

Heyelan Tehlikeleri

POTANSİYEL YAMAÇ YENİLMELERİ

Kaya yamaçlardaki çoğu yenilmeler elverişsiz yönelimlerdeki zayıflık düzlemleriyle ilişkilidir.

Kama yenilmeleri iki kırık düzleminin arakesit çizgisinin ϕ' 'den küçük ve yamaç ile aynı olduğu zaman gelişir. En iyi yorumlaması stereografik izdüşüm ile yapılır.

Tehlike zonları: Yenilme potansiyelinin farkına varmak mümkündür; ancak, gömülü kaya yapısı ile ilgili eksik veriler duraylılık analizinin sadece yaklaşık olarak yapılabileceğini ve risk değerlendirmesinin varsayılan dayanım ve yapılarla dayalı olarak öznel olduğu anlamına gelir.

Yenilme zamanı sağanak süresi veya hemen sonraki dönemler hariç normalde önceden bilinemez. Gelecekteki olayların boyutu ve hızı sadece kestirilebilir.

Güvensiz küçük yamaçların stabilizasyonu ekonomik açıdan mümkündür. Duraysız büyük yamaçlardan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.

HEYELAN TEHLİKE HARİTALAMASI

Güzergah planlaması ve zonlama için etkili olabilir.

Değerlendirme faktörleri şunları içerir:

- Kaya türü, yapı ve dayanım
- Zemin türü ve plastisite
- Yamaç açısı ve şekli
- Drenaj durumu ve su seviyesinin konumu
- Önceki heyelanların tarihçesi
- Bitki örtüsü türü ve değişimi de dahil olmak üzere arazi kullanımı.

Yerel veriler özellikle yenildiği bilinen her zemin ve kayadaki yamaç açıları ve belirli kaya yapıları olmak üzere, herhangi bir tehlikeyi değerlendirilmede temel teşkil eder. Anahtar faktör; eski, inaktif kaymaların belirlenmesidir.

ESKİ HEYELANLAR

Makaslama yüzeyinin dayanımı kohezyonun çok az veya hiç olmadığı bir rezidüel dayanıma gerilediğinden, duraylılık düşüktür. Aşılması gerekli bir pik dayanım mevcut olmadığından tekrar harekete geçerler.

Duraylı yamaçlar bu nedenle doymunluk zemin ve döküntü malzemesinde $\phi_r / 2$ 'ye yakındırlar. Bu değer kayada ve su tablasının yüzeye kadar çıkmadığı yerlerde biraz daha yüksektir. Eski kaymalar şu özellikleri ile **tanınırlar**:

- Kaymış malzeme üzerinde düzensiz hörgüçler
- Döküntü malzemesi ve katı-sıvı akma malzemesinin loblu harita görünümü
- Buzul tiline benzeyebilen boylanmamış moloz
- İçbükey üst yamaç ve/veya dışbükey alt yamaç
- Tep kısmında yarlar; zeminde yuvarlak, kayada açılı
- Kayan bloklarda dönmeden dolayı geriye eğimler.

Kesme zonları: Kayada paralel kesme kuşakları içerebilirler; zeminlerde çoğunlukla yoğrulmuş, yumuşak ile orta sert, ıslak, 1-50 mm kalınlıkta siltli kil şeklindedir.

Kayma yüzeyleri zemin ve kayada temiz kırılmalar olabilir; parlak ve/veya kayma çizikli yüzeyler her zaman bulunmayabilir. Sondaj kuyularında kayma yüzeylerinin **tanınması** karot kaybı veya basit kırıklarla karışıklıktan dolayı zor olabilir. Sığ kaymaların incelenmesi en iyi hendekler ve araştırma çukurlarıyla yapılır; bıçakla kesilmiş düz yüzeyli hendek duvarında normalde kilin kurumayla büzülmesinden dolayı açılmasından sonra oluşan kayma yüzeyleri görülebilir. Katı-sıvı akmasına maruz kalan baş malzemesinin tanınmasında önemlidir.

AKTİF YAMAÇ HAREKETİ

Yüzey emareleri taze sarpıklar veya sekileri, yeni gölcükleri, drenajsız çukurlar veya basınç sırtlarını, taze ve keskin kaya yüzeylerini, eğik ağaç büyümesini içerir.

Kayma yüzeyi derinliği astarsız ya da esnek plastikte muhafazalı kuyunun ötelenmesiyle veya akustik emisyon profili ile belirlenir.

YAMAÇ YÜKSEKLİĞİ

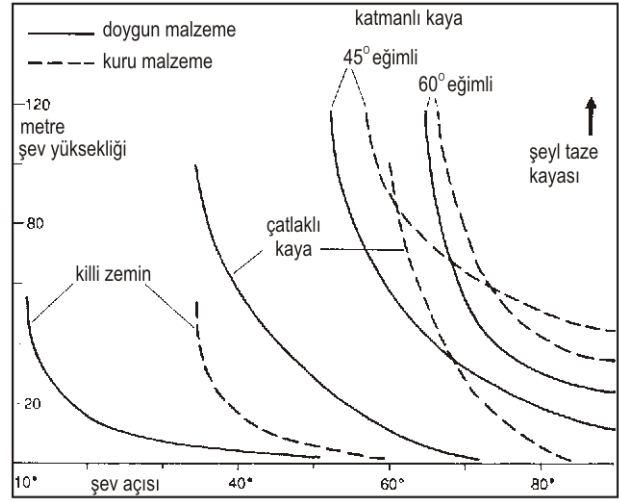
Kohezyon yamaçların ϕ' 'den (kaya veya zeminin içsel sürtünme açısı) büyük açılarda duraylı kalmasını sağlar.

Sürtünme direnci, efektif gerilme ve kaydırma kuvvetlerin tümü, yamaç yüksekliği ile artan kütle fonksiyonlarıdır. Kohezyon alanın fonksiyonu olup, yükseklikten bağımsızdır. Bu nedenle, yüksek yamaçlardaki etkisi oransal olarak daha azdır.

Alçak yamaçlar bu nedenle aynı malzemedeki yüksek yamaçlardan daha büyük açılarda duraylı kalırlar.

Kırıksız kaya (yatay tabakalı) sadece UCS ile sınırlı düşey yarlarda duraylıdır; zayıf tebeşirdeki kıyı falezleri 150 m'ye yüksekliklerde bile duraylıdır.

Yamaç ve şevlerin **yükseklik ve eğimi** kırıklar ile sınırlıdır; yönelim, sıklık, pürüzlülük ve kesme direnci en önemli kırık özellikleridir.



Yamaç yüksekliğinin duraylı yamaç açısı üzerine etkisi.

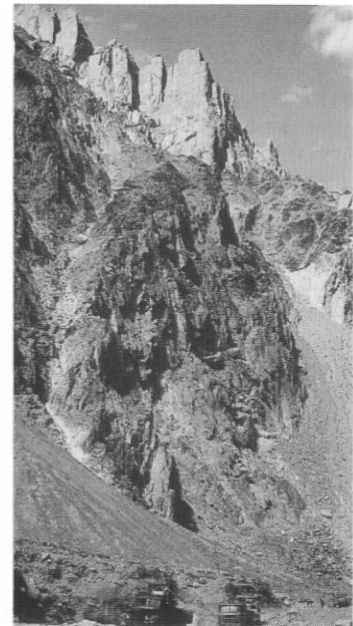
Kuru malzemelerdeki yüksek yamaçların hepsi de duraylı açılarda olup, bu açılar ϕ' 'den ya da herhangi bir yapısal zayıflığın eğiminden düşüktür.

Duraylı tüm açılar doymunluk ile azalır (açının tanjantı yaklaşık yarı değerine iner); doymunluk değerleri uzun dönem duraylılığına uygulanır.

Sığ yüzeyel kaymalar ve bireysel kaya düşmeleri yamaç yüksekliğinden bağımsızdır.

Karakorum Karayolu

Pakistan ile Çin arasında 500 km'lik bir dağ kuşağını aşar. Jeolojik olarak aktif, dik yamaçları kat eder. Yolun bir kısmı ortalama iki günde bir kaya düşmesi, moloz ve çamur akması ile kapanmaktadır. Çoğu tıkanmalar birkaç gün içinde temizlense de, tekrar oluşmaları kaçınılmazdır. Yolların yukarıdaki yamaçların stabilize edilmesi ekonomik olmadığı gibi pratik de değildir. Yollar iyi inşa edilmiş olup, küçük ölçekli durumlar hariç ender olarak yenilmektedir.



MAM TOR HEYELANI

İngiltere'de Pennines'de şeyl ve kumtaşında buzullarla aşırı eğimlenmiş yamaçta meydana gelmiştir. Genişliği 300 m, uzunluğu 1000 m'den fazla olup, yaşı 3000 yıldan fazladır. Üst kısmı kayada çoklu dönel heyelanlar şeklinde olup, yol küçük sarplıklar üzerinde basamaklar yapar. Alt kısmı döküntü akması olup, dalgalı bir yol profili sunar. Kayma içinden geçen yol 1977'den beri kapalıdır.



Duraylılık analizinde kayan kütle dilimlere ayrılır. Yamaca paralel yönde kalınlıkları bir birim olan bu dilimlerin her biri tekdüze özelliktedir.

Emniyet katsayısı = $F_s = \text{kesme direnci} / \text{kaydırma kuvveti}$.

$$F_s = \frac{\sum c' + \sum (W \cos \alpha - ul) \tan \phi_r}{\sum W \sin \alpha / (1 + d/b)}$$

- c' = görünür kohezyon;
tekrar harekete geçmiş kaymalarda sıfır alınır.
 l = düşey kenarlı kesitte kayma yüzeyi uzunluğu
 W = dilim kütlesi; birim ağırlık = 20 kN/m^3
 α = kayma yüzeyinin eğimi
 u = boşluk suyu basıncı
= kayma yüzeyi üzerinde su tablası yüksekliği
 ϕ_r = sürtünmeli kesme direnci açısı;
deneylerden ve yakındaki kaymaların geriye analizinden 14° 'lik rezidüel değer olarak alınır.
 d/b = kayma derinliği/kayma genişliği;
yanal zemin basıncından ileri gelen kenar sürüklemesi için.

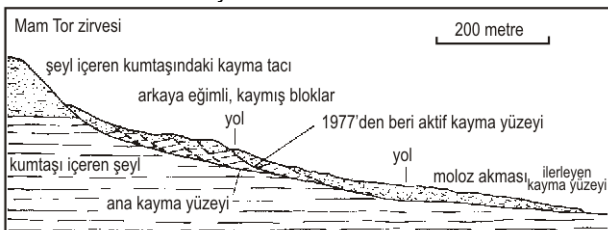
Tüm kayma alanı için hesaplanan F_s değerleri 1,0 civarındadır. Kayma kritik durumda ve kayma/kaymama arasında olduğu için bu değerlerin doğru olduğu söylenebilir. Buna göre, varsayılan c ve ϕ değerleri amaç için uygundur.

- Üst kayma: tipik dilim kesitinin analizi; burada, $d = 20$, $u = 10$, $\alpha = 13^\circ$ 'dir. O halde, $F_s = 0,86$.
- Alt kayma: tipik dilim kesitinin analizi; burada, $d = 15$, $u = 12$, $\alpha = 7,5^\circ$ 'dir. O halde, $F_s = 1,19$. Su tablasının yüzeye yükselmesi halinde $u = 15$ ve Üst kayma: tipik dilim kesitinin analizi; burada, $d = 20$, $u = 10$, $\alpha = 13^\circ$ 'dir. O halde, $F_s = 0,99$ olur.
- Kaymanın tümü: Su tablasındaki her 1 m'lik yükselim için F_s değeri 0,05 azalır.

Eşik yeraltı su seviyeleri aşıldığı zaman, her dört kıştan birinde (ortalamadan fazla yağış alan yılı takiben ortalamadan %60'dan fazla yağış alan kış ayında) yaklaşık 0,7 m'lik kayma olmaktadır.

Yatay sondajla açılan dren delikleri veya galeriler (bkz. Bölüm 36) kaymayı etkin bir şekilde stabilize edecektir.

Taşınan malzeme kendi ağırlığı ile topuk (veya ankraj) etrafında akabileceği için, tepeden topuk kısmına malzeme aktarılması etkili olmayabilir.



TAŞ DÜŞMESİ

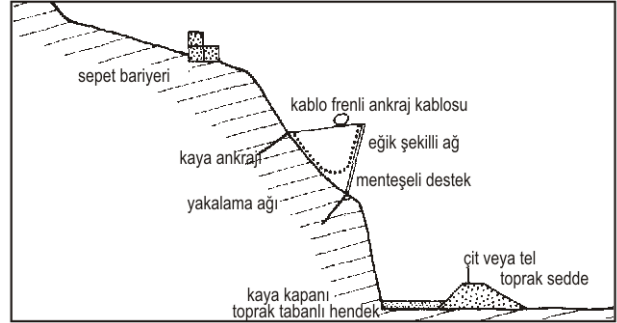
Gerek yamaçlar ve gerekse yarmalardaki tüm kaya yüzeylerinde doğal bozulmalardan dolayı gelişigüzel küçük kaya düşmeleri meydana gelir. İple sarkan teknisyenlerin periyodik yüzey temizlemesiyle tehlike azaltılabilir. Bina ve yolların tehdit edildiği yerlerde güvenli yakalama mekanizmaları gereklidir. Bu önlemler genellikle yüzey stabilizasyon çalışmalarından daha ekonomiktir.

Kaya kapanlama hendekleri: Bir yamacın tabanında genellikle 1,5 m yüksekliğindeki bank; üstlerinde çit veya yoğun çalı bitkisi; arkasında, çarpma enerjisini soğurmak için 3 m genişliğinde tabanı toprak kaplı hendek; 20 m'den alçak yamaçlar için uygun; daha büyük yüzeyli ve 60° civarında eğimli yamaçlar için daha yüksek bank ve daha geniş hendek.

Taş sepet duvarlar: Alçak eğimlerde daha etkin ekonomik kapanlar.

Kaya yakalama ağıları: Dik yamaçlarda; tel veya urgandan yapılmış ağı; menteşeli destekler arasına gerdirilmiş; kablo frenli (tutuculardaki kaymayı önlemek için geliştirilmiş) ankrajlar; enerji soğurma sırasında deforme olacak şekilde geliştirilmiş.

Kaya düşme sığınakları: Çok gevşek yamaçlar altındaki yolların korunması; damı kırmataş ile kaplanmış masif beton (çığ sundurmaları gibi eğimli de olabilir).



HEYELAN İZLEME

Maliyeti geniş aralıkta değişen enstrümanlar kullanılır:

- Sabit referans noktaları arasında yüzey ölçümleri
- Kayaya yapılandırılmış kazıklar arasında yarık genişleme ölçümü
- Düşey boru veya elektrik piyezometreleriyle su seviyesinin manuel veya otomatik okunması
- İnklinometre yerleştirilmiş sondaj kuyuları
- Yatay veya düşey kuyu ekstansometreleri
- Ankrajlar üzerine yerleştirilmiş fotoelastik veya elektrik yük hücreleri
- Akustik emisyonların jeofonlarla kaydedilmesi (hareketten dolayı yer titreşimi).

Basit ve kaba aletler en güvenilir olanlarıdır.

Okuma ve yorumlama uzun dönem içinde yapılmalıdır.

İzleme, hareketteki hızlanmayı gösterir; (bazı büyük taşocaklarında olduğu gibi) daha önceki olaylara ait kayıtlar bulunmadığı sürece kritik değerler bilinmeyeceği için, yorumlama işlemi zordur. Vaiont kayması (Bölüm 33) izlenmiş ve beklenmedik şekilde gelişmiştir.

İsveç'te bazı demiryolu yarmalarında olduğu gibi, ekstansometreler, jeofonlar ve elektrik kabloları otomatik uyarı sistemlerine bağlanabilir.



