

su yapılarında jeolojik ve jeoteknik çalışmalar

Su yapılarında yapılan jeolojik ve jeoteknik çalışmalarda; mühendislik jeolojisi, temel sondajları, yerinde deneyler, laboratuvar deneyleri, yeraltı suyu gözlemleri, jeofizik etütler, görsel incelemeler ve yerel deneyimlerin bir bütün halinde değerlendirilmesi sonucunda yeraltı zemin koşullarının belirlenmesi hedeflenir.

Tüm yapılar da jeoteknik çalışmaların, ne kadar önemli olduğu bilinen bir gerçektir. Ancak, su yapılarında, bu durum çok daha önem kazanmaktadır. Gerek proje, gerekse uygulama aşamalarında yapılan jeoteknik çalışmaların eksik veya yanlış yapılması, telafisi olmayan zararlara neden olmaktadır. Bu nedenle, projenin yapılabiliğini ve karakteristiklerini doğrudan etkileyen bu çalışmalar, son derece özenli, geniş zaman aralıklı, bilimsel verilere dayalı ve titizlikle yürütülmesi gereken bir şekilde yapılmalıdır.

Su yapılarında meydana gelen sorunların en önemlileri; baraj gövde dolgusunda meydana gelen sızma ve borulanma, şev eğiminin yetersizliği, dolguda farklı oturmalar, deprem, göl alanında meydana gelebilecek heyelan, yanlış malzeme seçimi ve zemindeki geçirimsizliğin sağlanmaması sonucu oluşabilecek baraj temelindeki sızma ve borulanmadır. Bu tür problemlerle karşılaşmamak veya en aza indirmek için jeolojik ve jeoteknik çalışmaların yeterli ve doğru olarak yapılması, projelendirme ve yapı güvenliği bakımından önemlidir. Tüm su yapılarında genellikle yapım maliyetlerinin % 0.05 ile 3,0'üne karşılık gelen bir maliyetle araştırma çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu oran yapının bulunduğu yerin jeolojik yapısına, teknolojik gelişmelere ve bulunduğu ülkenin gelişmişlik düzeyi ile de ilişkili olup gelişmiş ülkelerde bu oran daha yüksek olabilmektedir. Bu oran; ülkemizde oldukça düşüktür. Bu araştırmalarda minimum

maliyetle maksimum bilgi edinilmesi esastır. Pahalı bir yapım yöntemine karşı yeterli bir araştırma programı ile ekonomik-pratik-makul çözümlere ulaşmak mümkündür. Eksik ve yetersiz olarak yapılan araştırmalar daha sonra telafisi çok zor problemlere sebep olduğu gibi projenin nihai maliyetini de arttırmaktadır. Su yapılarında özellikle temel kayasının jeolojik ve jeoteknik parametrelerinin eksik olarak belirlenmesi geçirimsizlik ve duraylılık yönünden çok vahim sonuçlara sebep olmaktadır.

Geçirimli veya zayıf temelerde görülen problemler için kaya ve zemin mekaniği esasına dayalı teorik çözümler kullanılır. Bu çözümlerin çoğu karmaşıktır ve izotropik olmayan gerçek permeabilitenin veya temel dayanım karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla oldukça pahalı olan detaylı arazi ve laboratuvar deneylerine bağlıdır. Büyük barajlarda temele ait projelerin, deneysel verilere dayalı yapılması esastır.

Birçok su yapısında değişik nedenlerden dolayı zemin iyileştirme yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Bu yöntemlerin başlıcaları enjeksiyon, jet enjeksiyonu ve bulamaç hendeğidir.

Su yapılarında yapılan jeolojik ve jeoteknik çalışmalarda; mühendislik jeolojisi, temel sondajları, yerinde deneyler, laboratuvar deneyleri, yeraltı suyu gözlemleri, jeofizik etütler, görsel incelemeler ve yerel deneyimlerin bir bütün halinde değerlendirilmesi sonucunda yeraltı zemin koşullarının belirlenmesi hedeflenir. Bunun

için büro çalışması, araştırma programı hazırlanması ve arazi çalışması şeklinde üç kademeli bir programın yapılması ve bunun uygulanması gerekmektedir.

1. PROJE AŞAMALARI

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından planlanan, projelendirilen, inşa edilen, kontrollüğü ve danışmanlığı yapılan baraj, gölet, hidroelektrik santral (HES), regülatör, pompa istasyonu, arıtma tesisi, kanal, tünel, cebri boru, yükleme havuzu, isale hattı, su deposu, atıksu, köprü, bina vb. yapıların ön inceleme aşamasından uygulama sonrasına kadar bütün aşamalarda jeoteknik çalışmalar yer almaktadır. Bu çalışmalar kapsamında, her projede jeolojik/jeoteknik etütler yapılmakta ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda “**JEOTEKNİK ETÜT RAPORU**” hazırlanmaktadır. Bu raporların aşamaları ve içerikleri aşağıda kısaca verilmiştir.

1.1. Ön inceleme aşaması

Bu aşamada büro çalışmasına başlamadan önce proje ile ilgili mühendislerin katıldığı arazi gezisi yapılmalı, 1/25 000 ölçekli haritalar üzerinde belirlenen yapı yerleri; topoğrafik, jeolojik ve su olanakları yönünden incelenerek projenin planlama aşaması programına alınıp alınmayacağı belirlenmelidir. Jeolojik yönden olumsuz olarak değerlendirilen yerler iptal edilerek alternatif yerler çalışılmalıdır. Bu aşama için uygun bulunan proje alanının 1/25 000 veya daha büyük ölçekli jeoloji haritası yapılarak, kesitleri hazırlanmalı, yüzey jeolojisi verilerine göre duraylılık ve su kaçağı olup olmayacağı değerlendirilerek uygun yapı yerleri önerilmelidir. Göl alanındaki kayaçların jeoteknik özellikleri ile göl alanından diğer vadilere veya havzalara

kaçak olup olmayacağı ve eski, aktif ve potansiyel heyelanlar, yeraltı yapı yerlerindeki kayaçların jeoteknik özellikleri, yapı yeri kazısına yeraltısuyu gelişti olup olmayacağı, yapı yerleri ile giriş/çıkış ağzlarında eski, aktif ve potansiyel heyelanların var olup olmadığı belirlenmelidir. Jeolojik ve jeoteknik koşullar ile yapı gereçleri olanakları değerlendirilerek yapı tipinin seçimini sağlayacak önerilerde bulunulmalı ve planlama aşamasında yapılması gerekli görülen araştırma programı önerilmelidir.

1.2. Planlama aşaması

Planlama aşamasında projenin büyüklüğüne göre 1/25000–1/5000–1/1000 ölçekli haritalar kullanılarak göl alanının, güzergahların ve yapı yerlerinin jeolojik yapısı incelenerek, geçirimsizlik ve duraylılık yönünden yapı-temel ilişkisi ile doğal yapı gereç alanları ortaya konularak projenin yapılabilirliği araştırılmalıdır. Araştırma programı kapsamında yapılacak çalışmalar ile örtü birimlerinin, ayrılmış ve zayıf kayaçların, temel olabilecek kayaçların jeolojik ve jeoteknik özellikleri belirlenmelidir. Yapı yerinde vadi tabanı ve yamaçları oluşturan birimler incelenerek, arazi deneyleriyle geçirimsizlik katsayısı (K) ve Lugeon değerleri hesaplanmalı; inşaat sırasında kazı çukuru gelebilecek suyun yeri ve miktarı belirlenmeli, kazıyı kuruda yapmak amacıyla uygun geçirimsizlik perdesi (bulamaç hendeği, geçirimsiz ince duvar, enjeksiyon perdesi v.b) önerilmeli, temel kayasında geçirimsizliği sağlamak için enjeksiyon perdesi yapılmasının gerekli olduğu durumlarda; enjeksiyon yöntemini belirlemek amacıyla deneme enjeksiyonu yapılmalı, araştırma programı sonuçlarına ve jeolojik yapıya göre uygun iyileştirme yöntemleri belirlenmelidir.



Sondaj Çalışmaları

Göl alanında geçirimsizlik yönünden kuşku olması veya bazı bilinmezlerin varlığı halinde temel araştırmaları yapılarak, jeolojik yapı ayrıntılı olarak tespit edilmeli, geçirimsizlik özelliği kesin olarak ortaya çıkartılmalı ve bu konuda kesin proje aşamasına hiçbir araştırma veya konu bırakılmamalıdır. Araştırma programı sonucu elde edilen jeolojik ve jeoteknik verilere göre kaya kütle sınıflamaları (RMR, Q vb) yapılmalı, kayacın desteksiz kendini tutma özelliğine bağlı olarak, geçici destek tipleri önerilmelidir. Yamaçlarındaki kaya ve zeminlerin; genel duraysızlık sorunları taşıyıp taşımadığı, aktif heyelan olup olmadığı, heyelana neden olabilecek koşulların olup olmadığı, tabaka eğimlerinin şev eğimine göre konumu ve sorun çıkarıp çıkarmayacağı, şişme, erime veya dağılma özelliklerinin yapı yerine etkisi araştırılmalıdır. Kazı şev ve palyelerini boyutlandırmak amacıyla temel kayacının jeolojik ve jeoteknik özelliklerine uygun arazi ve laboratuvar deneyleri ve ölçümlerini kapsayan kaya ve zemin mekaniği çalışmalarına dayalı şev duraylılık ve kinematik analizleri yapılmalıdır. Tünel/galeri ve kanal gibi yeraltı yapı yeri ve güzergahlarında jeolojik harita ve kesitler yapılmalı, güzergah boyunca kazı temelini ve giriş/çıkış yamaçlarını oluşturan birimler temel araştırma verileri dikkate alınarak geçirimsizlik açısından incelenerek, kazıya gelebilecek suyun yeri, miktarı ve kazıya etkisi belirtilmelidir. Sızma ve drenaj sorunlarına karşı güzergah ve çevresindeki formasyonların suyu drene etme özellikleri, drene olamayan suyun neden olabileceği ikincil oluşumlar (bataklık, su birikintisi vb), alınması gerekli iyileştirme önlemleri belirlenmelidir. Ayrıca sismik risk analizleri de bu aşamada yapılmalı veya yapılmış çalışmalar güncellenmelidir.

1.3. Kesin proje aşaması

Planlama aşamasında belirlenen yapı yeri-tipi ve boyutlarının değişmesi, planlama raporunda kesin proje aşamasında ilave araştırma yapılmasının önerilmesi, planlama verilerinin güncelleştirilme ihtiyacının doğması veya diğer nedenlerle yapı yerlerinde araştırma yapılmasının gerekli olduğu durumlarda yapı yerleri yeniden araştırılmalıdır. Yapı yerlerindeki jeolojik ve jeoteknik koşullar ortaya konarak, bu koşulların yapıları ne şekilde etkileyebileceği değerlendirilmeli ve kesin proje aşamasına bırakılmış sorunlar bu aşamada çözüme kavuşturulmalıdır.

1.4. Uygulama aşaması

Yapım sırasında kazı ve iyileştirme çalışmalarının projeye uygun olarak yapılıp yapılmadığı izlenmelidir. Kesin proje aşamasında öngörülemeyen jeolojik ve jeoteknik sorunların yapıları etkileri ve ortaya çıkan durumlar karşısında alınabilecek önlemler konusunda çalışmalar yapılarak raporları hazırlanmalıdır. Uygulama sırasında özellikle kazı ve enjeksiyon çalışmalarında beklenmeyen sorunlar çıkmaktadır. Bu sorunları en aza indirmek ve gerektiğinde zamanında müdahale etmek için yapım çalışmalarının projesine uygun olarak yapılıp yapılmadığı daima iyi kontrol edilmelidir.



Ermenek Barajı

1.5. Uygulama sonu

İnşaatın tamamlanmasından sonra proje ile ilgili jeoloji mühendisi tarafından tüm veriler derlenerek proje alanı ve çevresinin, yapı yerlerinin jeolojik ve jeoteknik özellikleri; yapı yerlerinde yapılan işlemlerin (araştırma, iyileştirme, proje değişikliği vb) kronolojik sıralaması; kesin proje ile uygulama aşaması projeleri arasındaki farklılıklar ve nedenleri, jeolojik koşulların projeye etkileri; yapım aşamasında jeolojik koşullarla ilgili karşılaşılan sorunlar, daha önceki aşamalarda

önerilen ve işletme aşamasında alınması gereken önlemler belirtilerek, sonuç raporu hazırlanmalıdır.

2. SONUÇLAR

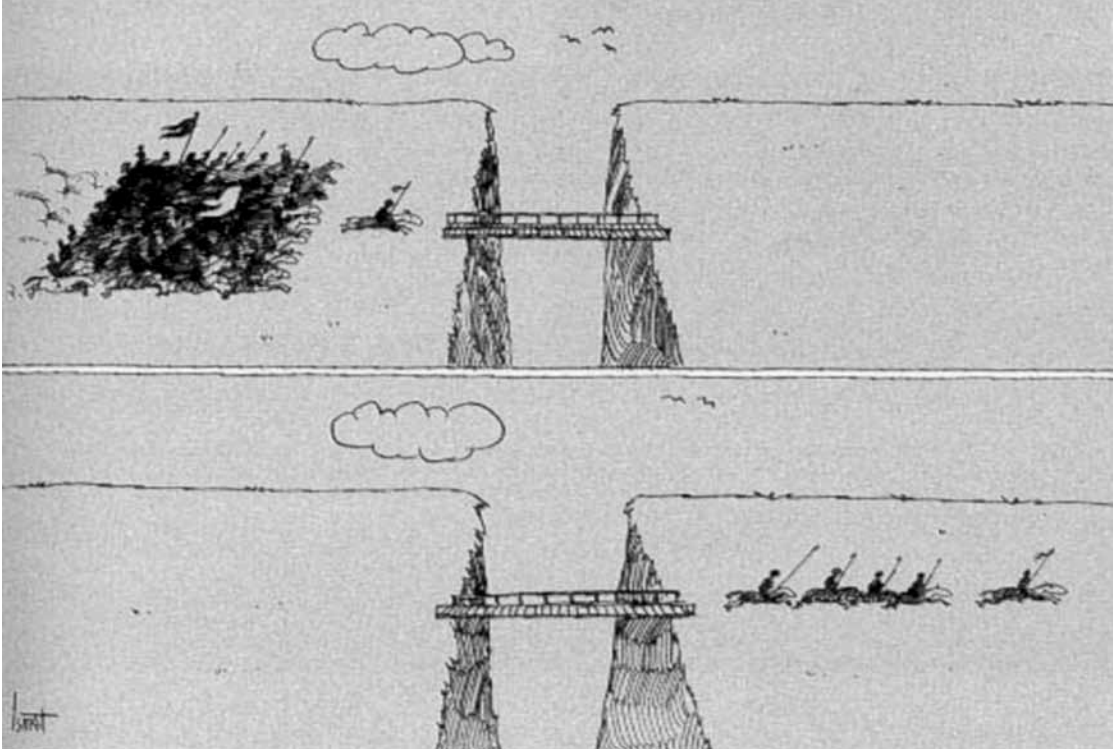
Su yapılarında duraylılık ve geçirimsizlik problemleri ile karşılaşmamak için planlama aşamasında yeterli ve doğru jeolojik-jeoteknik çalışmaların yapılması, yapı güvenliği bakımından önemlidir.

Su yapılarında vadi tabanı ve yamaçları oluşturan birimler incelenerek, arazi deneyleriyle geçirimsizlik katsayısı (K) ve Lugeon değerlerinin hesaplanması; inşaat sırasında kazı çukuruna gelebilecek suyun yeri ve miktarının belirlenmesi, temel kayasında geçirimsizliği sağlamak için enjeksiyon perdesi yapılmasının gerekli olduğu durumlarda; enjeksiyon yöntemini belirlemek amacıyla deneme enjeksiyonu yapılması büyük önem arz etmektedir.

maçların duraylılığının artırılması amacıyla hazırlanan enjeksiyon projeleri titizlikle uygulanmalı ve kontrol edilmelidir.

Zeminlerin takviye edilmesi, yapılmış yapılardaki oturma ve istenmeyen hareketlerin önlenmesi ve zeminin geçirimsizliğinin azaltılması için yapılan jet enjeksiyonu ile su yapılarının temelinde istenilen geçirimsizliği sağlamak için yapılan bulamaç hendeği uygulamalarının doğru projelendirilmesi ve başarılı olunması için zeminin jeolojik ve jeoteknik özelliklerinin eksiksiz ve doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Türkiye'de inşa edilen bazı büyük barajlarda özellikle yanlış ve/veya eksik yapılan jeoteknik araştırmalardan dolayı proje değişiklikleri meydana gelmiş ve maliyet artışlarına sebep olmuştur. Bu nedenle projelendirme aşamasında gerekli jeolojik ve jeoteknik çalışmalar mutlaka yapılmalı veya yaptırılmalıdır.



Su yapıları temelindeki deformasyonların en aza indirilmesi, gövdenin kaymaya karşı direncinin artırılması, gövde ile temel düzlemi civarındaki geçirimsizliğin sağlanması, temel altındaki bölgede zemin gerecinin sızmalar dolayısıyla yıkanmasının önlenmesi ve ya-

NOT: Bu yazının hazırlanmasında DSİ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı tarafından 2011 yılında yayınlanan "Jeoteknik Etüt Şartnamesi" nden yararlanılmıştır.