

SOMA KÖMÜR HAVZASINDA BİR YERALTI İŞLETMESİNDE ALT TABAN YOLU DESTEK SİSTEMİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

THE IMPROVEMENT OF THE SUPPORT SYSTEMS USED IN MAINGATE ENTRIES OF A MINE LOCATED IN SOMA COAL BASIN

T.S. Saral², İ.F. Öge^{1,*}, Ş. Tarhan², A. Hür², H.H. Çiçek²

¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü

(*Sorumlu yazar: feridoge@mu.edu.tr)

²Demir Export-Fernas, Eynez Doğu Yeraltı İşletmesi

ÖZET

Tavan ve taban yolları, uzun ayak ile üretim yapan yeraltı kömür işletmelerinde büyük öneme sahip olup aşırı deformasyona maruz kaldıklarında birçok aksaklığa yol açarlar. Kömür içerisinde açılan trapez kesitli alt taban yolunun daha az deforme olması için iyileştirilmiş bir tasarım uygulanmıştır. Düz tavanlı trapez benzeri kesitin kullanılması işletmedeki makine donanım anlamında zorunluluk olduğu için kavisli bir tavan oluşturulması seçeneği değerlendirilemeden çözüm arayışına girilmiştir. Nihayetinde, mekanik açıdan daha üstün bir çelik tahkimat geliştirilmiştir. İyileştirilen tahkimat ile halat ve kaya saplama uygulaması entegre edildiğinde ortaya çıkan destek sistemi incelenerek açıklanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Taban yolu, çelik tahkimat, halat saplama, tahkimat

ABSTRACT

Maingate and tailgate entries bearing paramount importance for the underground coal mines where the longwall method is employed, cause many down-times when they are exposed to excessive deformation. In order to reduce the deformations at the maingate having a trapezoidal cross-section, an improved design was applied. Due to the necessity to use a trapezoidal like cross-section with a flat roof, an arched roof option is disregarded without any evaluation. The necessity arise from the machinery equipment compatibility and the solution is sought by taking a flat roof into account. Eventually, a mechanically superior steel support system than the old one was developed. The support system consisting of the integrated improved steel support and cable bolt application, is presented together with the analyses.

Keywords: Maingate, steel support, cable bolt, rock support

GİRİŞ

Uzunayak üretim yöntemi kullanılarak kömür üretimi yapılan yeraltı işletmelerinde tavan veya taban yollarının duraylılığı oldukça önemlidir (Farmer, 1985). Kömür nakliyesinin yapıldığı bantın, basınçlı hava hattının, temiz ve kirli su boru hatlarının, monoray veya diğer raylı sistemlerin yer aldığı taban yolları deformasyona maruz kaldığında insan geçişi de dâhil olmak üzere birçok aksaklığa neden olur. Kesitin deformasyon nedeni ile daralması havalandırma direncinin ve paralel olarak basınç farkının artmasına yol açar. Özellikle kendiliğinden yanma eğilimi yüksek kömürlerde basınç farkının düşük tutulması için gayret gösterilmek durumunda kalınır. Bu bilgilere dayanarak tavan veya taban yolları duraylılığının istihsal faaliyetlerinin devamlılığında kritik rol oynadığı belirtilebilir. Taban yolları, buldukları üretim panolarının ömürleri ile sınırlı olup, ayak arkasında kaldıklarında göçertilmeye bırakılırlar. İki pano üretimi boyunca önce alt sonra üst taban yolu olarak kullanılan açıklıklar

bulduğunda ayakta tutulmaları gereken süre biraz daha uzamış olur ancak galeri ömürleri yine sınırlıdır. Galerilerin, sadece kullanıldıkları süre içerisinde duraylı tutulması ve abartı tasarım yapılmaması ekonomik bir perspektif ile bakıldığında gerekli görülmektedir.

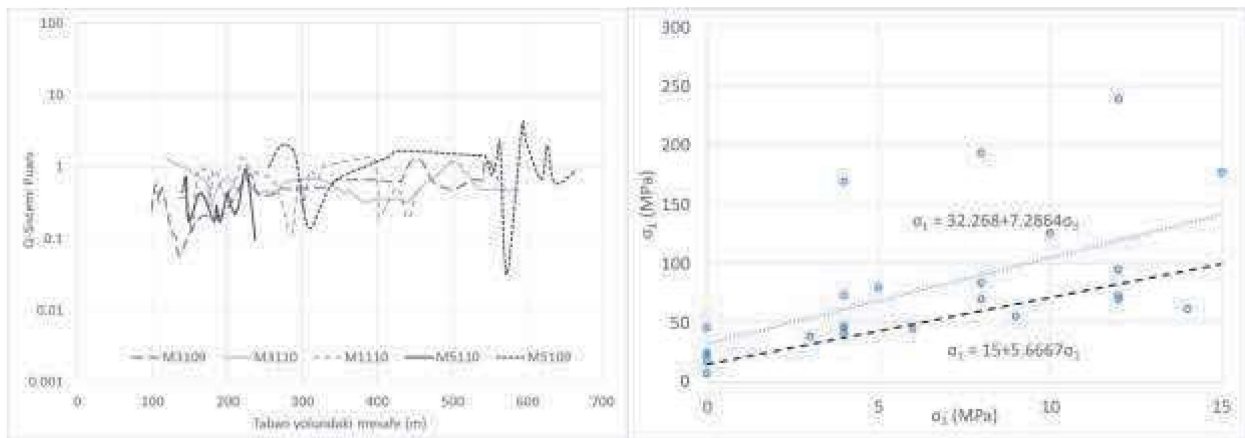
Uzunayak, taban yollarındaki herhangi bir noktaya yaklaştıkça başladığında, üretim kaynaklı gerilmelerden daha fazla etkilenmeye başladığı gibi üretimi bitirilmiş panoların yarattığı gerilme değişikliklerinden de etkilenebilir. Kömür kalınlığı, faylar ve dayanım gibi jeolojik koşullar kadar, üretim sıralaması, ayak uzunluğu, katlı üretim yapılması, topuklar gibi birçok parametre taban yolları duraylılığını etkiler (Farmer, 1985). Koşullara göre deformasyona uyum sağlayacak destek sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanılması gerekebilir.

Bu çalışmada, kalın kömür damarında tavan kömürü göçertmeli uzun ayak yöntemi ile üretim yapmakta olan yeraltı işletmesinde aşırı deforme olan alt taban yolu destek sisteminin iyileştirilmesi için gerçekleştirilen faaliyetler konu edilmiştir.

ÇALIŞMA ALANI VE KAYA KÜTLESİ ÖZELLİKLERİ

Eynez Doğu Yeraltı Linyit İşletmesinde 23.03.2015 tarihi itibarıyla tam mekanize yöntem kullanılarak kömür üretimi başlamıştır. Şubat 2016 tarihinden itibaren ikinci ayak devreye alınarak tam kapasite üretime geçilmiştir. İşletme, Soma kömür havzasında, Eynez köyünün batısında yer almaktadır. İşletme sahasında kömür kalınlığı en fazla 30m'yi bulmakta olup katlar halinde tavan kömürü göçertmeli uzun ayak yöntemi uygulanmaktadır. Üretim derinliği yüzeyden 400m civarına kadar ulaşmaktadır. Soma havzasında popüler olarak tercih edilen tavan ayak uygulamasına gerek olmadan üst kat üretimi doğrudan tavan kömürü göçertmeli olarak uygulanabilmektedir. İşletmede alt katlarda da üretim yapılmaya başlanmıştır.

Havzada ana faylara ilaveten, beklenmedik şekilde karşılaşılan daha ufak atımlı ancak kaya kütlelerini olumsuz şekilde etkilemiş faylar bulunmaktadır. M2 marn biriminde faysız bölgelerde Q-Sistemine göre (Barton vd. 1974) puanı 4 değerini aşabiliyorken KM2 biriminde genel puan 0.1-1 aralığına denk gelmektedir. Faylı bölgelerde ise bu değerler daha aşağı çekilmektedir. Taban yolları kömür içerisinde açıldığı ve tavanda kömür bulunduğu göz önüne alınarak bazı taban yollarındaki kömür biriminde elde edilen Q değerinin değişimi ve üç eksenli deney sonuçlarına ait grafik Şekil 1'de verilmiştir.



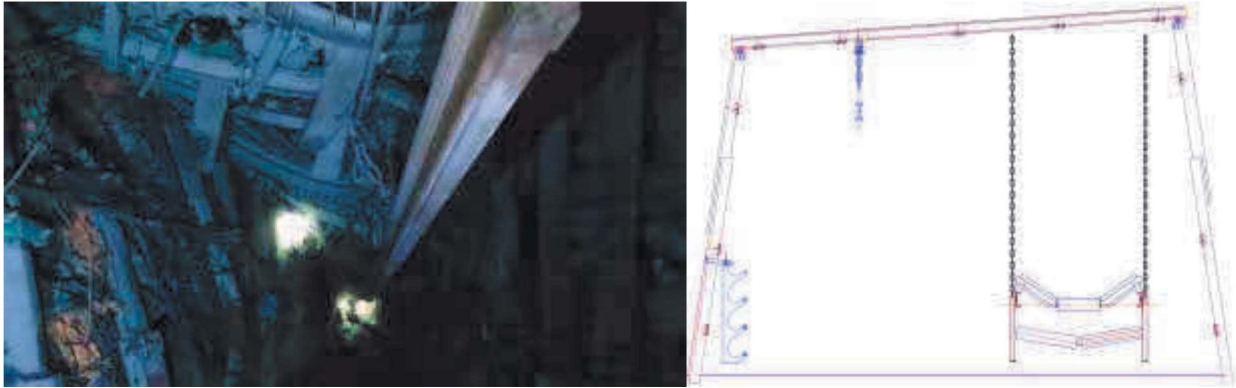
Şekil 1. İşletmedeki bazı taban yollarından toplanmış Q-Sistemi puanları ve KM2 kömürüne ait üç eksenli deney sonuçları

İşletmenin kömür, tavan ve taban taşlarından yaptırdığı birçok deneye göre M2 olarak adlandırılan marn biriminde tek eksenli basınç dayanımı (σ_{ci}) 5-113 MPa gibi geniş bir aralıkta yer

almaktadır. Marn'ın hakim dayanım değer aralığı 40-60 MPa civarındadır. KM2 olarak adlandırılan kömür örneklerinde 1 MPa'dan düşük dayanım değerleri ile 48 MPa üst sınırı arasında değişmektedir. Genellikle marn arakesme bantları yüksek dayanım verirken kömür birimleri genellikle $\sigma_{ci} \sim 20\text{MPa}$ civarında, kil oranı arttıkça 5 MPa değerlerinin altında değerlere rastlanmaktadır. M1 olarak adlandırılan taban biriminde $\sigma_{ci}=50\text{MPa}$ değerlerine rastlansa da genellikle 5-15MPa değeri baskın değer olarak görülmekte ayrıca suya maruziyet karşısında ciddi dayanım kaybı gözlemlenebilmektedir.

TABAN YOLLARINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLER VE YENİ DESTEK SİSTEMİNİN TASARLANMASI

Kaya kütle sınıflama verileri ve sağlam kaya malzemesinde yapılan deney sonuçları değerlendirilirken, madencilik etkisi ile gerilmelerin değiştiği göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, havzada kömürün içsel fisür veya süreksizlik barındıran yapısı galeri sürüldükten sonra gevşeyip ayrılmaya müsait yapısı nedeni ile kaya sınıflama sistemleri ile öngörülen davranışlardan farklılık gözlemlenebilmektedir. Kömür biriminin ocak havasına maruz kalması durumu neme karşı hassasiyet gösterebildiği de belirtilmek durumundadır. Tavanda klasik GI120No profil ve yan direk olarak TH34 kullanılan trapez çelik tahkimat sistemi ayak belirli bir noktaya yaklaşmadan %50 değerlerine rahatlıkla ulaşan konverjansa maruz kalabilmektedir, (Şekil 2). Eski destek sisteminin, iç genişlik 5.5m yüksek 4.1m olacak şekilde kullanılmakta olduğu görülmüştür.

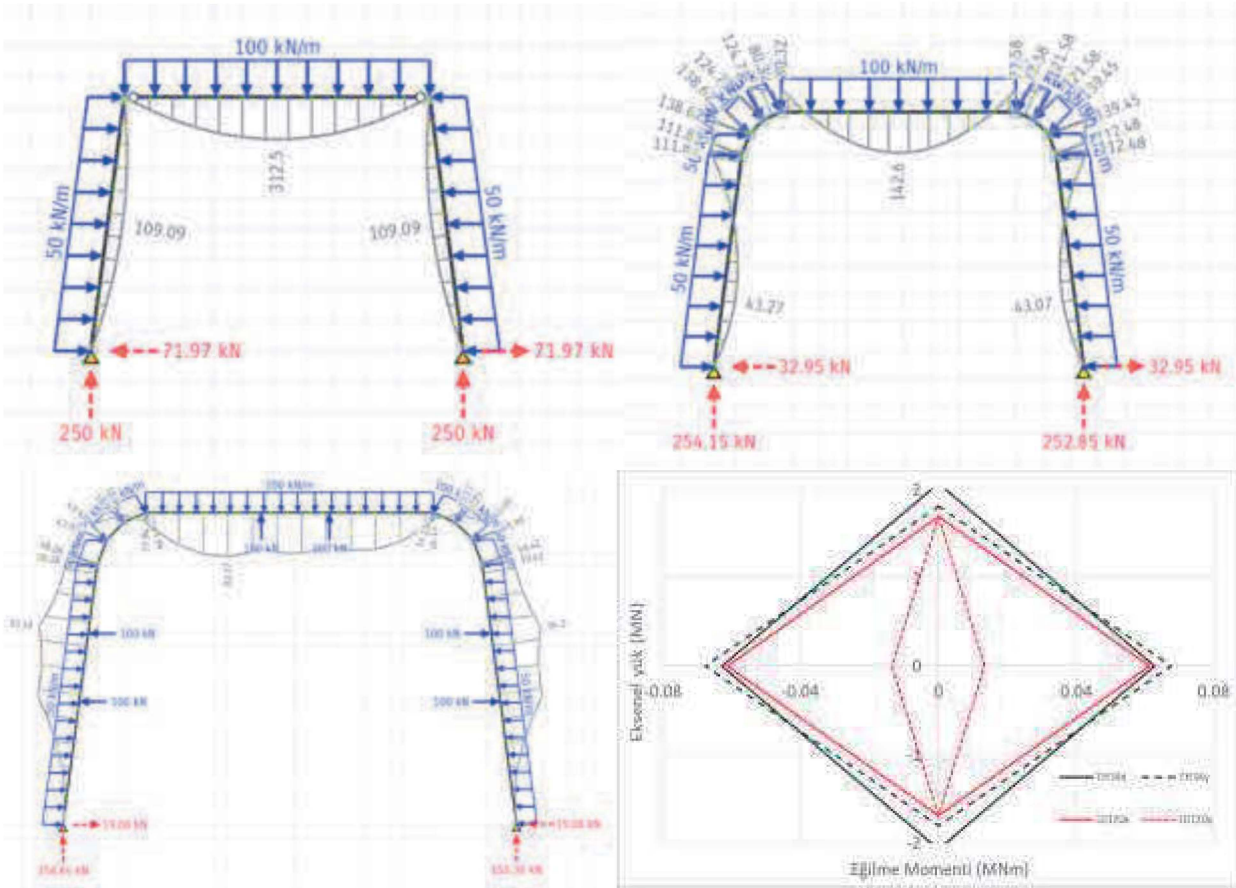


Şekil 2. İşletmede alt taban yolunda deforme olmuş kısım ve eski tahkimat düzeni

Oluşan aşırı deformasyon, galerilerin sıklıkla tamirata alınmasına yol açmaktadır. Yan direkler büyük ölçüde içeri doğru büküldüğünde tavan profilini de taşıyamayacak hale gelmekte ve ikinci sıra yan direklerin yerleştirilmesine veya orta çatal dikme direklerin yerleştirilmesine gerek duyulmaktadır. Eski uygulanan destek sistemi ülkemizde zemin koşullarının daha olumlu olduğu bölgelerde başarılı bir şekilde kullanmışken, çalışmaya konu olan ocak koşullarında başarı sağlamadığı görülmüştür. Çelik tahkimata ilaveten 1x1m paternde 2.25m uzunlukta ve 25mm çapta thread bar veya fiberglass kaya saplamaları da yer yer düzenli, yer yer düzensiz şekilde geçmişte uygulanmıştır. Bu destek sistemi tavan taşı kontaklı ilk pano üretiminde daha az sorun çıkarmış olup, tavanda kömür kalınlığı arttıkça başarısız olmaya başladığı gözlemlenmiştir.

Geçmişte kullanılan çelik tahkimatın en büyük dezavantajları mafsallı bağlantı ve GI120 profilin yetersiz kalması olarak belirtilebilir. Bu durum Şekil 3'te örnek bir yükleme koşulu verilerek açıklanmıştır. Çelik tahkimat aralığı 1 m alınarak tavanda 0.1 MPa'ya, yan direklere 0.05 MPa kaya yükü denk gelecek şekilde düzenli yük uygulanmıştır. Gerçekte sınır ve yükleme koşulları değişkenlik göstereceği ve bu analizin sadece karşılaştırma amacı taşıdığı göz önünde bulundurulmalıdır, (Şekil 3). Hesaplama, bindirmeler yok sayılmış, TH profilin kaymasından kaynaklı eksenel yük azalımı dikkate alınmamış, eğilme momentlerine odak yapılmıştır. GI profilin daha güçlü bir versiyonu da kullanılacak olsa farklı eksenlerde yükleme durumunda ciddi dezavantaj doğuracağı Şekil 3'te (sağ altta) eksenel yük-eğilme momenti etkileşim diyagramında gözlemlenebilir. Çelik profil, farklı eksenlerde eğilme momentine maruz

birakıldığında, TH profil hemen hemen aynı eğilme moment kapasitesine sahiptir. GI120 profil ise öngörülmedik şekilde y-ekseninde yüklendiğinde eğilme moment kapasitesi 1/4'üne düşmektedir. Mafsallı bağlantı, bir zayıflık noktası oluşturarak GI profillerin bükülerek yan yatmasına neden olup zayıf eksenden yük almasına neden olmakta ve tavanda ani bir dayanım kaybının yaşanmasına yol açmaktadır. Bununla beraber mafsallı bağlantı tavan iki uç noktasında eğilme momentlerini sıfırlayarak, en büyük momentin orta noktada konsantre olmasına yol açmaktadır, (Şekil 3, üst solda). GI120No, TH34 ve mafsallı bağlantılardan oluşan eski destek sistemi yerine sadece TH34 çelik tahkimat kullanılarak yeni tasarlanmış tahkimat mukayese edildiğinde oluşan eğilme momentlerinde yarı yarıya düşüş görülmektedir, (Şekil 3 üst sağda). Temsili bir halat saplama uygulaması ile yeni sistemin desteklenmesi durumunda eğilme momentleri eski destek sistemindeki momentlerin en fazla 1/3'üne erişerek daha az eğilme potansiyeli göstermektedir.

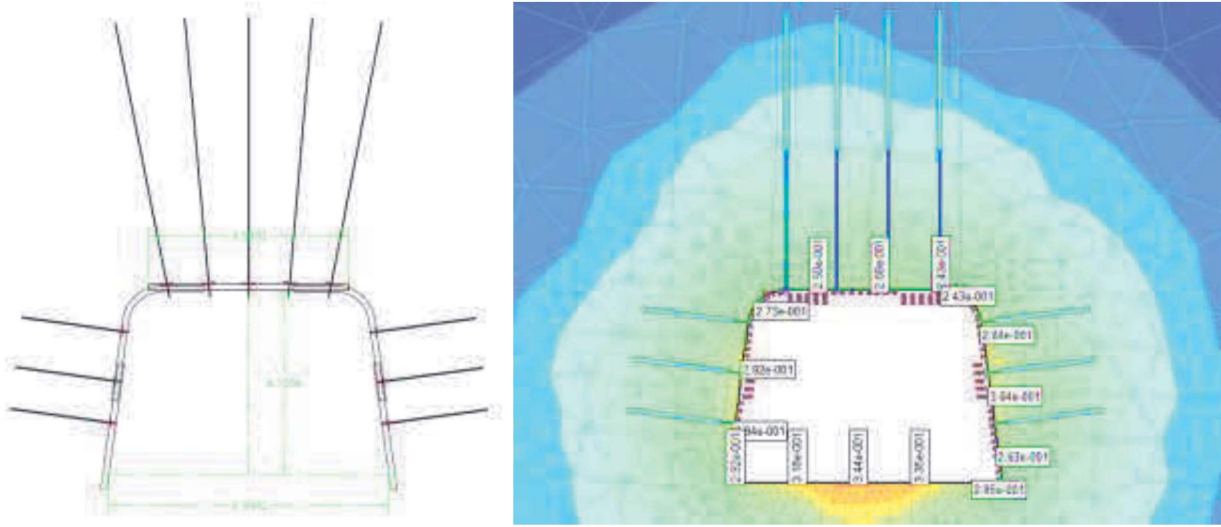


Şekil 3. Eşit yükleme koşullarında eski tahkimat (üst sol), yeni tahkimat (üst sağ), halat saplama destekli yeni tahkimat (alt sol) için eğilme moment dağılımları (kNm cinsinden)ve eksenel yük-eğilme momenti etkileşim diyagramı (alt sağ)

Yeni uygulanmaya başlanan destek sisteminin tavanda 6m uzunluğunda halat saptamalar ve yan duvarda 25mm çaplı kaya saptaması veya fiberglass saptama ile uygulandığında ne gibi avantajlar elde edilebileceği de sayısal modelleme yöntemi ile incelenmiştir, (Phase² v8.0-Rocscience, 2011). Gerçekleştirilen analiz mukayese amaçlı olup, gerçek durumla her zaman birebir örtüşmemektedir. Galerilerin açıldıkları zaman zarfında diğer panolar ile etkileşimleri olacağı ve kömür horizonu içerisindeki yerine bağlı olarak çok farklı yükleme ve dayanım koşulları oluşabileceği bilinmekle beraber, burada, sadece destek sisteminin daha iyi hale getirilmesi ile ilgili analizler sunulmuştur. 400m derinde yerçekimi kaynaklı gerilmeler kabul edilmiş, kömür birimine ait mekanik özellikler Gen.Hoek-Brown yenilme ölçütü parametreleri (Hoek, 2007) olan $\sigma_{ci} = 20\text{MPa}$, $m_i = 10$ ve $GSI = 50$ alınarak model oluşturulmuştur. Aşamalı olarak önce galeri açılmış ve daha sonra gerilmeler ayağın yaklaşmasını temsil

etmek amacı ile iki katına çıkarılmıştır. Aynı zamanda ikinci aşamada, kömürün ocak havasına maruz kalması nedeni ile olduğu varsayılan %30 dayanım kaybı modele uygulanmıştır. Yeni kullanılan destek sisteminin temel görüntüsü ve halat saplama uygulanmış modelin deformasyon dağılımı Şekil 4'te görülmektedir. Uygulanan halat sapsamaları 230kN kopma yüküne sahip, 6.3m uzunlukta ve 15.24mm çaptadır. Kaya sapsamaları 250kN kapasiteli, 25mm çapta ve 2.4m uzunluktadır. S480W malzemeden imal edilmiş TH34 modele uygulanmıştır.

Şekil 4'te verilen deformasyonlar gerilmelerin makul miktarda arttığı bir durumu göstermekte olup, ayağa çok yakın konumlarda önüne geçilmesi güç deformasyonlar oluşabilmektedir. Bu gibi durumlarda özel ve deformasyona uyumlu olacak ilave destek sistemleri kullanılmakta olup bu bildiri kapsamında değinilmemiştir.



Şekil 4. Tipik çelik tahkimat uygulaması (solda), halat sapsama, püskürtme beton ve çelik tahkimat (ortada), çok katmanlı dolgulu destek sistemi (sağda)

Sayısal modellemede halat sapsamalarının delik içerisinde kayma dirençlerinin aşıldığı ve kopmamış halde artık dayanımların ulaştıkları sonucuna ulaşılmıştır. Sadece halat veya kaya sapsaması temel alınarak tasarım yapılması gerektiğinde aşırı zaman kaybına yol açacak sıklık ve uzunlukta bir sapsama paterninin gerekeceği öngörülmektedir. Bu durumda birkaç destek sisteminin en uygun şekilde bir araya getirilmesi daha rahat uygulanabilir bir çözüm olarak görülmüştür. Sayısal modelleme sonuçlarında halat sapsama ve kaya sapsaması kullanımının çelik tahkimat üzerinde eğilme momentlerinin azaltılmasına fayda sağladığı görülmüştür. Sadece çelik tahkimat uygulandığında +0.40 ve -0.45 MNm büyüklüğünde eğilme momentleri gözlemlenirken, sapsama kullanılan modelde +0.21 ve -0.25 MNm büyüklüğünde momentler hesaplanmıştır. Bu değerler çelik tahkimat kapasitesinin aşıldığına işaret etse de oluşan moment farkı ele alınan problem için oldukça önemli olup, bu değer için yaklaşık %50 azalma sağlanmıştır. Sapsama paterni değiştirilerek daha da az deformasyona yol açacak çözüm geliştirmenin ucu açıktır.

Uygulama ile ilgili fotoğraflar Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5'te (solda) çelik tahkimat ile çelik hasır kullanımı görülebilmektedir. Yan duvarlarda ise halat sapsama uygulaması ise Şekil 5 üst kısımda görülebilmektedir. Yan duvarlarda reçineli halat sapsama uygulamasında 6m uzunluk tercih edilerek uygulanabilmektedir. Şekil 5'te (alt) ise birkaç halat sapsamanın birlikte yerleştirildiği nervürlü inşaat demirinden imal edilen şerit (veya kuşak olarak da adlandırılmakta) görülebilmektedir. Tavanda veya yan duvarda çelik hasırdaki deformasyon kaynaklı sarkma ve bozulmaları kontrol altında tutabilmek için şerit yardımcı tahkimat elemanı olarak rol oynamaktadır. Şerit, aynı zamanda yüksek performans

veremeyecek halat saplama varlığı durumunda, kaya yükünün diğer saplamalara da dağılmasını ve düşük uygulama performansı gösteren saplamanın diğer saplamalar tarafından desteklenmesine yararmaktadır.



Şekil 5. Tahkimat sisteminin yeni durum ile ilgili fotoğraflar

YORUMLAR

Daha olumlu kaya koşullarına göre tasarlanmış kısa kaya saplama ve çelik tahkimat sisteminde aşırı deformasyon gözlemlenmesi ve sonuç olarak verimsizliğe neden olduğu için daha farklı bir tasarım yapılması hedeflenmiştir. Geleneksel çelik tahkimat ile yeni tasarlanan tahkimat aynı koşullar altında karşılaştırılmış ve eskisinin eğilip deforme olmaya çok daha yatkın olduğu görülmüştür. Bunda, mafsalı bağlantının direk ve tavan profilinin orta noktalarında yüksek eğilme momentleri oluşmasına izin verdiği görülmüştür. Ayrıca doğrudan hesaplamalar dışında da GI profilin yan yatarak düşük taşıyıcılığı olan eksene doğru zemin yüküne maruz kalacak şekilde bükülmesi ve eğilmesi, deformasyon hızını olumsuz yönde etkileyen faktörlerdendir. Yeni tasarlanan çelik tahkimat üzerinde aynı yükleme koşullarında çok daha az eğilme momenti oluşmuş ve deformasyona karşı daha az yatkınlık sağlanmıştır. Aynı zamanda yeni tasarımda bindirme uzunlukları daha uzun tutulmuş ve özellikle çift kat olarak geçen bağlantı noktaları tırnaksız kelepçe tipleri ile kullanıldığında deformasyona karşı büyük direnç sağlayacaktır. TH tip çelik tahkimatın ekseni yönünde yüklenmesinde belirli bir yükten sonra kayarak aksenal yükün aşırı artışına izin vermediği de hatırlanması gereken diğer bir noktadır. Yenilenen çelik tahkimat, halat saplama ile kullanıldığında daha da yüksek dayanım verecek bir sistem haline geldiği de ayrıca hesaplanmıştır.

Zemin koşulları olumsuz yönde bozuldukça daha kavisli hatta daire benzeri bir destek sistemi oluşturulması, kaya mekaniğinin en temel ilkelerinden biri olsa da uygulama koşulları buna izin vermeyebilir. Eyzek Doğu İşletmesinde anayol şilti kullanılan alt taban yolunda atnalı gibi kesitlerin kullanımı makine ekipman ile uyumsuzluk yaratmaktadır. Üst taban yolunda böyle bir ekipman problemi

olmadığı için kemer tavanlı destek sistemi kullanılmaktadır. Ancak alt taban yolunda, düz tavanlı trapez benzeri kesit uygulanması zorunluluğundan kaynaklanan problemin çözüm arayışı çalışmada sunulmuş ve uygulamada kayda değer başarı elde edildiği paylaşılmıştır. Ancak unutulmamalıdır ki, madencilik problemlerinde herhangi bir işletmeye özgü çözümler geliştirilmesi gerektiği ve bu çalışmada sunulan sistemin başka bir yerde uygulamasında değişiklik gerekebileceği de bir diğer gerçektir.

Zemin koşullarına göre çelik tahkimat aralığı değiştirilebileceği gibi tavan ve yan duvarda da halat saplama uygulaması patern ve uzunlukları gerektiğinde değiştirilmektedir. Böylece sistemin tahkimat basıncı değiştirilebileceği hatırlanmalıdır. Sahada, eski destek sisteminde %50'lere varan konverjans, yeni tasarlanan çelik tahkimatta en fazla %10 gibi değerlere düşürülmüş, tamirat için doğan zaman kaybında büyük kazanım elde edilmiştir. Halat saplama uygulamasının sisteme entegre edilmesi, birkaç gün içinde sağlanmıştır. Bunda, işletme ekibinin daha kısa ve reçineli kaya saplama ile olan tecrübesinin rol oynadığı belirtilebilir. Bir destek sisteminin başarılı olmasında tasarım kadar uygulama ve işçilik kalitesine de bağlıdır.

Çelik tahkimat için daha detaylı mekanik analizler gerçekleştirilebileceği gibi her bir taban yolunun maruz kaldığı farklı zemin ve yükleme koşulları da araştırılarak oluşturulan sistem üzerinde değişiklik yapılabilir ve deformasyon öngörüsü yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Barton, N., Lien, R., & Lunde, J. (1974). Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock mechanics*, 6(4), 189-236.
- Farmer, I.W. (1985). *Coal Mine Structures*. Chapman and Hall Ltd.
- Hoek, E. (2007). *Practical Rock Engineering*: RocScience. Available from the publisher at <http://www.rocscience.com/hoek/PracticalRockEngineering.asp>.
- Rocscience Inc., (2011). *Phase2*, v8.