

MÜHENDİSLİK HİZMETİNDE ÇALIŞAN JEOLOĞUN BENT TEMELİ ARAŞTIRMALARINDAKİ SORUMLULUĞU(1)

DON U. DEERE *Don U. Deere and Andrew H. Merritt, Inc., Gainesville, Florida*

GİRİŞ

Bir hidroelektrik projenin hemen hemen tüm öğelerinin plân ve projesi, proje mühendisi ile jeologun (engineering geologist) yakın işbirliğine gereksinme göstermektedir. Bu işbirliği batarolar, çevirme tüneli, kuvvet tüneli, yerüstü veya yeraltı santrali, ve hatta bendin kendisi ile santral, sulama ağı ve dolusavak gibi yardımcı yapılar için de gereklidir. Yalnız yapımın süre ile maliyetini değil, fakat yapıların emniyetlerini de ciddi olarak etkileyecek kararlar birlikte alınmalıdır.

Teknik ve ustalığın (art) bugünkü durumunda hiç bir kimse, proje unsurlarının kabulü olanaklı plânları yapmadan ve ön projeler ile maliyet tahminleri geliştirilmeden önce bent yeri jeolojisinin ayrıntılarıyla bilinmesi gerektiğine inandırılmamıştır. Aşağıdaki etkenler çeşitli tiplerdeki bentler ile çeşitli su alma ağızları ve dolusavak seçimlerinin bağlı uygunluğunun ve kabul edilebilirliğini açık bir şekilde belirlemektedir; (1) doğal yapı gereçlerinin sağlanması, (2) vadi yamaçlarının ve tabanının biçimi, (3) temel özellikleri. Bu etkenlerin tümü jeoloji ile ilgilidir.

Bu konferansta verilen önceki bildiriler, proje mühendisleri ve müteahhitlerin çok büyük ölçekte uygun olmayan jeoloji koşullarının üstesinden gelebildiklerini açıkça göstermiştir. Bununla beraber uygun olmayan koşullar önceden bilinmelidir. Ancak bu durumda projede, yönergelerde ve yapım plânlanmasında bu koşullar gözönüne alınabilir. Bunların yapılmaması halinde, büyük gecikmeler, maliyet artışları ve uyuşmazlıklar kesinlikle olacaktır. Eğer proje ve yapım evrelerinde bilinmeyen ve projeye kötü yönde etkileyecek jeoloji verisi kalmışsa işletme anında, gelecek yıllarda hasar veya yıkılma olasılığı vardır.

JEOLOGUN ROLÜ

Yapılabilirlik çalışmaları

Jeolog, en önemli rolünü bent yeri seçiminden önceki günlerde ve yapılabilirlik çalışmalarında oynayabilir. Bu zamanda genel jeoloji incelenir, bölgesel faylar, derin ayrışma zonu, karstik kireçtaşı, eski yerkaymaları vb. gibi büyük sorun yaratacak şekiller belirlenir. Olumsuz olanlar inceleme dışı bırakılır, veya en azından o an için az olumlu diye nitelendirilir ve daha iyi yerler ayrıntılı olarak incelenir.

Hava fotoğrafları yardımı ile arazi çalışması en büyük araştırma aracıdır. Deneme çukurları ve yarmalar toprak örtüsünün ve ayrışmış kayanın incelenmesi için yararlıdır. Jeofizik araştırma (genellikle sismik, yerine göre jeo-elektrik) bir çok durumlarda, bu evrede de kullanılır. Çok sınırlı sayı ve derinlikte karotlu sondalama kuyuları ve yamaçlarda araştırma galerileri açılabilir.

Vadinin topoğrafyasını, toprak örtüsünü, ayrışmanın derinliğini, vadi tabanının şekli ile alüvyonunu ve kaya yapısını gösteren jeoloji kesiti bu araştırma evresinin son ürünüdür. İnceleme alanının jeoloji haritası, jeoloji kesiti ile birlikte bent yeri "Mühendislik jeolojisi Yapılabilirlik Raporu"nda bulunur. Bu rapor bölgesel istif ve yapımın tanımlanmasını, bent yeri jeolojisini, temel koşullarını, kil, filtre ve beton gereci, kaya dolgu gereci beton agregası, riprap gibi yapı gereçlerinin sağlanmasını kapsar. Temel onarımı (kazı derinlikle-

(1) Proceeding of the Engineering Foundation Conference on Foundation for Dams ASCE-EF / Asilomar, Calif. / Mareb 17.21.1974 Konferansta verilen "Engineering Geologist's Responsibilities in Dam foundation Studies" başlıklı bildirden S. ALTUĞ (E.İ.E. Ankara) tarafından çevrilmiştir.

ri ve enjeksiyon) ve çeşitli bent tiplerinin uygunluğu irdelenir.

Olasılıklı bent yerleri birbirleri ile karşılaştırılır ve iyi görünen bir veya iki bent yerindeki ek araştırma için öneriler yapılır.

Ön ve Kesin Proje Çalışmaları

Araştırma programı çok sayıda katrotlu sondalama kuyularını, araştırma galerilerini ve bunlarla birlikte yarma ve deneme çukurlarını kapsayacaktır. En uygunu, sondalama programını geometrik esas yerine bent yerindeki jeoloji taslağını ortaya çıkaracak ve proje mühendisine önemli kaya koşulları hakkında ilk bilgileri verecek şekilde planlamaktır.

Araştırmanın bir kısmı doğrudan doğruya jeolojiyi aydınlatma amaçlı gözlemlenebilir; sağlanan jeoloji verileri bent yeri jeolojisini yorumlamak için hâlâ gerekli olabilir. Verilerin yorumlanması, sırasıyla, en iyi eksen yerinin seçilmesi, istenilen kazı derinliğinin, enjeksiyon gerekliliğinin, veya olasılı kayma soru-

nunun saptanması ile en büyük kazan-
cın sağlanmasına izin verecektir.

Araştırma süresi boyunca jeoloğun proje mühendisi ile ilişkisi sürekli olmalıdır. Olasılı sorunlu yerler irdelenmeli ve değerlendirilmelidir. Zemin ve kaya mekaniği deneyleri, yeraltısuyu pompalama deneyleri, deneme enjeksiyonları, ayrıca galerilerde jeolojik araştırmalar, vb. düşünülmeli ve kararlaştırılmalıdır. Jeoloji yönünden temsil edici yerlerde yapılmaları bakımından, tüm deneyler, jeolog tarafından düzenlenmelidir. Böyle yapılmazsa verilerin yorumu güçleşebilir ve bent yerinde her iki yakadaki verilerin birbirleriyle uyumluluğundaki doğruluğun saptanması olanaksız olabilir.

Yapım Evresi

Yapım süresince, jeoloğun varlığı çok önemlidir. Yüzeyleyen kaya değerlendirilmeli, proje kabulleri denetlenmeli ve herhangi yeni bulunan bir fay, kaynak, mağara, derin ayrışma zonu vs. karışık sonuçlara neden olacağından proje

mühendisi uyarılmalıdır. Böylece enjeksiyon ve drenaj kuyuları, makaslama zonları veya birincil eklemler gözönüne alınarak en iyi şekilde projelendirme yapılabilir.

SORUN YARATAN ÖZEL JEOLOJİ ŞEKİLLERİ

Jeoloğun bent yerindeki sorun yaratabilecek jeolojinin varlığından sorumlu olmadığı kesinlikle söylenebilir; fakat jeolog bunları bulup ortaya çıkarmaktan sorumludur. Böylece gömülü bir turbanın, eski bir yer kaymasının gömülü bir akarsu yatağının, mağaranın veya önemli bir fayın varlığının saptanması onun sorumluluğu içerisindedir. Jeolog, bütün bunları, jeoloji haritası alımı, hava fotoğrafları çalışması, sondalama kuyuları, yarmalar ve galeriler yardımı ile ortaya çıkarır.

Bununla birlikte sık sık karşılaşılan ve güvenilmeyen, ayrıca kolaylıkla ortaya çıkarılmayan iki jeoloji şekli vardır. Bunlar başkalaşım (metamorfik) kayalarındaki yapraklanma makaslama (foliation shear) ve çökel kayalardaki şeyl miloniti damarıdır. (shale milonite seam).

Yapraklanma Makaslama Zonu

Yapraklanma makaslama zonu, başkalaşım kayalarında yapılan birçok hidroelektrik planlamaların, proje ve yapımlarında sorun yaratmıştır. Makaslamanın kökeni, jeoloji devirlerinde başkalaşım kayasındaki bitişik iki katman arasında kıvrımlanmanın veya bazı durumlarda aşınma ve vadi kazılması ile birlikte gerilme boşalmasının (stress relief) neden olduğu farklı hareketlerdir. Hareketler, granit, gnays ve kuvarsit gibi som, sert kayalardan oluşan bir istif içerisinde tipik olarak mikalı, kloritli, talklı veya grafitli şistlerden ibaret zayıf katmanlarda yoğunur. Hareketlerin 5-10 cm ile 100-150 cm arasında değişen ölçek kadar küçük olabilecekleri gözönüne alınmalıdır (New York ve Washington şehirlerindeki projelerde pegmatit dayklarında 152.50 cm lik kayıntılar "ofsets" görülmüştür).

Makaslama zonlarının kalınlığını, tipik olarak 5-10 cm fay kili (gouge) ve ezilmiş kaya oluşturur. Bununla birlikte zonun her iki yanındaki kaya, çok yağın eklemler ve yer yer ayrışmış olup 100-150 cm genişliğinde makaslama az etkinmiş kısımları kapsar.

Washington'daki Metro İstasyonunda (Du Pont Circle) yaklaşık 7.62 m aralı 9 adet makaslama zonuna rastlanmıştır. New York şehrinin çok sayıdaki su temini tünellerinde (yapım durumundaki 3 numaralı Şehir Tüneli) bu zonlar, yalnız 5-10 cm kalınlıkta olmalarına karşın tünellere paraleldirler ve bir zon tünel boyunca 150-200 m izlenebilir. Bu tip zonlar duraylılık yönünden çelik iksayı gerektirir. Yukarıdaki tünellerde, yapraklanma makaslama zonları 150-300 m aralıdır.

Birçok yeraltı santrallerinde yapraklanma makaslama zonlarına rastlanılmış ve bu zonların üstesinden gelinmesi ancak maliyet artışı ile gerçekleştirilmiştir. (Churchill Falls, Oroville, Morrow Point). Rodezya'daki Kariba kemer bendinde, ezilmiş bir mikaşist zonu çok miktarda kazıyı ve kazılan yerin betonla doldurulmasını gerektirmiştir. Venezuela'da yeni yapılan bir kemer bentte, geniş ölçekte ayrıntılı bir incelemeye, bir yapraklanma makaslama zonunun ankraj kırışları ve bunları birleştiren beton tablalar yardımıyla ön gerilme yapılmasına ve kemerin üst kısmının küçük ölçekte yeniden projelendirilmesine gereksinme duyulmuştur.

Yapraklanma makaslama zonları, ezilmiş gereçte, sırasıyla tane boyu ve minerolojinin bir fonksiyonu olan kalıcı sürtünme açısının (residual friction angle) doğrudan doğruya neden olduğu makaslama mukavemetini içeren kayadaki doğrusal zayıflıkları yaratır. Sürtünme açısının değeri genellikle 15° ilâ 25° arasında değişir, fakat daha da düşük olabilir.

Jeolog, yapraklanmaya paralel makaslama zonlarını bulduğunda kuşkulu olmalı ve bunların kayma mukavemeti (sliding resistance), yamaç duraylılığı ve temel islahı üzerindeki olası etkilerini proje mühendisi ile irdelemelidir. Diğer yönden zonların yönelimi çok önemlidir, yönelim yapraklanmaya paralel sanılabilir. Zonun gerçek yeri de ayrıca çok önemlidir. Sondalama kuyuları çoğunlukla, ezilmeli kayadan ve fay kilinden karot örneği almaz. Araştırma galerileri veya deneme bacaları, bu zonların olası varlıkları için en kesin denetim yöntemidir.

Yazar, geçmişteki birkaç yıl içerisinde, bir düzineden fazla projede tehlike yaratan yapraklanma makaslama zonlarına rastlanmıştır. Bu projelerde sorunları giderici ölçümler ve yeniden pro-

jelendirme gerekli olmuş ve toplam maliyet milyonlarca dolar artmıştır. Küçük bir kuşku olsa da, yapraklanma makaslama gerçekten "önemli bir mühendislik jeolojisi şeklidir".

Şeyl Miloniti Damarı

Şeyl miloniti damarı katmanlanma düzlemi makaslamaından başka bir şey değildir. Yapraklanma makaslamaında olduğu gibi bu kez çökel kayalardaki bitişik iki katman arasında, kıvrımlanma veya gerilme boşalması ile ilgili farklı hareketler şeyl miloniti damarının gelişmesine neden olmuştur. Makaslama, genellikle şeyl, seyrekle olarak da sert kireçtaşı, kumtaşı, veya miltaşı arasındaki ince bentonit veya linyit gibi zayıf katmanlarda yoğunudur.

Makaslama, ezilmiş şeyl kili (shale gouge) mühendislik jeolojisi literatüründe çoğunlukla, ezilmiş şeyl anlamına gelen şeyl miloniti (shale milonite) olarak tanımlanır. Bu zon genellikle 25 mm kadar kalın olmasına karşın 10 larca m devam edebilir. Makaslama mukavemeti 10°-20° lik kalıcı sürtünmenin değerine yakın veya kil mineralinin türü ile kil boyundaki gerecin yüzdesine bağımlı olarak daha düşük değerdedir.

Yataya yakın bir milonit damarının, temel çalışmasında bir beton ağırlık bendin kayma mukavemetini olumsuz yönde etkileyebileceği belirgindir. Yamaçta, tehlikeli konumdaki yataya yakın bir milonit damarı benzer biçimde, kemer bende de etkir. Bu tip damarlar üzerine yapılan batardolar ve üzerinde ulaşım yapılan nehirlerdeki bentlerin gemi havuzlama duvarları da hasar görebilecek veya yıkılabilecek bir çift yapı örneğidir.

Kuşkusuz, şeyl milonit damarı da önemli bir "mühendislik jeolojisi şekli" dir.

BETON AĞIRLIK BENDİN VE GİRİŞ YAPILARININ DURAYLILIĞI

Bir beton ağırlık bentteki kayma duraylılığının denetimi proje evresinde her zaman yapılır ve bendin, vadi enine kesitindeki konumu dolayısıyla kayma duraylılığı genellikle güvenli olarak bulunur. Buna karşın, giriş yapıları ağırlık bentlerine göre daha yaygın olarak kullanılır ve duraylılığın sağlanması yönünden daha sorunludur.

Beton ağırlık giriş yapıları dolgu bentleri dahil tüm bent tiplerinde kullanılmaktadır. Bu yapılar, kuvvet tüne-

li, su alma ağızı veya dolusavak yaklaşım kanalları olabilir. Çoğunlukla vadinin kazılmasından dolayı genellikle yerleştirilen bu tip yapılar vadi duvarının kazılmasından dolayı genellikle bent yapısından daha az emniyetlidirler.

Dolusavak üzerindeki kayanın duraylılığı bir sorun yaratabilir, fakat en büyük sorun bent gölündeki suyun hidrostatik itkisi altındaki ağırlık yapılarının kayma mukavemetidir. Bu durum, giriş yapılarının hemen mansabında topoğrafyanın vadi tabanına ulaşması ve dolusavak düşüsünün veya basınçlı boruların uzunluklarını kısaltmak amacıyla, yapıların olanak içerisinde mansaba kaydırılmaları halinde özellikle tehlikelidir.

Yukarıda belirtilen durumlar için uygun olmayan konumdaki herhangi bir jeoloji şeklinin (yarı yatay) bent temeli altında kalması, bu şeklin bir zayıflık düzlemini oluşturması ve doğal yamaç veya yapay kazı çevresinde yüzeylenmesi sorun yaratacaktır. Daha önce tanımlanan başkalaşım kayalarındaki yapraklanma makaslama ve çökel kayalardaki şeyl milonitinin bu tip zayıf ve sürekli zonları oluşturacağı belirgindir.

SONUÇLAR

Bir bent projesinin tüm evrelerinde dikkatli bir araştırma yapılmalıdır. Evreler boyunca, jeolog ve proje mühendislerinin işbirliği zorunludur. Jeolog bent yerinin jeoloji taslağını belirlemek ve sorun yaratacak jeoloji şekillerini ortaya çıkararak, bunların proje mühendisleri ile irdelemekten sorumludur.

Fay, derin ayrışma zonu, erime kanalları, eklemler vb gibi çok belirgin jeoloji şekillerini incelemek ve tanımlamasını yapmakla yetinilmemelidir, "yapraklanma makaslama" ve "şeyl miloniti" gibi daha az belirgin jeoloji şekilleri de araştırılmalı ve incelenmelidir. Bunlar, önemli ölçekteki süreklilikleri ve zayıf mukavemetlerinden dolayı her yerde görülen "belirgin" jeoloji şekilleridir. Bu şekillerin beton yapıların altında tehlikeli bir konumda bulunmaları kaymalara, yıkılmalara neden olabilir.

Bent temellerinin mühendislik jeolojisi, kesinlikle, bu makaslama zonlarının bir değerlendirilmesini içermelidir. Küçük kalınlıklarından dolayı, bu zonları ortaya çıkarmak için çok dikkatli haritalama, özel sondalama ve örnek al-

ma ile birlikte araştırma galerileri de kullanılmalıdır. Jeoloğa ait sorumluluğunun en önemli kısmı yukarıda nite-

likleri belirtilen değerlendirmenin etkin bir biçimde fakat çok dikkatli ve titiz olarak yapılmasıdır. Zaman ve para-

yokluğu bir özür olamaz; sorumluluktan kaçınılamaz.

Kaya yamaç duraylığının çabuk analizi için geliştirilen bileşik ağ⁽¹⁾

D.M. CRUDEN *Department of Civil Engineering University of Alberta Edmonton, Alberta, Canada.*

ÖZET

Kutupsal eşit alan ağı (polar equal area net) ile Schmidt ağının büyük dairelerinin bir araya getirilmesi ile oluşan bileşik ağ (composite net), Markland yönetimiyle kaya yamaç duraylığının çabuk analizinde kolaylık sağlamaktadır. Çeşitli saydam çizim kâğıdı (overlay) kullanımını tek bir saydam çizim kâğıdına indirgemekte ve grafik çizimler sırasında döndürme işlemi adedini bire düşürmektedir.

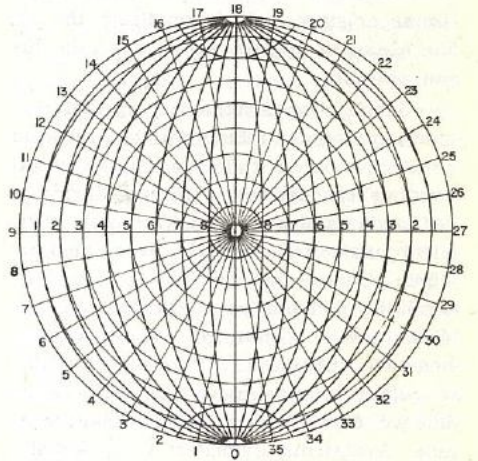
GİRİŞ

Kaya yamaç duraylık analizinde küresel izdüşümlerin kullanımına inşaat mühendislerinin yaklaşımını sağlamadaki sorunlardan biri, kullanılmakta olan stereonetlerin başka amaçlar için yapılmış olmasıdır. Bu kısa yazım içinde en yaygın kullanım alanına sahip Schmidt ağının eksiklikleri özetlenmekte ve onun bir seçeneği olan en uygun ağ biçimi anlatılmaktadır.

SCHMİDT AĞI

Hoek, Bray ve Boyd (1973) ve kaya mekaniğindeki diğer araştırmacılar tarafından kullanılan ağ, kürenin eşit alan, ekvatoryal (veya meridyonal) izdüşümü olan Schmidt ağıdır. İki cins daire içeren Schmidt ağında; büyük daireler kuzey-güney doğrultulu düzlemlerin izdüşümleri olup, yarı kürenin izdüşüm merkezinden geçerler; küçük daireler ise doğu-batı doğrultulu düşey düzlemlerin izdüşümleri olup yarıkürenin merkezinden geçmezler. Küçük dairelerin kaya yamaç duraylık sorunlarının çözümünde yararlılığı sınırlıdır.

Schmidt ağı, süreksizliklerin fazlaca kutup çizme gerektirdiği durumlarda uygun görülmemektedir. Bir süreksizliğin yatayla arasındaki açısı yarı dalmı ağına kuzey-güney ve doğu-batı istikametlerinde uzanan çapları boyunca yalnızca iki düzlemde ölçülebilir.



Şekil 1: Bileşik ağ; kutupsal eşit alan ağı ince silik, Schmidt ağının büyük daireleri kalın koyu çizgilerle gösterilmiştir.

(1) The Quarterly Journal of Engineering Geology, Volume 9 No 2 1976. adlı derginin "A composite net for the rapid analysis of rock slope stability" başlıklı teknik nottan alınmıştır.

G. UNAY (E.İ.E., Ankara) tarafından çevrilmiştir.