

# Güvenli ve Ekonomik Madencilik İçin Şev Stabilite Analizleri



Muhammet Beyhan  
Jeoloji Yüksek Mühendisi  
Mitto Consultancy

Madencilik faaliyetleri, tarih boyunca insanlık için büyük bir öneme sahip olmuştur. Bu faaliyetler sanayi devrimine kadar küçük ölçeklerde devam etmiştir. Ancak sanayi devriminden günümüze kadar geçen süre içerisinde, sürekli gelişen teknolojik birikimden dolayı maden arama ve bulma çalışmaları hız kazanmıştır. Böylece hem yer altında hem de yerüstünde büyük ölçekli madencilik faaliyetleri yapılmaya başlanmıştır.

Madencilik çalışmalarının artarak devam etmesi ile madenlerin çıkarıldığı ocak alanlarında ve depolama alanları olan atık depolama, pasa ve liç alanlarında duraylılık problemleri ile karşılaşmıştır. Şevlerde stabilite analizi çalışmaları 18. yy'ın sonlarından itibaren başlamış (Coduto 2006) ve kuramsal çalışmaların ilerlemesiyle geliştirilmiştir. Coulomb zemin kütlesi içerisindeki kayma kayması dengesini inceleyerek oluşturduğu kayma yüzeyi kabulü ile ilerleyen dönemdeki çalışmaların temelini oluşturmuştur. 20. yy'ın başlarında yol, demiryolu, liman gibi yapıların inşasında büyük kaymalar olmuş ve bu kaymalara çözüm aranmaya başlanmıştır. Heyelan sorununu incelemek ve bu konu ile ilgili çalışmalar yapmak amacıyla, Amerika ve İsveç başta olmak üzere, çeşitli kurumlar oluşturulmuş ve araştırmalar yapılmıştır. Fellenius ve Peterson tarafından kayma analizi ile ilgili yöntemler geliştirilmiştir (Bjerrum 1963, Petterson 1955).

Son yüzyılda yapılan kapsamlı mühendislik çalışmalarında zemin ve kaya duraysızlığı konusunda karşılaşılan problemlerin giderilmesi için önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Yapılan çalışmalarda zamana bağlı olarak zeminlerde meydana gelen değişmelerin daha iyi belirlenmesi, dayanımların belirlenmesinde arazi ve laboratuvar çalışmalarının gerekliliği, yenilmelerin yaşandığı şev alanların tespit edilmesi için yeni cihazların tasarlanması, şev duraylılığının analizi için ampirik yöntemlerin ortaya konulması ve elde edilen veriler ışığında analizlerin yapılabilmesi için bilgisayar programlarının kullanılması gibi gelişmeler sağlanmıştır.

Madencilik faaliyetlerinin yapıldığı ocak ve depolama alanlarının duraylılığını sağlamak için limit denge yönteminden faydalanılmaktadır. Limit denge yönteminde; düşey yöndeki kuvvetlerin dengesi,



Muhammet Beyhan

yatay yöndeki kuvvetlerin dengesi ve herhangi bir noktaya göre moment dengesi koşullarının sağlanması gerekmektedir. Bu yöntemden bazıları Spencer yöntemi, Morgenstern ve Price yöntemi, Bishop yöntemi, Janbu yöntemi ve Basit dilim yöntemi gibi yöntemlerdir. Duncan ve Wright (2005)'e göre emniyet katsayısının he-

saplanmasında sınır denge yöntemlerinin hepsi de bu statik denge denklemlerinin bir kısmını kullanmakta olup yöntemlerden bazıları tüm denklemleri kullanıp bunların şartlarını sağlarken, bazıları da sadece bir kısmını kullanır ve şartlarını sağladığını belirtir. Basit Dilim yöntemi ve Basitleştirilmiş Bishop yöntemi denge şartlarından sadece bir kısmını sağlar. Bunun aksine, Spencer yöntemi ile Morgenstern ve Price yöntemi statik denge için tüm koşulları sağlamaktadır. Mitto olarak yapılan stabilite analizlerinde Limit denge yöntemi için Spencer ile Morgenstern ve Price metodlarını kullanılmaktadır.

Şev duraylılık analizlerinde kullanılan parametreler; detaylı arazi çalışmaları, laboratuvar verileri ve ofis çalışmalarının kombinasyonu sonucunda belirlenmektedir. Ayrıca depremlilik durum analizleri için proje alanına etkiyebilecek en kritik deprem ivmelerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Deprem ivmeleri belirlenirken, proje alanına özel deterministik ve probabilistik analizler yapılır ve elde edilen ivmeler karşılaştırılarak en kritik ivme katsayısı seçilir.

Limit denge analiz yöntemi kullanılarak, en kritik kesit/kesitler üzerinde statik ve depremlilik durumlar için stabilite analizleri yapılmaktadır. Analizler sonucunda belirlenen güvenlik katsayıları ulusal mevzuat ve uluslararası standartlarda değerlendirilerek uygun şev geometrisine karar verilmektedir.

Mühendislik yapılarının inşası esnasında ve sonrasında yapılarda oluşabilecek hareketlerin ve deformasyonların izlenmesi önem taşımaktadır. Zemin ve kaya kütlelerinin veya bu kütleler üzerine inşa edilen yapıların izlenmesi için İnklinometre ve Lidar (Light Detection and Ranging) gibi yöntemler kullanılmaktadır. İnklinometre, deformasyonların ve şev hareketlerinin tespit edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Lidar ise yüksek çözünürlüğü ve doğruluğu ile haritaların oluşturulması, kazı alanlarında meydana gelen deformasyonların belirlenmesi ve deformasyon ölçümlerini hızlı ve doğru yapmasından dolayı tercih edilmektedir. Böylece inşaat sonrasında yapıların duraylılığı takip edilerek olası tehlikelerin önüne geçilmektedir.

Madencilik çalışmalarında yapılan tesislerin en kötü koşullarda bile stabilitesini koruması oldukça önemlidir. Aksi durumlarda maddi ve manevi pek çok zararla karşılaşılması mümkündür. Ayrıca bilinçsiz olarak şevlendirilen maden tesisleri, yatırımcıları da ekonomik yönden büyük zararlara uğratabilir. Günümüzde yapılan doğru değerlendirmeler ve analizler ile bu gibi sorunların önüne geçilebilmekte olup, maden tesisleri için güvenli ve ekonomik tasarımlar sunulabilmektedir. Mitto Consultancy olarak yapılan mühendislik çalışmalarında en yenilikçi çözüm önerileri ve teknolojileri ile stabilite problemleri yaşanması muhtemel alanlar için çözüm üretilmektedir. Böylece sürdürülebilir ve çevre dostu madencilik faaliyetleri yapılmasına olanak sağlanmaktadır. ● [mitto.com.tr](http://mitto.com.tr)