

Madencilikte Jeoteknik Planlama

DMT

Axel Studeny

Şef Jeoteknik Uzman, DMT Almanya,
(Axel.Studeny@dm-t-group.com)

Dr Hakan Arden Kahraman

Teknik Müdür, DMT Türkiye,
(Hakan.Arden@dm-t-group.com)

Son zamanlarda dünyanın değişik yerlerinde jeoteknik nedenlere bağlı facia boyutlu kazaların yaşanması, jeoteknik planlama ve gözlemlenmemesi, güvenli ve ekonomik bir madencilik yapılmasının zorluğunu bir kez daha gözler önüne sermiştir. Özellikle jeoteknik açıdan yetersiz boyutlandırma

durumunda, ciddi sonuçlar doğurabilecek örneğin ölümle sonuçlanan kazalar, ekipman hasarları, cevher kayıpları ya da üretime yönelik önemli duraklamalarla sonuçlanabilecek yüksek stabilite sorunları riski oluşur. Tüm bu konuların madenin güvenliği ve ekonomisi üzerinde kuşkusuz önemli bir etkisi vardır. Elbette, muhafazakâr bir yolla jeoteknik açıdan "aşırı boyutlandırma" yapılarak güvenlik sorunları çözülebilir ancak bu daha yüksek madencilik maliyetlerine ve cevher yitimleriyle sonuçlanabilir. Bu durum, madenlerin ekonomik verimliliğini belirleyen en önemli parametrelere birinin jeoteknik planlama olduğu anlamına gelir.



Jeoteknik planlama sürecinin ilk adımı, madencilik operasyonunun güvenliği ve ekonomisini etkileyen soruların belirlenmesidir. Bu sorular madencilik türüne (açık ocak ya da yer altı), madencilik yöntemine ve maden yayılımına bağlıdır. Açık ocak madenciliği için şev duraylılığı, tasarım ve yerleşim açısından esastır. Yer altı madenciliğindeyse; boşluğun tipi, şekli ve boyutu ile zemin ve tavan desteği kombinasyonunun araştırılması gerekmektedir.

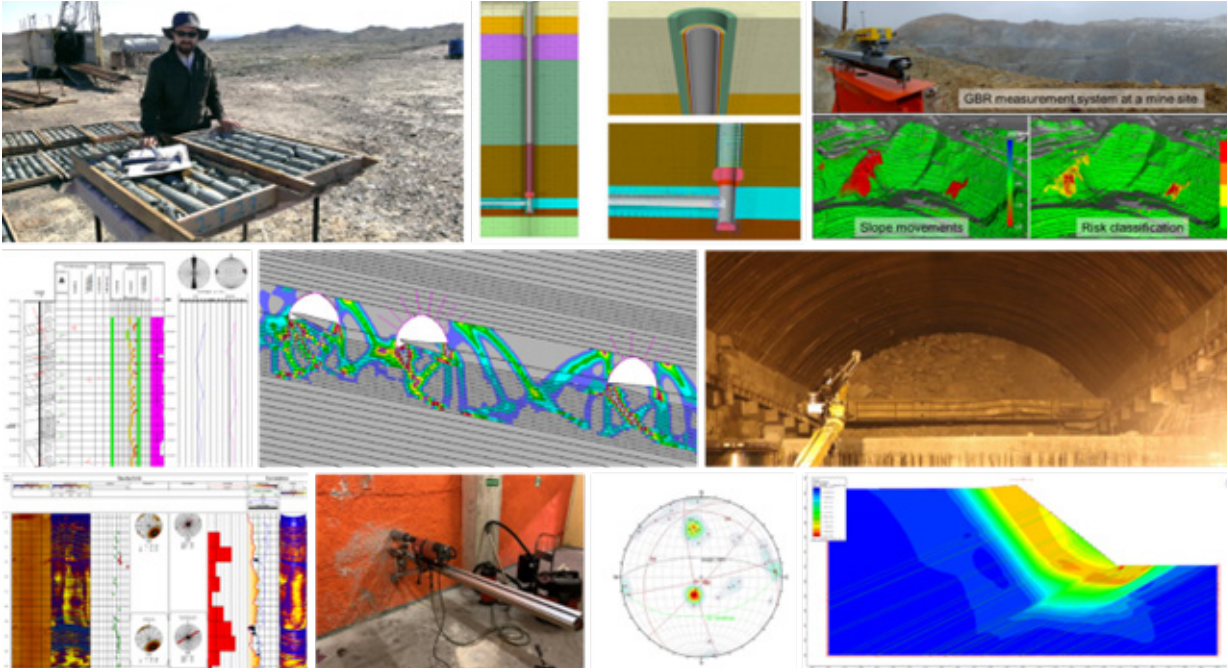
Her durumda, jeoteknik parametrelerin belirlenmesi sonraki jeoteknik planlamalar için önemli bir noktadır. Jeoteknik tasarım için genellikle iki farklı parametreye türü gereklidir: Bir yanda, sağlam kaya, zemin ve ortam gerilimleri, çekme dayanımı, Young modülü ve Poisson oranı, kohezyon ve iç sürtünme açısı gibi mekanik parametreler gereklidir. Diğer yanda kayalarda eklem/eklem seti sayısı ve eklem yönelimi gibi kaya kütlesi yapısı ve kırılma ile eklem pürüzlülüğü, dolgu ve alterasyonu gibi verilerin belirlenmesi gerekmektedir.

Toprak baskın zeminlerde eğimler ya da zemindeki boşluklar için genellikle stabilite ve tasarım hesaplamaları için laboratuvarından alınan parametreler kullanılabilir. Bununla birlikte, kaya şevleri ya da kayadaki boşluklar için açık ocak şevlerinin yanı sıra yer altı açıklıkları için stabilite hesaplamasında kullanılan kaya kütlesi dayanımını hesaplarken yukarıdaki parametrelerin tümü gereklidir. Kaya kütlesi dayanımının belirlenmesinde var olan eklem sistemlerinin dikkate alınması nedeniyle, yerindeki kaya kütlesi dayanımının, her zaman laboratuvarındaki sağlam kaya dayanımından daha düşük olduğu unutulmamalıdır.

Eklem sıklığı, eklem yönü ve eğimi, eklem koşulları yer altı boşluklarının stabilitesi üzerinde büyük etkiye sahiptir. Özellikle çok sayıda eklem noktası ve kötü eklem koşulları, boşlukların olduğu bölgenin tavanında ya da yan duvarlarında dengesizliklere yol açacaktır. Ayrıca zayıf kaya kütlesi koşulları, kontrol edilmesi gereken yer altındaki oynamalara neden olabilir. Ayrıca eklem eğimi ve yönü ile birlikte kritik tavan bölgelerinde ya da yan duvarlarda kayan bloklar/merceklenmeler oluşturulabilir.

Belirlenen jeoteknik parametreler kullanılarak kaya kütlesinin kalitesini tanımlayan kaya kütlesi sınıflandırmaları yapılabilmekte ve bu sınıflar, farklı kaya kütlesi niteliklerinin konumsal dağılımını göstermek için jeoteknik bir modele aktarılabilir. Buna ve litolojik modele dayanarak planlanan bir açık ocak ya da yer altı madeni için homojen olduğu düşünülen birimler tanımlanabilir ve bu alanlar için jeoteknik tasarım parametreleri atanarak tasarım oluşturulabilir.

Ayrıca jeoteknik yapı üzerindeki yüklere ilişkin bilgilerin de olması gerekmektedir. Yer altı boşlukları için bu esas olarak boşluğun etrafındaki öncül gerilim durumudur. Gerilim durumu, yatay gerilimlerin yanı sıra genellikle aşırı yükten kaynaklanan basınçla bağlantılı düşey gerilimden oluşur. Yatay gerilimler kaya/zemin davranışının kendisinden (örneğin Poisson oranı) ve aynı zamanda tektonik girdilerden etkilenir. Bu nedenle, özellikle yüksek geri- ➤



limli kaya kütlelerinde basitleştirilmiş bir hesaplama zordur. Yatay gerilimin yer altı boşluklarının stabilitesi üzerinde önemli bir etkisi olabileceğinden, ölçüm kullanılarak gerçekçi değerlerin belirlenmesi çok önemlidir.

Yüzeydeki ya da sığ derinlikteki jeoteknik yapılar için ek dış yüklerin de stabilite ve tasarım üzerinde etkisi vardır. Bunlar, örneğin şevlere ek yük görevi görebilecek ekipmanlardan ya da binalardan gelen yükler olabilir. Bunun dışındaki ek yükler, patlama ya da depremden kaynaklanan sismik yüklerdir. Ayrıca tasarım ve stabilite hesaplamalarında bu yüklerin de dikkate alınması gerekir.

Jeoteknik girdiler ve yükler için belirlenen tasarım parametreleriyle gerekli tasarım hesaplamaları yapılmalı, örneğin açık ocak madenciliği için gerekli açık ocak şevleri ve atık depolama şevleri için stabilite analizleri ve hesaplamaları mutlaka yapılmalıdır. Bu durumda, dikkate alınan sınır koşulları altında şev tasarımının yeterli güvenlikle belirlenebilmesi için güvenlik faktörü hesaplamalarına gereksinim duyulur. Bu analizler için analitik ya da ampirik yöntemlerin yanı sıra sayısal modeller gibi çeşitli araçlar kullanılır.

Yer altı madenciliğinde farklı boyuttaki kalıcı ve geçici yer altı boşluklarının tasarımının yapılması gerekmektedir. Kalıcı boşluklar örneğin maden erişimi için kullanılan shaftlar, desandreler, yer altı atölyelerinin bulunduğu alanlar ya da yer altı nakliye yollarıdır. Geçici boşluklar madencilik kaynaklı boşlukları, üretim galerilerini ve yollarını ya da panel yollarını içerir. Her durumda boşlukların boyutu ve şekli için yeterli jeoteknik zemin desteği tasarlanmalıdır. Kalıcı boşluklar için zemin desteği, madenin ömrü boyunca daya-

nıklı olacak şekilde seçilmelidir. Geçici boşluklar için destek operasyon sırasında stabil olmalı ve güvenli bir çalışmayı güvence altına almak için olası deformasyonlar kontrol edilmelidir. Boşlukların jeoteknik tasarımının yanı sıra olası topuklar da tasarlanmalıdır.

Bu, farklı boşluklar arasındaki güvenlik ya da geçici topuklar olabileceği gibi fay türü tektonik unsurlara yönelik güvenlik topukları da olabilir.

Ayrıca dolgu madencilik yönteminde dolgu tasarımının yapılması da gerekmektedir. Dolgu farklı etmenlere göre belirlenir. Bu, örneğin çökmelerin önlenmesi, yer altı açıklığının stabilizasyonu, cevher yatağının kullanım oranının artırılması ya da yüzeyde atık yığınlarının önlenmesi olabilir. Buna dayanarak dolgunun tasarımı yapılabilir ve jeomekanik parametreler belirlenebilir. Yer üstü tasarımlarında olduğu gibi jeoteknik yer altı tasarımı için analitik ve ampirik yöntemler ve sayısal modeller kullanılır. Planlama hesaplamalarının ana konusu, kullanılan farklı yöntem ve modellerin kalibrasyonudur ki bu da modellerin gerçeğe uyarlanması gerektiği anlamına gelir. Bakir sahaların ilk analizlerinde, bu yalnızca karşılaştırılabilir kaya ya da toprak türlerindeki deneyimlere dayanılarak yapılabilir.

Planlama alanı içinde ya da yakınında maden şevleri ya da oyuklarının bulunması durumunda, var olan madenden kalibrasyon parametreleri belirlenmeli ve kalibrasyon hesaplamaları yapılmalıdır. Kalibrasyon parametreleri, örneğin yer altı boşluklarında ya da şevlerde ölçülen deformasyonlar, gözlemlenen kırılma bölgeleri, destek başarısızlığı ya da şev yenilmeleri olabilir. Gözlemlenen ya da ölçü- ➤

len bu etkiler hesaplama modelleriyle yeniden üretilebilir. Bu kalibrasyonun yapılmasıyla, gerçekliğin iyi bir şekilde yeniden üretilmesine sahip daha güvenilir hesaplama modelleri üretilir.

Modellerin adım adım iyileştirilmesi için bu sürecin maden geliştirme ve madencilik süreciyle birlikte yapılması gerekir. Bu nedenle, yer altı açıklıkları ve şevler için örneğin bir madenin ömrü boyunca deformasyon ölçümleri içeren bir izleme sistemi kurulmalıdır. Ek olarak, jeoteknik alan modelini geliştirmek için yer altı boşluklarında ya da hazırlanan şevlerde yüzey haritalama ile madencilik işletmesi sırasında jeoteknik veri toplamaya devam edilmelidir.

DMT yurt dışında edindiği üç asırlık proje değerlendirme çalışmalarısıyla müşterilerine hizmet vermeyi sürdürmekte jeoteknik mühendisliğinin tüm bu süreçlerinde yer almaktadır.

Aşağıda bir projede olması gereken ve müşterilerimize sunduğumuz jeoteknik hizmetlerden bazıları sıralanmıştır:

- Jeoteknik inceleme programının hazırlanması, tasarımı, denetimi ve desteklenmesi, saha ekibinin eğitimi;
- Jeoteknik alan modellerinin hazırlanması, tasarım ve stabilite hesaplamaları;

- Kaya şevleri için kinematik analiz, analitik ve ampirik yöntemler ve sayısal modeller ile zemin ve kaya şevleri ve yeraltı boşlukları için stabilite hesaplamaları;
- Zemin desteği, topuk ve dolgu tasarımı, madencilik ve tasmanın etkisinin araştırılması;
- Su koruma katmanlarındaki yenilmelerin değerlendirilmesi, açık ocak ve yer altı madenleri için tasarım parametrelerinin ve basamaklardaki genel eğimler ve genişlik hesapları;
- Yer altı boşluklarının boyutu ve şekli, farklı boşluk türleri için birincil ve ikincil destek için zemin desteği tasarımı ve farklı boşluk türleri arasında gerekli topukların genişlik tasarımı;
- Güvenlik topuklarının tektonik unsurlara göre genişliği, jeoteknik yapıların izlenmesi ve
- Açık ocak ve yer altı madenlerine yönelik izleme ve gözlem programının hazırlanması, farklı türde ölçümlerin yürütülmesi ve ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi.

Konuyla ilgili bilgiler ve benzer hizmet/ürünlerle ilgili iletişim için <mailto:turkey@dm-tgroup.com>. (Tel: +90 216 361 26 98). ●

turkey.dmt-group.com

DMT

Yapabiliriz. Neyi? Madencilğe dair herşeyi!

1737'den beri madencilikte ustalaşmadığımız hiçbir konu kalmadı. Ne tür bir hammadde olduğu, ne tür bir maden olduğu ya da dünyanın neresinde bulunduğu bizim için önemli değil! Hangi arama, geliştirme ve madencilik şirketi, banka ve yatırımcı, hükümet ya da sigorta şirketi olduğu da önemli değil! DMT GROUP, temel mühendislik danışmanlığından sürekli maliyet - lendirmeye kadar madencilik yaşam döngüsü boyunca tüm teknik hizmet yelpazesinde uzmandır.

Size şu konularda destek sunuyoruz:

- Keşif ve kaynak/rezerv kestirimi (UMREK, JORC, CIM, SAMREC, ESMA, PERC, NI 43-101, SK-1300)
- Bankalara uygun fizibilite çalışmaları ve ayrıntılı maden ve zenginleştirme tesisi tasarımı
- Hidrojeolojik ve jeoteknik modelleme
- Şaft, galeri ve desandre tasarımı
- Maden kurulumu denetimi ve proje yönetimi (İşveren'in Mühendisi ve Kredi Kurumları Bağımsız Mühendisi)
- Mühendislik danışmanlığı, maden optimizasyonu ve teknik eğitim
- Durum Saptama, Şirket Birleşmesi ve Satın Alma Desteği, Borsalarda İlik Halka Arz Desteği ve finans ve sigorta sektörleri için Değerleme
- Mühendislik Destek Aygıtları (Ancorelog, CoreScan3, Gyromat, Shaft Scanner)

Sizin için hangi soruları yanıtlayabiliriz?

DMT TÜRKİYE - Kozyatağı Mah. Şehit Mehmet Fatih Öngül Sk. Odak Plaza
Blok No: 5 İç Kapı No: 4 TR 34742, Kadıköy, İstanbul
İletişim: +90 216 361 26 98 / +90 535 206 71 75 - Mail: turkey@dm-tgroup.com

dm-tgroup.com



Engineering
Performance

TUVNORDGROUP