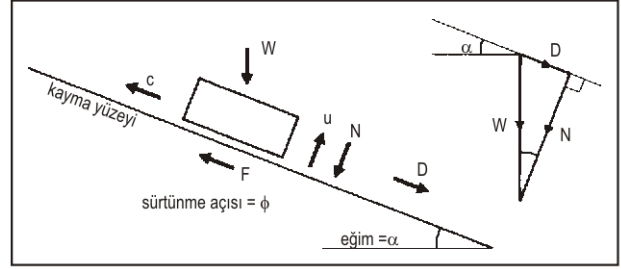
c = kayma düzleminin kohezyonu.

F = kayma düzlemindeki sürtünme direnci = $N \tan \phi$.

R = kesmeye karşı direnç = $c + (W \cos \alpha - u) \tan \phi$.

Emniyet katsayısı = R/D = direnç/kaydırıcı kuvvet.

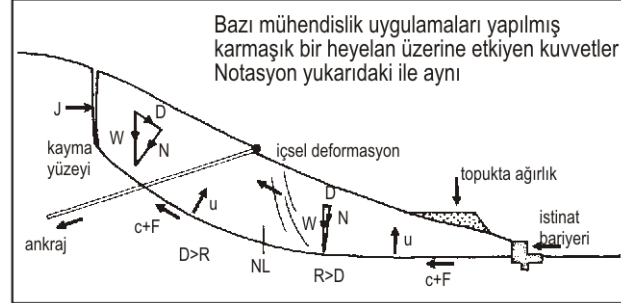
c ve ϕ kayanın malzeme özellikleridir.



Nötür çizgi: Bir kayma kütleli altındaki eğrisel kayma yüzeyinde, $D > R$ olan çok eğimli kesim ile $R > D$ olan daha az eğimli kesim arasındaki nötür çizgi sınırlandırılır (NL).

Bir kaymanın taç kısmındaki **çekme çatlakları** veya açık çatlaklar, kaydırıcı kuvvetleri arttıracak şekilde yatay eklem basıncı (J) uygulayabilir.

Düzlemsel veya silindirik şekilden başka yüzeyler boyunca kayan kütle içindeki **deformasyon** meydana gelir; çoklu içsel kayma yüzeyleri boyunca bu kaymaya kohezyon ve sürtünme açısıyla direnir, tutucu kuvvetlere katkı sağlar.



Bir heyelanın **duraylılık analizi** kütle içindeki dilimlerde kuvvetleri iki boyutta değerlendirerek yapılabilir; kütlelerin tamamında değişen bu kuvvetler için yapay kısıtlamalar getirilebilir.

Tam bir heyelan analizi aşağıdaki sebeplerden dolayı daha karmaşıktır:

- kaymanın küçük birimlere ayrılması
- bu birimler arasındaki tepki kuvvetleri
- değişken su basınçları
- c ve ϕ için tahmin edilen değerler
- üç boyuttaki tepkiler.

İki boyutlu bir şev duraylılık analizindeki bileşenleri nicel olarak temsil etmek için, ölçekli olarak çizilmiş kuvvet diyagramları

