



Orijinal Araştırma / Original Research

YÜRÜYEN TAHKİMAT ÜNİTELERİNDE TAVAN TABAKASI İLE TAVAN SARMASI TEMASLARINDA YÜK ANALİZİ

LOAD ANALYSIS OF POWERED ROOF SUPPORT UNITS IN SUPPORT AND STRATA INTERACTION

Mustafa Emre Yetkin^{a,*}, Ferhan Şimşir^{a,**}

^a Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü İzmir/Türkiye

Geliş Tarihi / Received : 05 Ekim / October 2017
Kabul Tarihi / Accepted : 01 Şubat / February 2018

Anahtar Sözcükler:
Uzunayak,
Yürüyen tahkimat ünitesi,
Yük analizi.

Keywords:
Longwall,
Powered roof support unit,
Load analysis.

ÖZ

Tahkimat oluşturma hızının kazı hızına ulaşmasıyla beraber ilk olarak 1950'li yıllarda geliştirilen yürüyen tahkimatlar günümüzde uzunayak madenciliğinin en önemli ekipmanı haline gelmiştir. Uzunayaklarda yürüyen tahkimat ünitesinin etkili bir şekilde tavanı desteklemesi için tavan sarmasının tavan tabakaları ile tamamen temas halinde olması gerekmektedir. Ancak bazı durumlarda düzensiz tavan yüklemeleri, taban taşının yumuşak olması ve göçük tarafından gelen ek yüklerin etkisiyle tavan sarması tavan tabakası ile tamamen temas halinde olmamaktadır.

Bu çalışmada, tavan sarması ve tavan tabakasının farklı temas durumlarında yürüyen tahkimat ünitesinin taşıyıcı elemanlarında meydana gelen maksimum gerilmeler hesaplanmış ve yürüyen tahkimat ünitesinin çalışma verimi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında tasarlanan dört farklı temas durumuna göre tahkimat ünitesinin en verimli çalışma durumunu tavan sarması ile tavan tabakasının tamamen temas halinde olması durumunda sağladığı görülmüştür.

ABSTRACT

Today, powered roof supports that are designed in 1950s have become the most important equipment in longwall mining once supporting speed reached the excavation speed. In order to support the roof efficiently by the support unit, the canopy has to be in full contact with the roof strata in longwalls. But in some cases, such as irregular roof loadings, soft footwall, and loads coming from gob, canopy and roof strata can not be in full contact.

In this study, maximum stresses occurring on support unit parts are calculated in different contact states between canopy and roof strata and the working efficiency of roof support units are evaluated. According to the four different contact situations designed in the scope of the study, it is seen that the powered roof support unit provided the most efficient working condition in the full contact state between canopy and roof strata.

* Sorumlu yazar: mustafa.yetkin@deu.edu.tr • <https://orcid.org/0000-0002-4797-3841>

** ferhan.simsir@deu.edu.tr • <https://orcid.org/0000-0002-6528-7781>

GİRİŞ

Hızla gelişen maden makineleri sanayiinde, yürüyen tahkimatlarla ilgili iki önemli gelişme dönemi söz konusudur. İlk gelişme 1950'lerde modern yürüyen tahkimat türlerinin kullanılmaya başlanması, ikincisi ise 1970'lerde lemniskat tip ve dam-kalkan (chock-shield) tipi tahkimatların kullanıma girmesidir. Genel amaçlı yürüyen tahkimat çeşitleri oldukça fazla olmasına rağmen, genel olarak bunları dam, kaliper ve lemniskat olmak üzere üç kategoride sınıflandırmak mümkündür. Kaliper tahkimatlarda tavan kalkanı göçük kalkanına pivot mafsallarla bağlıdır. Göçük kalkanı da taban plâkasına başka bir mafsalla bağlıdır. Bu nedenle, tavan kalkanı yükselirken dairesel bir hareket yapar. Ayaktaki konverjans ve tavan kalkanı ile tavan kömürü arasındaki sürtünmeden dolayı bu dairesel hareket, tahkimat bağlantılarında ve hidrolik silindirlere kontrolsüz yük konsantrasyonlarına neden olur. Bunun yanı sıra hidrolik direkler göçük kalkanına bağlı olduğundan kalkanda bükülme gerilmelerine yol açar (Yetkin, 2016).

Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda araştırmacılar yürüyen tahkimatlarla tavan tabakaları arasındaki etkileşimi araştırmışlardır. Bu çalışmalarda tavan tabakasıyla tavan sarmasının teması durumunda yürüyen tahkimat ünitesinin hidrolik direklerinde meydana gelen gerilmeler dikkate alınmış ve bu gerilme değerlerine göre uygun yürüyen tahkimat ünitesi kapasitesi önerilmiştir (Barczak, 1991; Barczak, 1992; Goshtasbi vd. 2006; Singh ve Singh, 2008; Trueman vd, 2009; Singh ve Singh, 2010; Akande ve Saliu, 2011; Verma ve Deb, 2013).

Bu çalışmada, yürüyen tahkimatlara etki eden yüklerin temelini oluşturan tavan yüklemelerinin oluşma şekilleri ve bu yüklemeler sırasında yürüyen tahkimat ünitesinin tavan sarması ile tavan tabakası arasında oluşan temas durumları incelenmiştir. SpaceClaim (2014) katı modelleme programı yardımıyla yürüyen tahkimat ünitesinin modeli oluşturulmuştur. Örnek model çalışması olarak 8 metre damar kalınlığına sahip bir uzunayağın yalancı tavan yüksekliği hesaplanmış ve bu tavan yüksekliğinde meydana gelmesi beklenen yük teorik olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan tavan yükü, tavan sarması ve tavan tabakasının etkileşimi dikkate alınarak farklı bölgelerden tavan sarmasına etki edecek şekilde ANSYS (2013) gerilme analizi programında yürüyen tahkimat ünitesinin tavan sarmasına uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, yürüyen tahkimat ünitesinin taşıyıcı elemanlarında meydana gelen

maksimum gerilmeler hesaplanarak, tavan sarmasının tavan tabakası ile farklı temas durumlarına göre yürüyen tahkimat ünitesinin çalışma verimliliği irdelenmiştir.

1. YÜRÜYEN TAHKİMATLARDA TAVAN YÜKÜNÜN HESAPLANMASI

Yürüyen tahkimat ünitesinin üzerine gelen tavan yükü, tavan sarması ve göçük sarması üzerine gelen yük olmak üzere iki kısımdan oluşur. Tavan sarması üzerine gelen yükün iki kaynağı vardır: tavan tabakasının ağırlığı ve tavan tabakasının yatay hareketleri sırasında oluşan arına paralel ve dikey olarak gelişen yanal kuvvetlerdir. Göçük sarması üzerine gelen yük ise, sarma üzerine yığılan göçmüş tavan tabakası parçalarının ağırlığıdır. Birçok araştırmacı özellikle tavan sarması üzerine gelen tavan tabakasının ağırlığından dolayı oluşan yükün hesaplanması üzerine yoğunlaşmıştır. Bu konu ile ilgili yayımlanmış çalışmalara göre, yürüyen tahkimat ünitesinin minimum taşıma kapasitesi damar kalınlığına bağlı olarak aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir (Peng ve Chiang, 1984).Burada

$$P_{\min} = \gamma \cdot \frac{m}{K-1} \quad (1)$$

P_{\min} = Tahkimat ünitesinin minimum taşıma kapasitesi (ton)

γ = Tavan taşının ortalama yoğunluğu (t/m^3)

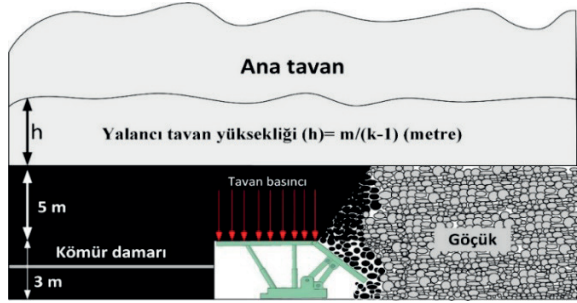
K = Taşın hacimce kabarma katsayısı

m = Çalışılan damarın kalınlığı (m) olarak verilmektedir.

2. MODEL ÇALIŞMASI

Yapılan çalışmada oluşturulan uzunayak modelinin görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir. 8 metre damar kalınlığına sahip, tavan taşı $2,50 t/m^3$ yoğunlukta bir marn ve kömür kabarma katsayısı 1,40 olan bir uzunayakta teorik olarak meydana gelmesi beklenen tavan basıncı eşitlik 1'de değerler yerine konulduğunda $50 t/m^2$ olarak hesaplanır. Bu değer yaklaşık $0,50 MPa$ tavan basıncına karşılık gelmektedir. Yük analizlerinde tavan basıncı $0,50 MPa$, göçük basıncı ise $0,10 MPa$ olarak programa girilmiştir. Göçük basıncının hesaplanması sırasında Yetkin (2016)'da yapılan saha modellerinden elde edilen ve göçük içinde meydana gelen gerilmelerin ortalama değeri olan $0,1 MPa$ dikkate alınmıştır.

Modelleme çalışmalarında gerilmelerin modellenmesi işlemi statik ve dinamik şartlarda olmak üzere iki durum temelli olarak yapılmaktadır. Her durumda kullanılması gereken bilgisayar yazılımları farklılık göstermektedir. Tavanda ve göçükte meydana gelen gerilmeler statik ortam şartlarında hesaplanmıştır. Gerilme analizlerinde arkadan kömür çekilmesi sırasında göçük sarmasına etki eden gerilmelerin değişken olduğu açıktır ancak yapılan bu çalışmada yüklerin değerlendirilmesi dinamik ortamda değil statik bir ortam üzerinde yapılmıştır. Tahkimat ünitesine etki eden yüklerin dinamik şartlar altında değerlendirilmesi konusu daha sonraki çalışmalarda ele alınabilir. Ancak bu çalışmanın temelini oluşturmamaktadır. Çalışmanın yapıldığı uzunayağa ait kömür ve çevre kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.



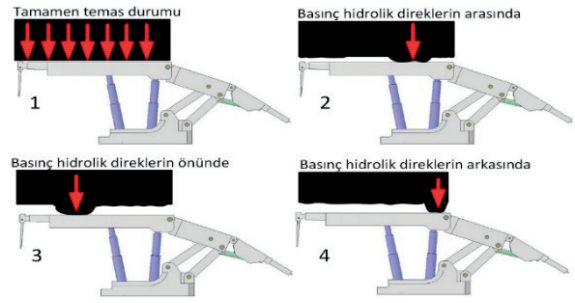
Şekil 1. Oluşturulan modelin görüntüsü

2.1. Tavan Sarması ve Taban Tabakası Arasındaki Temas Durumları

Çoğu zaman düzensiz tavan yüklemeleri, taban taşının yumuşak olması ve göçük tarafından gelen ek yüklerin etkisiyle tavan sarması tavan tabakası ile tamamen temas halinde

olmamaktadır. Bu durumlarda tavan sarması ve taban takası arasında farklı temas durumları meydana gelmektedir.

Yapılan çalışmada yukarıda bahsedilen etkiler dikkate alınarak tavan sarması ve tavan tabakası arasında dört farklı temas durumu oluşturulmuştur. Bu durumlar, tamamen temas durumu (Durum 1), temas bölgesinin hidrolik direklerin arasında olması durumu (Durum 2), temas bölgesinin hidrolik direklerin önünde olması durumu (Durum 3) ve temas bölgesinin hidrolik direklerin arkasında olması durumudur (Durum 4). Temas şekillerine göre oluşturulan modeller Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Tavan basıncının tavan sarmasına etki etme şekilleri

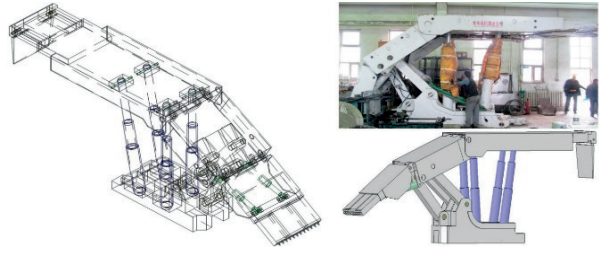
2.2. Yürüyen Tahkimat Ünitesinin Özellikleri ve Tahkimatın Katı Modeli

Çalışmada kullanılan ve model olarak seçilen yürüyen tahkimat ünitesi maksimum 3,5 metre çalışma yüksekliğine sahip çift zincirli konveyörlü kalkan tipi yürüyen tahkimattir. Farklı bölgelerden tavan sarmasına etki eden yükler altında tahkimat ünitesinde meydana gelen gerilmelerin

Çizelge 1. Kömür ve kömürü çevreleyen kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri (Destanoğlu vd. 2000; Ozfirat, 2007)

Özellik	Kil taşı			Kömür
	Tavan (Ana)	Tavan (Yalancı)	Taban	
Birim hacim ağırlık (g) (MN/m ³)	0,021	0,023	0,024	0,013
Tek eksenli basınç dayanımı (s _c) (MPa)	12,00	11,52	24,50	12,15
Elastisite modülü (E _i) (MPa)	2785	1669	3204	1748
Jeolojik dayanım indeksi (GSI)	52	52	52	47

hesaplanabilmesi için SpaceClaim (2014) katı modelleme programı yardımıyla tahkimat ünitesinin orijinal ölçüleri dikkate alınarak katı model oluşturulmuştur. Tahkimat ünitesinin gerçek ve katı model görüntüsü Şekil 3'de verilmiştir. Tahkimat ünitesinin fiziksel özellikleri ve sıkılama-esneme basınç değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Yürüyen tahkimat ünitesi tavana sıkılandığında kontrol vanası ilk önce sıkılama pozisyonuna geçer ve direkler tavana değene kadar yükselmeye devam eder. Bu işlem sonradan direk yuvalarındaki basınçlı sıvı hızla artarak hidrolik pompaların çalışma basıncına ulaşır. Bu esnada kontrol vanası kapanır ve sıvı direk içerisinde kilitletlenir. Böylece basınçlı sıvı, pompaların çalışma basıncına ulaşmıştır. Bu işlem tahkimatın sıkılama basıncı olarak isimlendirilir. Direklerde meydana gelen sıkılama basınçlarının hidrolik direklerin iç alanı ve direk sayısı ile çarpımı ise sıkılama yükünü verir. Tavan alçalması ve tahkimat ünitesine binen yük gittikçe arttığında, hidrolik silindireleri ve pistonları hasardan korumak için maksimum kabul edilebilir basınç esneme basıncı olarak tanımlanır ve bu basınç her bir hidrolik direkte önceden ayarlanmıştır. Direklerde meydana gelen esneme basınçlarının hidrolik direklerin iç alanı ve direk sayısı ile çarpımı ise esneme yükünü verir. Sıkılma ve esneme durumlarında tahkimat ünitesinin maksimum taşıma yükünün tavan sarması alanına oranı (MPa) ise tahkimat dayanımı ifade eder (Yetkin, 2016).



Şekil 3. Yürüyen tahkimat ünitesinin gerçek ve katı model görüntüsü

2.3. Gerilme Analizi ve Sonuçlar

Çalışma kapsamında tasarlanan dört adet temas durumuna göre ANSYS (2013) gerilme analizi programında tahkimat ünitesinin tavan sarması üzerine farklı bölgelerden basınç uygulanmıştır.

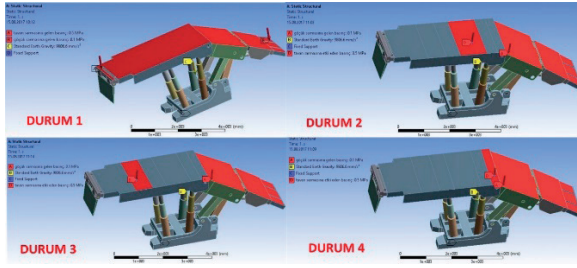
Durumlara göre basınçların uygulama bölgeleri Şekil 4'de verilmiştir. Temas durumlarına göre farklı bölgelerden tavan sarmasına etki eden basınçların etkisiyle tahkimat ünitesinin ön direklerinde, arka direklerinde ve ana göçük sarmasında meydana gelen maksimum gerilmeler ve farklı temas durumlarında yürüyen tahkimat ünitesinin tabanında oluşan reaksiyon kuvvetlerine göre tabanda meydana gelen gerilmeler hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 3 ve Çizelge 4'de sunulmuştur. Göçük bölgesinde meydana gelen gerilmelerin program üzerinde ana göçük sarmasına uygulanması Şekil 5'de verilmiştir.

Çizelge 2. Ayak içi tahkimatının sıkılama ve esneme yükleri altındaki dayanımı

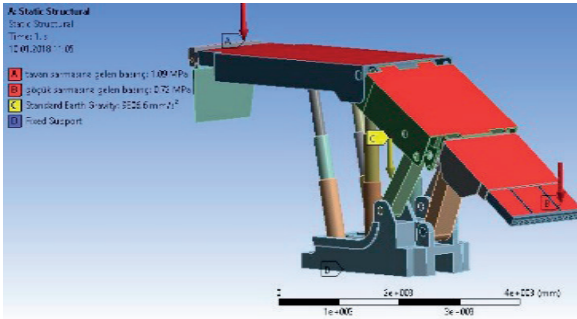
Tahkimat türü	Sıkılama ve esneme yükü	Çalışma yükleri		Tavan sarması			Tahkimat dayanımı (MPa)	Hidrolik direk basınçları (MPa)
		kN	Ton	Uzunluğu (m)	Genişliği (m)	Alanı (m ²)		
Ayak içi yürüyen tahkimat	Sıkılama yükü	6280	640,06	4,50	1,75	7,875	0,81	32
	Esneme yükü	7264	740,35				0,94	37

Çizelge 3. Farklı temas durumlarında tahkimat ünitesi elemanlarında meydana gelen maksimum gerilmeler

Tahkimat elemanı	Meydana gelen mak. gerilme (MPa)			
	Durum 1	Durum 2	Durum 3	Durum 4
Ön direkler	304,88	54,21	65,09	17,93
Arka direkler	12,86	5,12	4,68	1,63
Ana göçük sarması	92,38	82,39	84,34	80,70



Şekil 4. Farklı temas durumlarına göre tavan sarmasına etki eden basınç bölgeleri

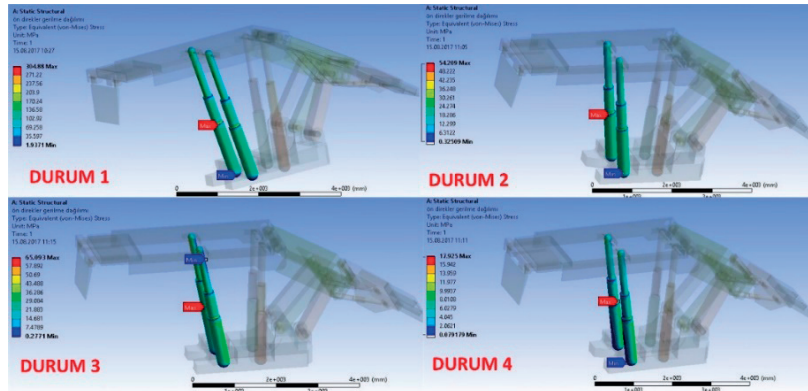


Şekil 5. Basıncın ana göçük sarmasına uygulanması

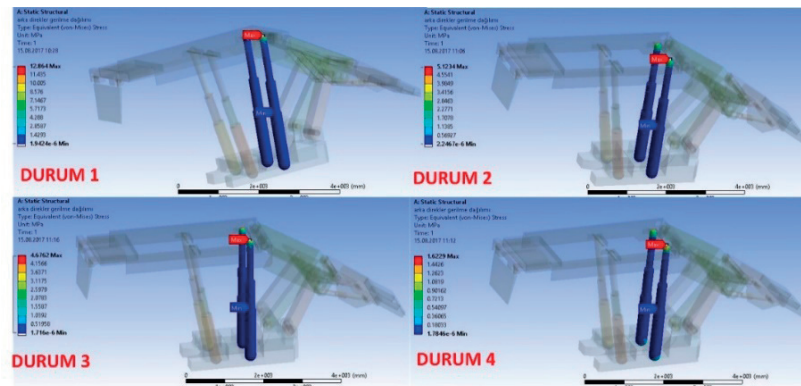
Çizelge 4. Farklı temas durumlarında yürüyen tahkimat ünitesinin tabanında meydana gelen gerilmeler

Temas durumu	Tahkimat taban alanı (mm ²)	Reaksiyon kuvveti (N)	Tabana gelen gerilme (MPa)
1		5.375.700	2,04
2	2.638.637	2.135.800	0,81
3		1.421.300	0,54
4		1.809.400	0,69

Gerilme analizi sonrasında ön direklerde ve arka direklerde meydana gelen gerilmelerin görüntüsü Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir.



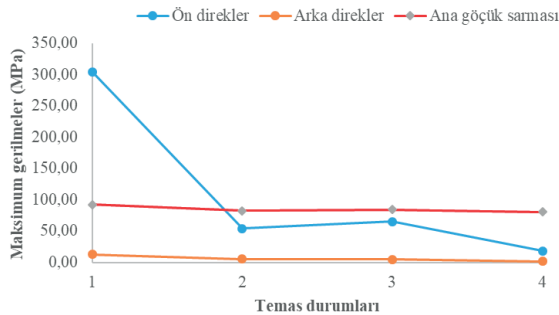
Şekil 6. Farklı temas durumlarında ön direklerde meydana gelen gerilmeler



Şekil 7. Farklı temas durumlarında arka direklerde meydana gelen gerilmeler

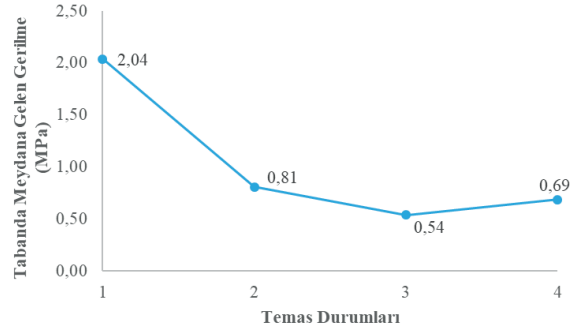
3.SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE TARTIŞMA

Şekil 8'de verilen grafiğe bakıldığında tahkimat ünitesi elemanlarında meydana gelen en yüksek maksimum gerilmelerin 1.durumda meydana geldiği görülmektedir. 1. durumun tavan sarması ile tavan tabakasının tam temas hali olması dolayısıyla yük aktarımının en verimli şekilde olduğu düşünüldüğünde, bu durumun normal olduğu görülebilir. Tavan yükünün hidrolik direklerin ortasından etki ettiği 2. durumda tahkimat ünitesi elemanlarında meydana gelen gerilmelerde 1. duruma göre düşüş olduğu gözlenmektedir. Tavan yükünün hidrolik direklerin önünde olduğu 3. durumda arka direklerde meydana gelen maksimum gerilmelerde düşüş devam etmiş, ancak ön direkler ve ana göçük sarmasında meydana gelen maksimum gerilmeler 2. duruma göre artış göstermiştir. Tavan yükünün hidrolik direklerin ön bölgesine uygulanması durumunda tavan sarmasının öne doğru eğileceği ve bu hareket nedeniyle tavan sarması ile göçük sarması arasındaki açısal konum değişecektir. Bu değişime bağlı olarak ana göçük sarmasında meydana gelen gerilme artışının sürtünmeden kaynaklandığı görülmektedir. Arka direklerde meydana gelen gerilme düşüşünün, tahkimat ünitesinin yük almaya başlamasıyla beraber ön direklerin baskılanması nedeniyle tavan sarmasının öne doğru eğilmesi ve arka direklerin yukarı doğru hareket etmesiyle direklerin rahatlaması sonucunda, ön direklerde meydana gelen gerilme artışının ise tavan yükünün bu bölgenin hemen önünde uygulaması sonucunda olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Farklı temas durumlarında tahkimat ünitesi elemanlarında meydana gelen maksimum gerilmeler

Farklı temas durumlarında yürüyen tahkimat ünitesinin tabanında meydana gelen reaksiyon kuvvetleri hesaplanmış ve tahkimat ünitesinin taban alanına bölünerek tabanda meydana gelen gerilmeler hesaplanmıştır. Şekil 9'da verilen grafiğe bakıldığında tahkimat ünitesinin tabanında meydana gelen en yüksek gerilmenin tahkimatın tavan sarmasıyla tavan tabakasının tam temas halinde olduğu 1. durumda olduğu görülmektedir.



Şekil 9. Farklı temas durumlarında tabanda meydana gelen gerilmeler

Diğer durumlarda tahkimat ünitesi elemanlarında meydana gelen gerilmeler daha düşük olmasına rağmen stabilite açısından bakıldığında 1. durumun tahkimatın ayak içindeki görevini en iyi şekilde yapması bakımından en iyi durum olduğu görülmektedir. Tavan yükünün, tavan sarmasına farklı bölgelerden etki etmesi durumlarında (2,3 ve 4. durumlarda) tavan sarmasının öne doğru eğilmesi, taban şasisinin ön veya arka kısımlarının tabana batması, göçük sarmasının göçük bölgesine doğru baskı yapması sonucunda tahkimat elemanlarında düzensiz yüklemelerin meydana gelmesi ve dolayısıyla ayak içindeki düzenin bozulması gibi durumlar meydana gelmektedir. Yürüyen tahkimat ünitesinin taşıyıcı görevini en iyi şekilde yerine getirmesi için tavan tabakası ile tamamen temas halinde olması gerekmektedir. Tavan sarması ve taban tabakasının tamamen teması halinde yük aktarımı en verimli şekilde olacağı için tahkimat elemanlarındaki gerilmeler bu durumda (1.durum) diğer durumlara göre daha yüksek olacaktır. Diğer durumlarda gerilmeler düşük olsa bile tahkimatlarda yukarıda bahsedilen olumsuz durumlardan dolayı verimsiz çalışma meydana gelecektir. Dolayısıyla tahkimatların çalışma verimleri değerlendirilirken tahkimat ünitesi

elemanlarında meydana gelen maksimum gerilme dağılımı mutlaka dikkate alınmalıdır ancak orantılı bir yük dağılımı tahkimat ünitesinin çalışma verimi açısından daha önemlidir. Tahkimat ünitesi elemanlarında meydana gelen maksimum gerilmeler modelleme çalışmaları sonucunda kullanılacak olan farklı çelik malzemelerle kontrol altına alınabilir ancak tahkimatların düzensiz yüklenmesi sonucunda meydana gelecek olan ve yukarıda belirtilen sorunlar neticesinde ayak çalışma verimi olumsuz etkilenecek ve bu durum zaman ve para kaybına neden olacaktır.

SONUÇ

Çalışılan formasyonun jeolojik şartlarına bağlı olarak tavan tabakaları ile tahkimatın tavan sarması arasındaki temas durumları değişiklik göstermektedir. Çalışmada tahkimat ünitesinin tavan sarmasıyla tavan tabakasının olası temas durumları incelenmiştir. Bu temas durumlarında tahkimat ünitesinin hidrolik direklerinde ve göçük sarmasında meydana gelen gerilmeler hesaplanmıştır. Sonuç olarak tahkimat ünitesi elemanlarında ve tabanında meydana gelen gerilmelere bakıldığında en yüksek gerilmeler 1. durumda olmasına rağmen, tahkimat ünitesinin görevini etkili şekilde yapması ve stabilite açısından en iyi durumun 1. durum olduğu görülmektedir. Uzuna-yak madenciliğinde çalışan mühendisler ve işçilerin ayak içindeki düzenin sağlanması ve iş güvenliği bakımından herhangi bir sorunla karşılaşılması için belirli aralıklarla yapılacak olan eğitim ve bilgilendirme faaliyetleri sayesinde tahkimatın ünitesi tavan sarmasının tavan tabakasıyla tamamen temas durumunda olmasını kontrol etmeleri ve sağlamaları büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

Akande, J.M., Saliu M.A., 2011. Design of a Powered Support System in Enugu Coal Mine, Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences, (6), 1083-1089

ANSYS Workbench 2.0 Software 2013. USA.

Barczak T. M., 1991. 'A Model of Shield-Strata Interaction and its Implications for Active Shield Setting Requirements', Proc. 10th Int. Conf. on Ground Control in Mining, Morgantown, WV, USA, 35-42.

Barczak T. M., Gearhart D. F., 1992. Canopy and Base Load Distribution on a Longwall Shield, US Bureau of Mines, RI 9418, 1-23.

Destanoğlu N., Taşkın F. B., Taştepe M., Öğretmen S. 2000. Ömerler Mekanizasyon Uygulaması, TKİ, Ankara.

Goshtasbi, K., Oraee, K., Hhakupour-yeganeh, F., 2006. Shield Support Selection Based on Geometric Characteristics of Coal Seam, J. Min. Sci., 42, (2), 151-156.

Peng, S., Chiang, H., 1984. Longwall Mining, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 235-237 pp.

SpaceClaim Engineer Software, 2014. SpaceClaim Corporation, USA.

Singh, G. S. P., Singh, U. K., 2008. Numerical Modelling Study of Strata and Support Behaviour in Thick Seam Longwall Workings, Min. Technol: Trans. Inst. Min. Metall., Section A, 117, (4), 191-201.

Singh, G. S. P., Singh, U. K., 2010. Prediction of Caving Behaviour of Strata and Optimum Rating of Hydraulic Powered Support for Longwall Workings, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 47, 1-16.

Trueman, R., Lyman, G., Cocker, A., 2009. Longwall Roof Control Through a Fundamental Understanding of Shield-Strata Interaction, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 46, 371-380.

Özfiyat, M.K., 2007. "Ömerler Yer altı Kömür Ocağında Tam Mekanize Üretimde Oluşan Kayıpların Belirlenmesi ve Azaltılması Üzerine Araştırmalar", Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Verma, A. K., Deb. D., 2013. Numerical Analysis of an Interaction Between Hydraulic Powered Support and Surrounding Rock Strata, American Society of Civil Engineers.

Yetkin, M. E., 2016. Yürüyen Tahkimatların Boyutlandırılmasının ve Tahkimat Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.

