



Maden Tetkik ve Arama Dergisi

<http://dergi.mta.gov.tr>



AÇIK OCAKLARDA ŞEV DURAYSIZLIĞI VE GERİYE DÖNÜK ANALİZLERE BİR ÖRNEK: AFŞİN-ELBİSTAN KIŞLAKÖY AÇIK KÖMÜR OCAĞI

İbrahim AKBULUT^a, İlker ÇAM^a, Tahsin AKSOY^a, Dinçer ÇAĞLAN^a ve Tolga ÖLMEZ^a

^a Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Dairesi, ANKARA

Anahtar kelimeler:
Bloklu kayma, dairesel kayma, geriye dönük analiz, hareket izleme, heyelan, yenilme modeli.

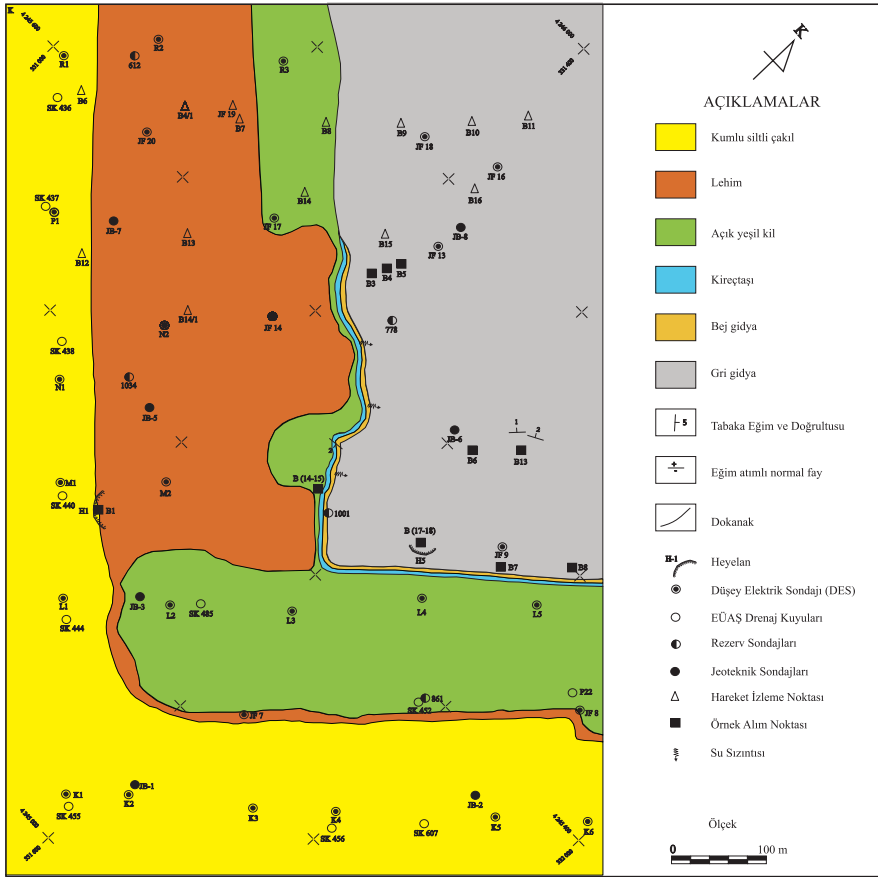
ÖZ

Elektrik Üretim A.Ş., Afşin-Elbistan Linyitleri İşletmesi'ne bağlı Kışlaköy Açık Ocağı'nda yer alan doğu ve batı kalıcı şevlerinde gelişen duraysızlıkların incelenmesi ve kayma modelinin ortaya konulması bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Kışlaköy Açık Ocağı'nda kütle hareketlerinin devam edip etmediğini belirlemek ve olası bir hareket durumunda hareketin yönünü, boyutunu ve yenilme modelini tespit etmek amacıyla, batı ve doğu şevlerinin her birinde 3'er hat olmak üzere toplam 6 hatta hareket izleme istasyonları oluşturulmuştur. Batı şevlerinde herhangi bir hareket gözlenmezken, doğu şevlerinde D24 ve D18 ölçüm istasyonlarında 90 cm ye varan kümülatif hareket miktarları ölçülmüştür. Yapılan ölçümler neticesinde linyit horizonu içinde bloklu kayma modeline uygun yenilmeler gözlenmiştir. Arazi gözlemlerinde de zemin özelliği gösteren birimlerde dairesel kayma modeline uygun yenilmelerin geliştiği tespit edilmiştir. İşletme genelinde kayma öncesi ve sonrasına ait geometrileri belirlenebilen duraysızlıkların planları çıkarılmıştır. Bu planlardan duraysızlıkların kayma öncesi geometrilerini gösteren kesitler hazırlanarak yenilme modellerine uygun olarak geriye dönük analizleri yapılmıştır. Laboratuvarlardan elde edilen dayanım parametreleri ile geriye dönük analiz sonuçları karşılaştırılmış, gelişen heyelanların kayma anında, kayma yüzeylerinin makaslama dayanımlarının artık makaslama dayanımı parametreleriyle temsil edildiği saptanmıştır. Yapılan incelemeler sonucu, linyit horizonu arasında yer alan siyah renkli yüksek plastisiteli kil bandının şevlerin duraylılığını kontrol eden en kritik faktörlerden biri olduğu belirlenmiştir.

ABSTRACT

The subject of this study is to study the instabilities that have developed in the permanent east and west slopes of the Kışlaköy open pit of the Elektrik Üretim A.Ş. Afşin-Elbistan Linyitleri İşletmesi and to work out the sliding mechanism causing it. In the Kışlaköy open pit to establish if mass movement is continuing and if so which direction it would move, amount of mass to be involved and the failing model. Six movement control observations stations were established along 3 lines in each of batı (west) and doğu (east) slopes. No movement was observed in the batı (west) slopes. On the other hand up to 90 cm cumulative movement was observed at the at D24 and D18 observation station on the east (doğu) slopes. Measurements taken showed that there were failings in the lignite horizon fitting to the 'block sliding model'. During the field study circular sliding model type failings were observed in the basal units. In the open pit in general before and after the sliding, plans were prepared of the instabilities to enable geometries could be worked out. By using these plans cross sections were prepared to show the geometry of the instabilities before it actually took place and retrospective analyses of the failing model have been carried out. Correlations have been made of the results of the retrospective analyses and resistance parameters obtained from the laboratories. It was concluded that during the movement of the mass, shear strength of the sliding planes were then represented by the shear resistance parameters. During the study it was found out that the black coloured clay band with high plasticity within the lignite horizon is one of the most crucial factors controlling slope stabilities.

Key words:
Block sliding, circular sliding, retrospective analysis, movement observation, landslide, failing model



Şekil 2- Kışlaköy açık ocağı batıpanosu jeoloji ve mühendislik jeolojisi haritası (Akbulut vd. 2007).

tabakalanma sunmaktadır. Linyit horizonu içinde 5–80 cm. kalınlığında bol bitümlü yüksek plastisiteli siyah renkli kil, yer yer orta–yüksek plastisiteli, ince çakıllı yeşil renkli kil seviyeleri yer almaktadır. Gri gıdya birimi ile geçişli olduğu için linyit horizonu içinde yoğun bir şekilde gıdya ardalanması gözlenmektedir. Gürsoy vd., (1981) birimin yaşını Pliyosen–Pleyistosen olarak belirtmişlerdir. Gri gıdya birimi kahvems gri–koyu gri renkli killi seviyelerden oluşmakta ve orta–kalın tabakalanma sunmaktadır. Bej gıdya, açık kahve–bej renkli, bol Gastropot içerikli, killi siltlerden oluşmaktadır. Göl ortamını karakterize eden birimlerin en üst kesimini kireçtaşları oluşturmaktadır (Gürsoy vd., 1981). Kireçtaşları ocağın batısında gözlenmekte ve açık gri–gri renkli, bol fosilli, sert–çok sert, orta–kalın tabakalı ve kırılma yüzeyleri keskin köşelidir. Kireçtaşları üzerinde uyumsuz olarak açık yeşil renkli, orta plastisiteli killer gözlenmektedir. Kuvaterner yaşlı lehim birimi, inceleme sahasında geniş bir yayılım sunmaktadır. Birim kırmızımsı kahve renkli az çakıllı kumlu killerden oluşmaktadır. Birim içinde yoğun bir şekilde karbonat yumruları gözlenmiştir. Karbonatların

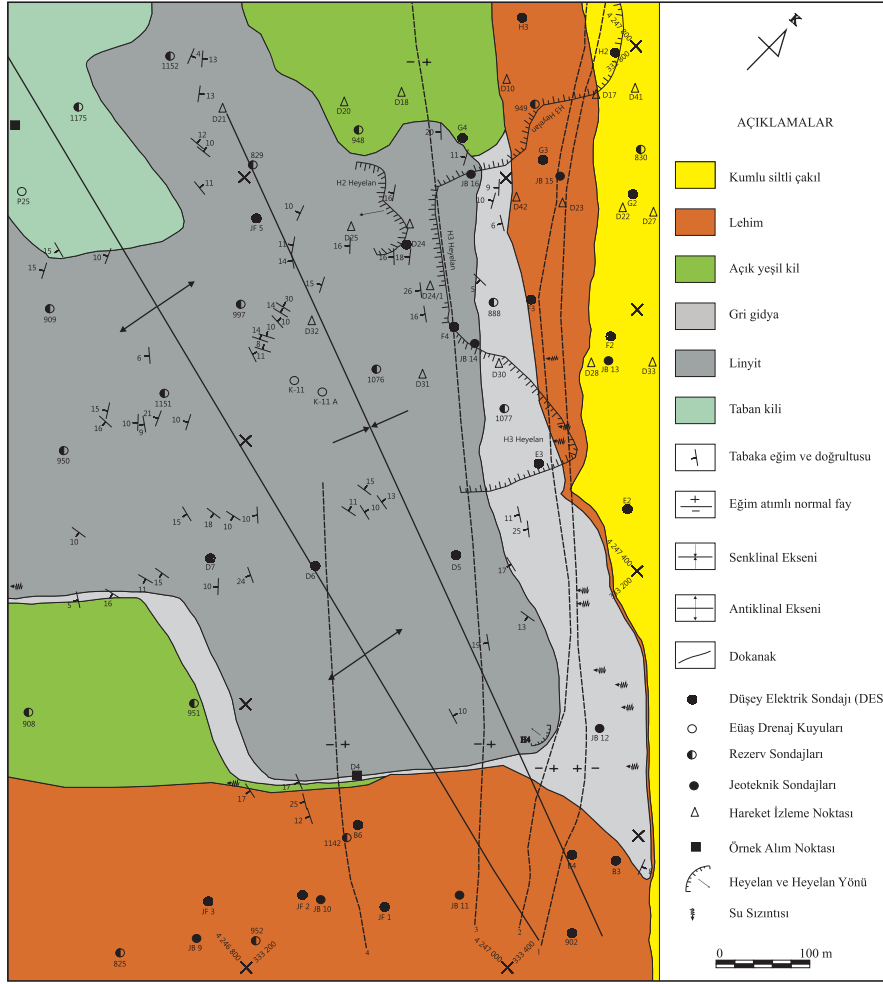
yoğunlaştığı kesimlerde 0.5-1.0 m. kalınlığında kireçtaşları çökelmiştir. İnceleme alanının en genç birimini oluşturan siltli-kumlu çakıllı birimler, yer yer az tutturulmuş çoğunlukla gevşek, orta derecede yuvarlaklaşmış, çakılardan oluşmaktadır.

Çalışma sahasındaki faylar Pliyosen ve sonrasında KB–GD yönlü olarak havza kenarında doğu şevleri boyunca gelişmiştir. Çalışma sahası genç çökellerle kaplı olduğu için fayların yüzeydeki izleri gözlenememiştir.

Afşin–Elbistan Havzasında çökeller genel olarak yatay veya yataya yakın tabakalı olmasına rağmen, havza kenarında yer alan doğu şevlerini oluşturan birimlerin tabaka eğimleri faylanmanın da etkisiyle 2° ila 22° arasında değişmektedir.

3. Duraysızlık İncelemeleri

Çalışma sahasındaki işletme ve kalıcı basamaklarda meydana gelen duraysızlıklarda geriye dönük analizlerin yapılabilmesi amacıyla arazi gözlemleri



Şekil 3- Kışlaköy açık ocağı doğu panosu jeoloji ve mühendislik jeolojisi haritası (Akbulut vd. 2007).

yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında farklı birimler içinde gelişen çok sayıda heyelan gözlenmiş olup, heyelan sonrası geometrisi değişmemiş beş adet duraysızlık tespit edilmiştir. Bunlardan üç adet heyelanın planları çıkarılmış, iki adet heyelan çok küçük ölçekli olduğu için bu heyelanlarla ilgili arazi gözlemleri yapılmıştır (Şekil 2 ve 3). Bunlardan lehim birimi içinde gelişen heyelan H1; linyit birimi içinde gelişen heyelanlar H2, H3 ve H4; gıyda birimi içinde gelişen heyelan ise H5 olarak adlandırılmıştır (Akbulut vd., 2007).

3.1. H1 Heyelanı

Ocağın batı kesiminde lehim birimi içerisinde basamak bazında gelişmiş irili ufaklı çok sayıda heyelan bulunmaktadır. Üretim faaliyetlerini etkilemeyen bu heyelanların kaşık şeklinde sığ dairesel kayma yüzeylerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu heyelanlardan sadece bir tanesinin (H1) heyelan

öncesi ve sonrası geometrik özellikleri belirgindir (Şekil 4). H1 heyelanının 1:250 ölçekli planı çıkarılmış ve mühendislik jeolojisi haritasına işlenmiştir. Şekil 4’de de görüldüğü gibi H1 heyelanının üstünde 1.5-2 m lik zayıf çimentolu çakıllı seviyeler bulunduğundan bu kesimde duraysızlık gelişmemiştir. Az tutturulmamış kil-silt ve kumların yoğunlaştığı kesimde ise dairesel kayma modelinde yaklaşık 13 m yüksekliğinde ve 15 m genişliğinde yenilme meydana gelmiştir.

3.2. H2 Heyelanı

H2 heyelanı 2005 yılı Ağustos ayında doğu kalıcı şevlerinde basamak bazında meydana gelmiştir. Başta H2 heyelanı olmak üzere linyit horizonu içinde gelişen tüm heyelanlar bloklu kayma modelinde gelişmiştir. Linyit horizonu içinde gözlenen yenilmelerde hareket önce birinci kayma yüzeyini oluşturan makaslama dayanımı çok düşük ve tabaka eğimi de az olan siyah



Şekil 4- Lehim birimi içinde gelişen dairesel kayma (H1).

killerde başlamış, daha sonra ikinci kayma yüzeyini oluşturan fay veya süreksizlik boyunca devam edecek şekilde bloklu kayma modeline uygun olarak gelişmiştir.

H2 heyelanı yaklaşık 50 m genişliğinde 25-33 m yüksekliğinde basamak bazında gelişmiştir (Şekil 5). H2 heyelanı birinci kayma yüzeyini linyit içindeki siyah kil bandı, arka yüzeyini ise (II. yüzey) kömür içinde gelişen süreksizliklerin oluşturduğu, bu heyelanın hemen önünde açılan test çukurunda belirlenmiştir (Akbulut vd. 2007).

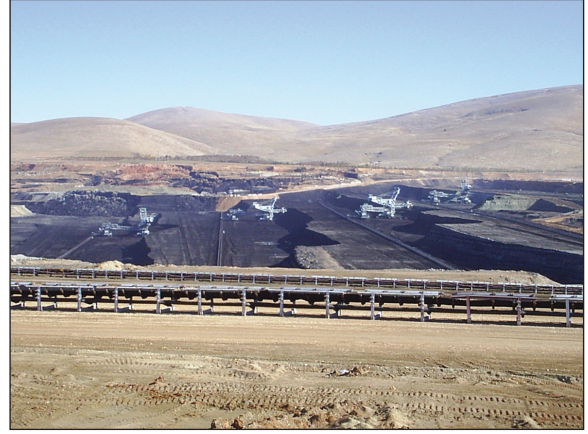


Şekil 5- H2 heyelanının genel görünümü.

3.3. H3 Heyelanı

H3 heyelanı 23.10.2006 tarihinde tüm basamakları kapsayacak şekilde doğu kalıcı şevlerinde meydana gelmiştir (Şekil 6). Bu heyelan ocak içinde bugüne kadar gelişmiş en büyük heyelanlardan biridir. Doğru şevlerinde tüm basamakları etkileyecek şekilde

gelişmiş olmasına karşın üretimi etkilememiştir. Ancak iç döküm sahası ulaşım yolları etkilendiğinden, dekapaj malzemesinin iletimi engellenmiştir. Heyelan önüne topuk oluşturulduktan sonra ulaşım topuk üzerinden sağlanmıştır.



Şekil 6- Doğru kalıcı şevinde meydana gelen büyük heyelan (H3).

H3 heyelanı en az üç aşamada gelişmiştir. Hareket yaklaşık 800 m uzunluğunda 2. basamağın uç kısmından başlayarak bloklu kayma modelinde ocak içine doğru gelişmiştir (I. aşama). Heyelanın arka yüzeyini 2. basamaktan geçen 3 numaralı fay oluşturmaktadır. Bu kaymadan sonra 2. basamağın önünde yüksek ve çok dik bir şev oluşmuştur. Bu nedenle kaymayan arka kesimin de duraylılığı bozulmuş ve 1. basamaktan geçen 2. fay yüzeyi arka kayma yüzeyini oluşturacak şekilde bloklu kayma türünde ikinci bir kayma meydana gelmiştir (II. aşama).

İkinci kayma doğu şevlerinin tamamını etkilememiş olup, şevin kuzey ve güneyinde iki ayrı kısımda gelişmiş ve doğu şevinin güneyinde 200 m, kuzeyinde 400 m genişliğinde bir alanı kaplamaktadır. Heyelanın birinci aşamasından sonra doğu şevinin ortalarında 200-300 m genişliğinde kopmamış bir bölge kalmıştır. Heyelan, ikinci kaymadan sonra geriye doğru ilerlemesine devam etmiştir (III. aşama). Zemin özelliği taşıyan birimlerin yer aldığı bu kesimdeki kaymalar dairesel yenilme modelinde oluşmuştur (Şekil 7).

3.4. H4 Heyelanı

H4 heyelanı, ocağın doğu kesiminde üretim basamakları ile doğu kalıcı şevlerinin birleştiği köşede meydana gelmiştir. H4 heyelanı basamak bazında ve çok küçük ölçekte linyit horizonu içinde bloklu kayma modeline uygun olarak gelişmiştir.



Şekil 7- H3 heyelanının en gerisinde gelişen dairesel kayma.

H4 heyelanı üretimi etkilemediği gibi ocağın genel duraylılığına da bir etkisi olmamıştır. Ancak, linyit horizonu içindeki tüm heyelanların bloklu kayma modelinde gelişmesi, duraylılık analizlerinin bu kayma modeline göre yapılması gerektiğine işaret etmektedir.



Şekil 8- H4 heyelanının genel görünümü.

3.5. H5 Heyelanı

H5 heyelanı gıdya birimi içerisinde üretim basamaklarının batı kesiminde meydana gelmiş ve bloklu kayma modeline uygun olarak tek basamakta gelişmiştir. Bu heyelan gıdya birimi için duraylılık analizlerinin dairesel kayma modelinin yanında bloklu kayma modeline göre de yapılması gerektiğini göstermiştir.

4. Hareket İzleme Çalışmaları

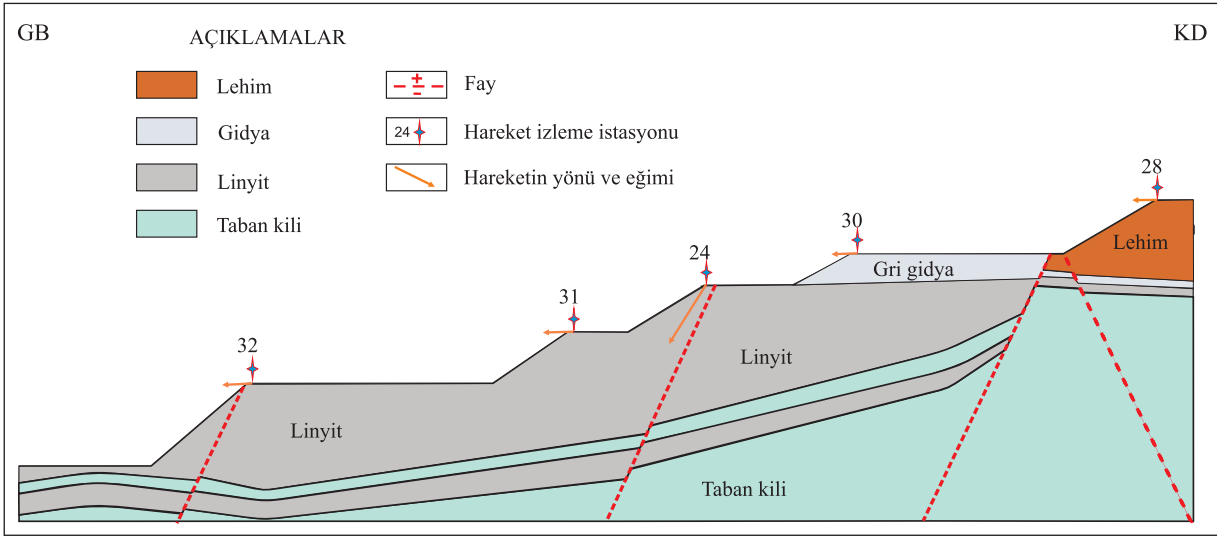
Çalışma alanı içinde yer alan doğu ve batı kalıcı şevlerinde duraysızlığa sebep olacak olası hareket

durumunda hareketin türünü ve hızını belirlemek amacıyla izleme çalışmaları yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda her birinde üçer adet olmak üzere doğu ve batı kalıcı şevlerinde toplam 6 hat üzerinde hareket izleme istasyonları oluşturulmuştur. Bu amaçla basamaklara dik (olası hareket yönüne paralel) hatlar oluşturacak şekilde numaralandırılmış kazıklar çakılarak, zemine sabitlenmiş ve bu istasyonlarla bir hareket izleme ağı oluşturulmuştur. Topoğrafik (Distomat LAİCA 1102) ölçüm aletiyle her kazığın X, Y ve Z koordinatlarındaki değişimlerin periyodik olarak kaydedilmesi hedeflenmiştir. Alınan ölçümler sonucunda koordinat eksenleri boyunca meydana gelen hareketlerin miktarları belirlenmiş ve bu değişimler birlikte değerlendirilerek her noktadaki hareketin bileşke vektörü tayin edilmiştir.

İşletmenin batı şevlerinde yapılan ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda bu kesimde herhangi bir hareketin oluşmadığı belirlenmiştir.

İşletmenin doğu şevlerinde üst basamaklarda yer alan D28 ve D30 istasyonlarında ölçüm süresi boyunca toplam 7-9 cm.lik hareketler gözlenirken, alt basamaklarda yer alan D24 istasyonunda ise 90 cm ye varan hareketlerin olduğu gözlenmiştir. Hem 24 numaralı istasyonun hem de 18 numaralı istasyonun hareket miktarlarının bileşke vektörleri kayma yönüne paralel ve yatayla yaptığı açı sırasıyla $69,7^\circ$ ve $61,7^\circ$ olarak bulunmuştur (Akbulut vd., 2007). Yukarıda sırası verilen örnek hattın, en alt kesiminde yer alan 32 numaralı istasyonda ise bileşke vektörünün miktarı 20 cm ve yatayla yaptığı açı 5° 'dir. Bu durum bize arka kayma yüzeyinin (ikinci yüzeyin) eğiminin 60° den fazla olduğunu ve heyelanın ön kesimlerinde (birinci yüzeyin) yataya yakın bir eğim kazandığını göstermektedir. Heyelan sonrası yüzeylenen fayın eğimi 65° - 80° arasında değişmekte olup, fayın eğimi ocak içindedir. Doğru şevinin alt kotlarında linyit horizonunun, dolayısıyla siyah kilin eğiminin $2-6^\circ$ arasında değiştiği saptanmıştır. H3 heyelanının arka kayma yüzeyi (II. kayma yüzeyi) eğiminin, arazide ölçülen fayın eğimi ile; I. kayma yüzeyi eğiminin, siyah kilin eğimi ile uyumlu olması, bu heyelanın süresizlik ve siyah kil kontrollü (birleşik iki ayrı yüzey) olarak geliştiğinin açık bir göstergesidir (Şekil 9).

Hareket izleme çalışmaları ile arazi ve mevcut heyelanlar üzerinde yapılan gözlemlerin son derece uyumlu çıkması, kaymanın bloklu kayma modelinde geliştiğini göstermektedir.



Şekil 9- Hareket izleme istasyonlarından geçen kesit ve hareket vektörleri (Akbulut vd. 2007).

5. Geriye Dönük Analizler

Şev stabilitesi analizleriyle hesaplanan güvenlik katsayısı (F) değeri duraylılığın göstergesi olup, kaymaya karşı koyan kuvvetlerin, kaymaya neden olan kuvvetlere oranıdır. Bu değer bir e eşit olması (F=1), duraylılığı incelenen şevin duraysızlık (kayma) konumunda olduğunu göstermekte ve bu koşul "Limit Denge Koşulu" olarak adlandırılmaktadır. Bu koşula göre gerçekleştirilen geriye dönük analizler ile, Kışlaköy Açık Ocağının değişik kesimlerinde oluşan kaymalar sırasında, kayma yüzeyleri boyunca etkin olan makaslama dayanım parametreleri belirlenerek, söz konusu değerlerin laboratuvar deney sonuçları ile karşılaştırılması ve kalıcı şevlerin tasarımına yönelik parametrelerin saptanması amaçlanmıştır.

Geriye dönük analizler H1, H2 ve H3 numaralı duraysızlıklar için gerçekleştirilmiştir. Arazide yapılan gözlemler ve hareket izleme çalışmaları şev duraylılığı analizlerinde kullanılacak kayma modelinin belirlenmesi açısından önemli olmuştur. Bu çalışmalar sonucunda H1 heyelanının dairesel kayma modeline, diğer heyelanların ise (H2 ve H3) bloklu kayma modeline uygun olarak geliştiği saptanmıştır.

Geriye dönük analizlerde, dilimler arası kuvvetleri göz önüne alan moment ve kuvvet dengelerini aynı anda hesaplamalara katan Morgenstern-Price metodu (Morgenstern ve Price, 1965) kullanılmıştır. Bu metodu kullanarak limit denge yaklaşımıyla yapılan kayma yüzeylerinin duraylılık analizlerinde, heterojen ve homojen ortamlarda sismik kuvvetleri ve yeraltısuyunu da hesaplamalara katarak çözüm üreten Geo Slope SLOPE/W 2004 (Geo-Slope, 2004) isimli yazılım kullanılmıştır.

5.1. H1 Heyelanının Geriye Dönük Analizi

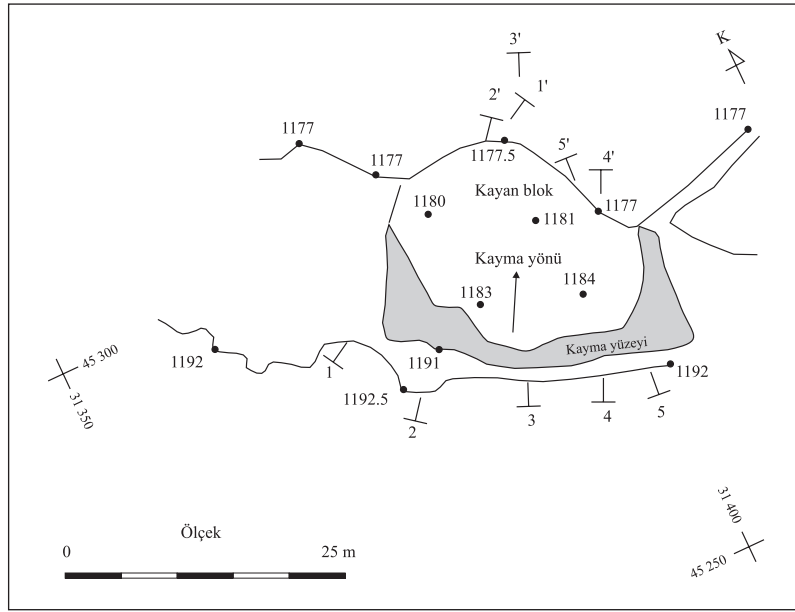
Çalışma alanında batı kalıcı şevlerinde en üst basamakta lehim birimi içerisinde gelişen H1 heyelanının geriye dönük analizi yapılmıştır. Öncelikle heyelanın 1:250 ölçekli planı çıkarılmış (Şekil 10) ve plan üzerinden beş adet kesit alınmıştır (Şekil 11). Limit denge durumu incelenen her bir kesit için değişik kohezyon (c) değerleri seçildikten sonra, kayma geometrisine göre F=1 koşulunu sağlayan içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri bulunarak bu duraysızlığa ait "c- ϕ " zarfları çizilmiştir (Şekil 12).

Birimin doruk ve artık makaslama dayanım parametreleri konsolidasyonlu drenajlı şartlar altında gerçekleştirilen laboratuvar deneylerinden elde edilmiştir. Elde edilen maksimum pik değerler $c_p=48.7$ kPa, $\phi_p=26.7^\circ$; minimum pik değerler $c_p=19.7$ kPa, $\phi_p=16.1^\circ$; maksimum rezidüel/artık değerler $c_r=41.7$ kPa, $\phi_r=19.9^\circ$; minimum rezidüel değerler $c_r=15.6$ kPa ve $\phi_r=10.3^\circ$ olup, bunlar c- ϕ grafiğine işlenerek geriye dönük analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Akbulut vd.,2007).

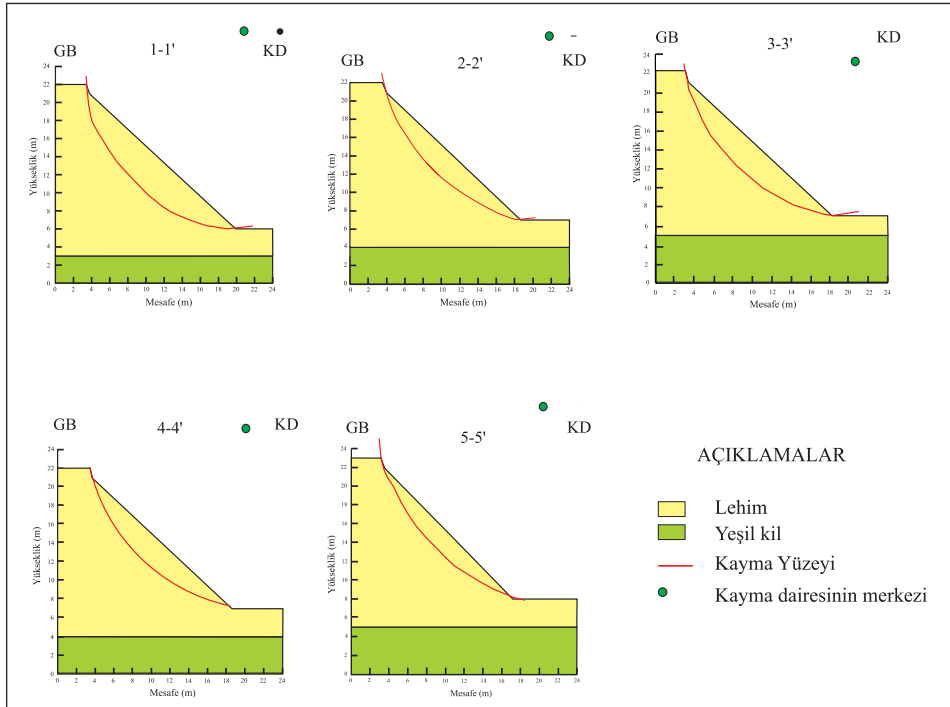
Şekil 12'den de görüleceği gibi geriye dönük analizlerden elde edilen dayanım parametreleri, laboratuvar sonuçlarından elde edilen artık makaslama dayanım parametrelerinin değişim aralığı içerisinde kalmıştır. Bu nedenle lehim birimi için gerçekleştirilen analizlerde laboratuvar deneylerinden elde edilen artık makaslama değerleri kullanılmıştır.

5.2. H2 ve H3 Heyelanlarının Geriye Dönük Analizleri

2005 yılında ocağın doğu kalıcı şevlerini oluşturan basamaklarda linyit horizonu içerisinde H2 heyelanı,



Şekil 10- H1 heyelanına ait görünüm (Akbulut vd., 2007).



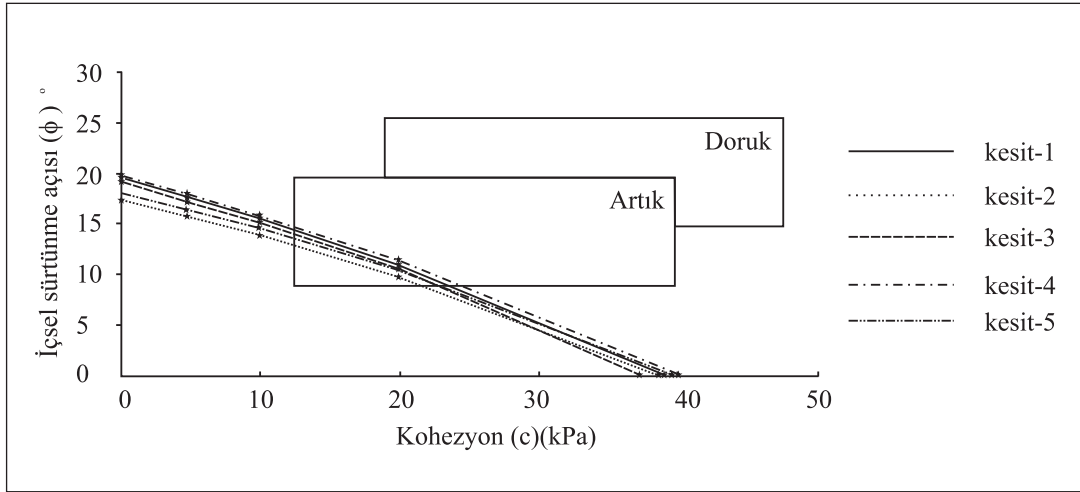
Şekil 11- H1 heyelanına ait kesitler (Akbulut vd., 2007).

2006 yılında ise H3 heyelanı (büyük heyelan) meydana gelmiş olup, her iki heyelan da bloklu kayma modeline uygun olarak gelişmiştir.

Bloklu kaymanın birinci yüzeyini linyit horozonu içerisindeki tabakalanmaya paralel oluşmuş çok zayıf dayanımlı siyah killer, ikinci yüzeyini ise (arka yüzeyini) süreksizlikler oluşturmuştur.

Bu tip kayma modelinde hareket, ilk önce makaslama dayanımı düşük olan alttaki birinci yüzeyde başlayıp, daha sonra linyit içerisindeki zayıf zondan (süreksizlik veya fay) kopup, öne doğru ilerleyerek sonlanmaktadır.

Geriye dönük analiz için önce H2 heyelanının 1:500 ölçekli planı, H3 heyelanının ise 1:2000

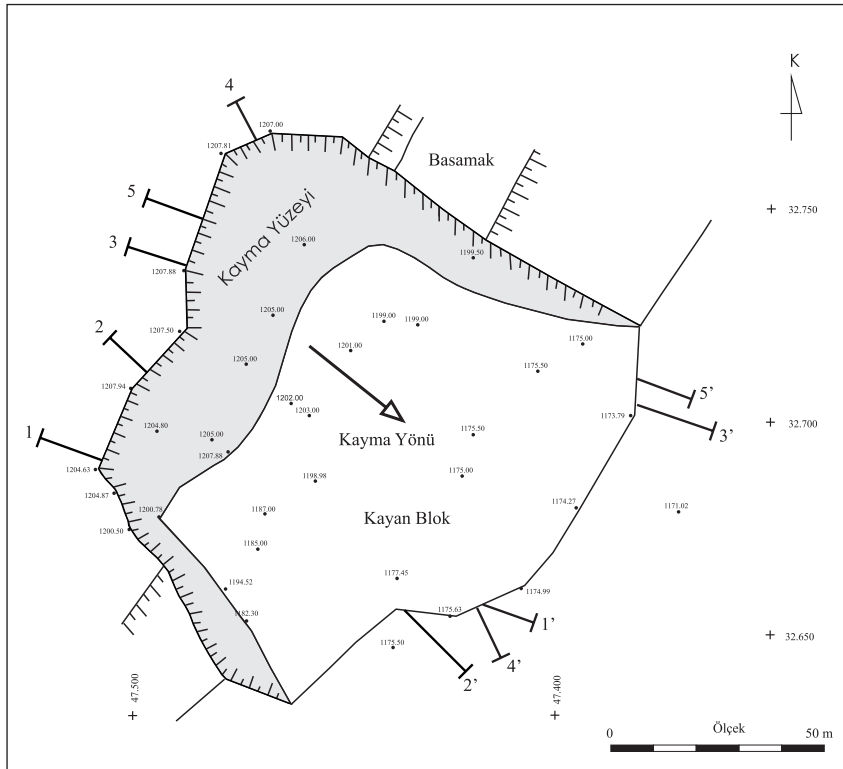


Şekil 12- H1 heyelanına ait geriye dönük analiz sonuçlarının makaslama dayanım sonuçları ile karşılaştırılması (Akbulut vd., 2007).

ölçekli planı çıkarılmış (Şekil 13 ve 14) ve geriye dönük analizler için her plana ait beşer adet kesit hazırlanmıştır (Şekil 15 ve 16). Bu kesitler üzerinde yapılan geriye dönük analizlerde, bloklu kaymanın arka yüzeyini oluşturan süreksizlik yüzeyinin dayanım parametreleri Akbulut vd. (2007)'den alınmıştır ($c=0$ kPa, $\phi=29^\circ$). Bu değerler sabit tutularak, $F=1$ olması koşulunda siyah kilin makaslama dayanım

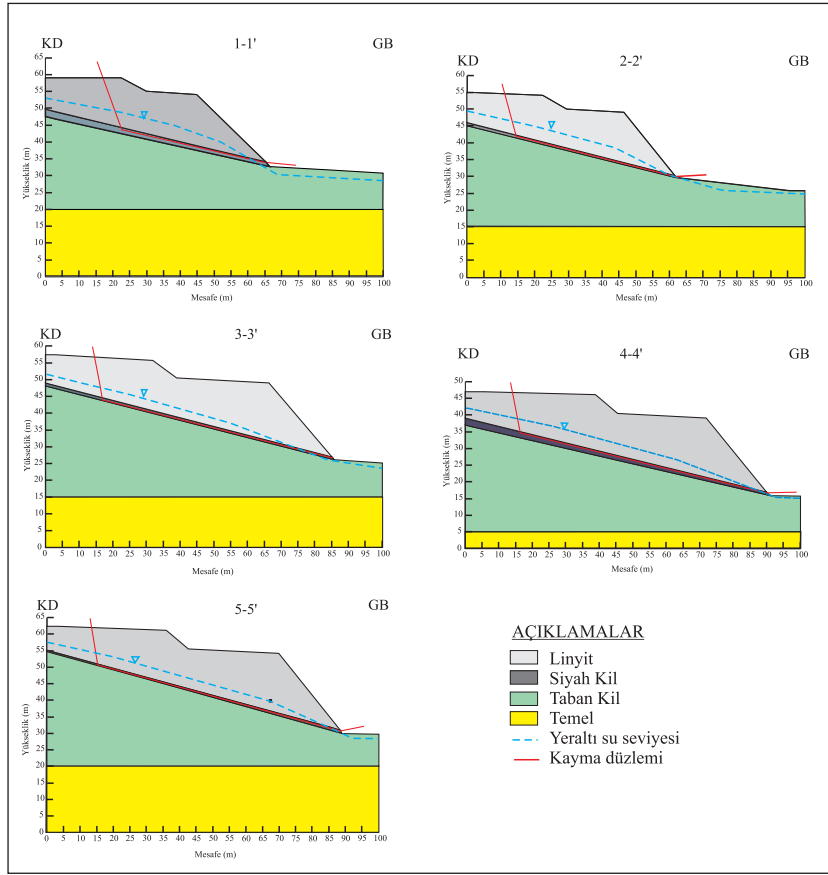
parametreleri araştırılmıştır. Daha sonra her bir kesit için ayrı ayrı c - ϕ zarfları çizilmiştir.

Duraysızlık sırasında kayma yüzeyi boyunca etkin olan c ve ϕ parametrelerinin ağırlıklı ortalamalarının belirlenebilmesi açısından çok sayıda yenilme zarfının birlikte değerlendirilmesi, geriye dönük analizlerde tercih edilen bir yöntemdir (Sancio,

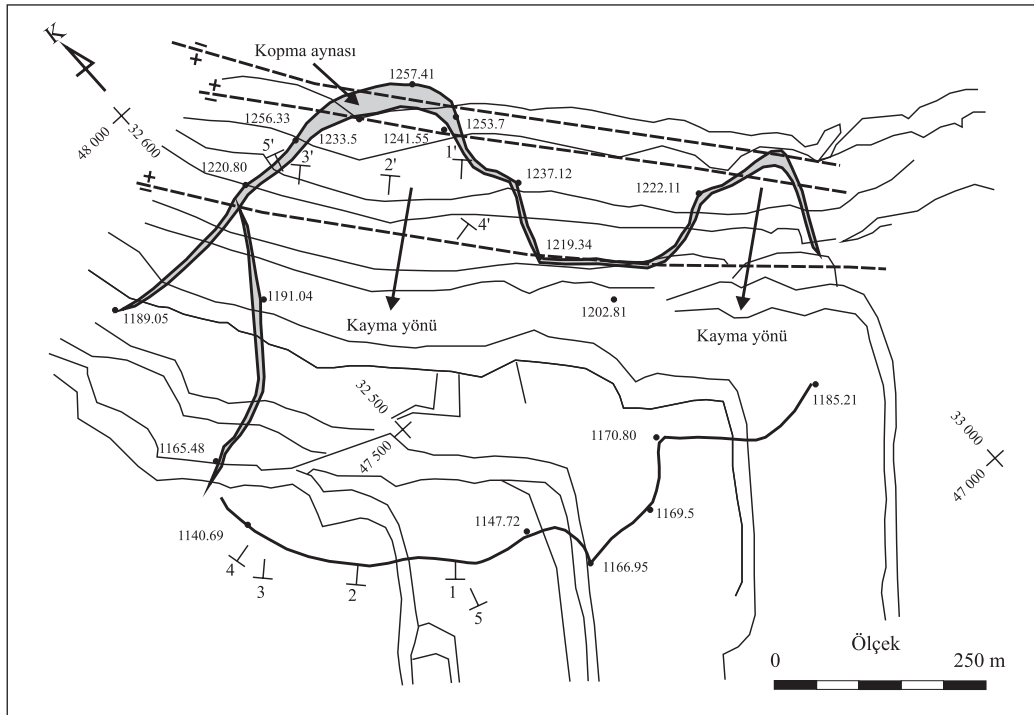


Şekil 13- H2 heyelanına ait görünüm (Akbulut vd., 2007).

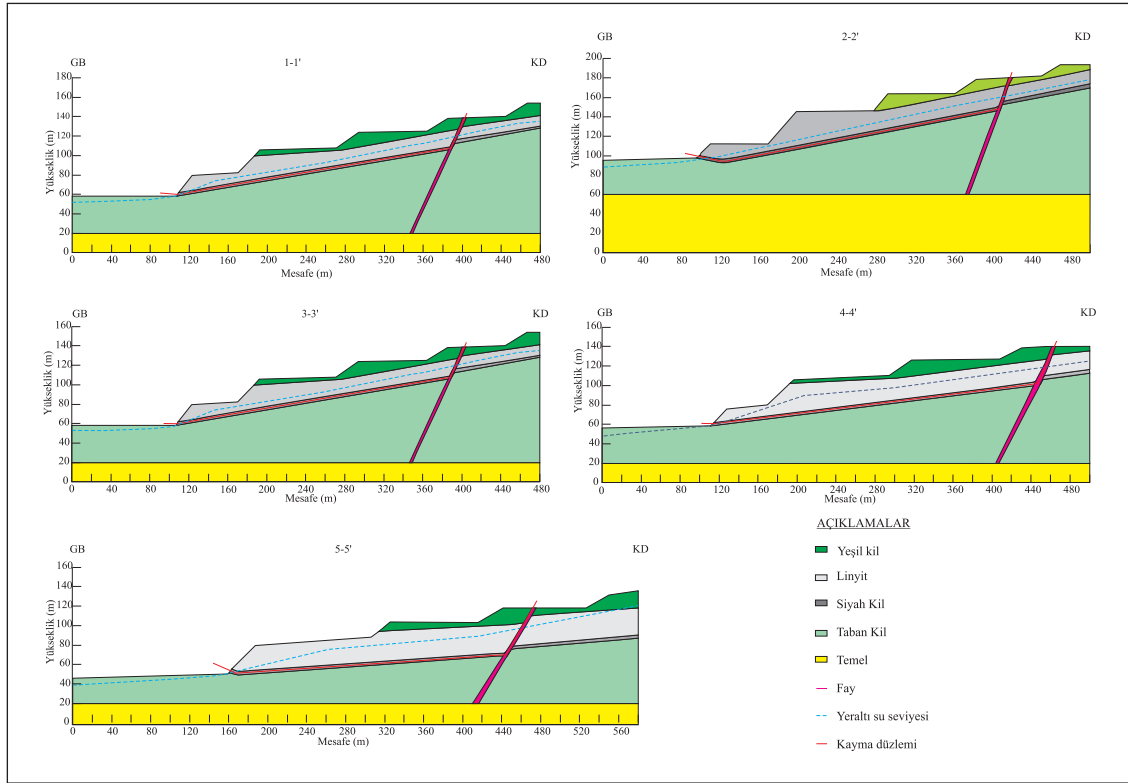
AEL-Kışlaköy Ocağında Gelişen Duraysızlıklara İlişkin Geriye Dönük Analizler



Şekil 14- H2 heyelanına ait jeolojik kesitler (Akbulut vd., 2007).



Şekil 15- H3 heyelanına ait görünüm (Akbulut vd., 2007).

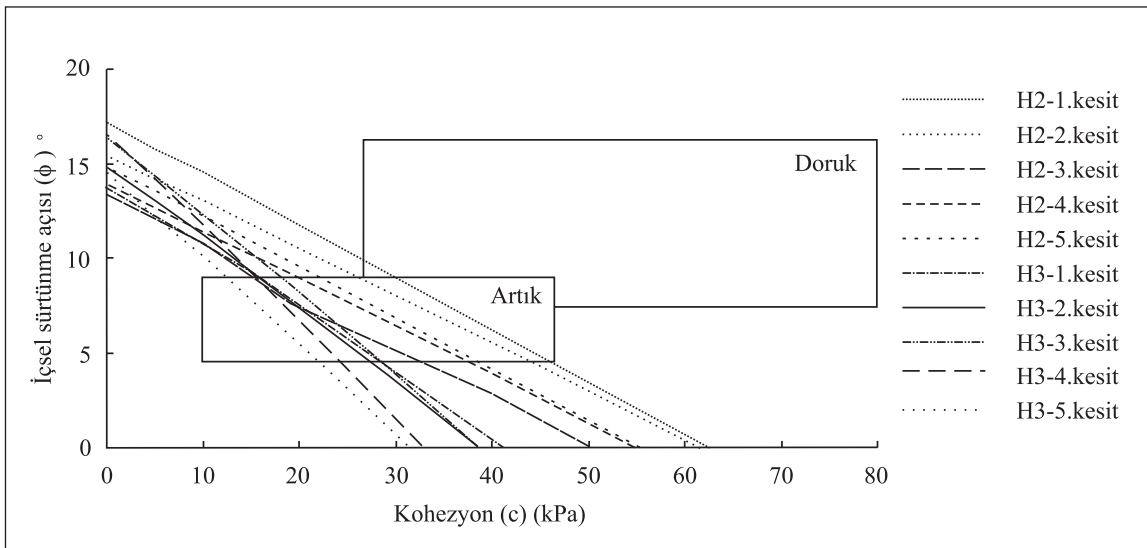


Şekil 16- H3 heyelanına ait jeolojik kesitler (Akbulut vd., 2007).

1981; Tinoco ve Salcedo,1981). Bu nedenle, H2 ve H3 heyelanlarına ait kayma esnasında etkin olan c ve ϕ parametrelerinin ağırlıklı ortalamalarının sağlıklı bir şekilde saptanabilmesi için, söz konusu duraysızlıkların geriye dönük analiz sonuçları birleştirilerek c - ϕ zarfları hazırlanmıştır (Şekil 17). Laboratuvarıda elde edilen maksimum pik değerler

$c_p=74.2$ kPa, $\phi_p=18.4^\circ$; minimum pik değerler $c_p=24.7$ kPa, $\phi_p=18.4^\circ$; maksimum rezidüel değerler $c_r=41.6$ kPa, $\phi_r=11.4^\circ$; minimum rezidüel değerler $c_r=9.8$ kPa, $\phi_r=9.5^\circ$ aralığında değişmektedir (Akbulut vd.,2007).

Laboratuvar deneylerinden elde edilen doruk ve artık makaslama dayanım parametreleri ile



Şekil 17- H2 ve H3 heyelanlarına ait geriye dönük analiz sonuçlarının laboratuvarıda belirlenen makaslama dayanım parametreleri ile karşılaştırılması (Akbulut vd., 2007).

geriye dönük analiz sonuçları karşılaştırıldığında, “c-φ” zarflarının tamamı artık makaslama dayanım parametrelerinin değişim aralığı içinde kalmaktadır (Şekil 17). Bu nedenle tasarım analizlerinde, siyah kil için laboratuvar sonuçlarından elde edilen artık makaslama dayanım parametrelerinin kullanılması daha uygun olacaktır.

6. Sonuçlar ve Öneriler

Kışlaköy Açık Ocağında gerçekleştirilen jeoteknik arazi çalışmaları ve laboratuvar deneyleri ve geriye dönük analizlere ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Hareket izleme çalışmaları sonucunda batı şevlerinde herhangi bir hareketin olmadığı belirlenmiştir. Doğu şevlerinde ise büyük heyelan öncesinde D24 ve D18 ölçüm istasyonlarında 90 cm'ye varan kümülatif hareket miktarları ölçülmüştür.
- Mevcut şevlerde oluşturulan hareket izleme istasyonlarından alınan ölçümlerdeki hareket vektörleri bloklu kayma türü duraysızlığın varlığını ortaya koymuştur.
- Kayma sonrası geometrik özellikleri belli olan linyit horizonu içinde 3, gıdya birimi içinde 1 ve lehim birimi içinde 1 olmak üzere toplam 5 adet heyelan saptanmıştır. Lehim içinde gelişen heyelan dairesel kayma modeline, diğer birimler içinde oluşan heyelanlar ise bloklu kayma modeline uygun gelişmişlerdir.
- Linyit horizonu içinde meydana gelen bloklu kayma türü heyelanların 1. yüzeyini linyit içerisindeki siyah kil bantları, 2. yüzeyini kömür içinde gelişen süreksizlikler ve/veya fay yüzeyleri oluşturmaktadır.
- Yapılan incelemeler sonucu, linyit horizonu arasında yer alan siyah renkli yüksek plastisiteli kil bandının şevin duraylılığını kontrol eden en kritik faktörlerden biri olduğu belirlenmiştir.
- Laboratuvarlardan elde edilen dayanım parametreleri sonuçları ile geriye dönük analiz sonuçları karşılaştırıldığında, gelişen heyelanların; kayma anında, kayma yüzeylerinin makaslama dayanımlarının artık

makaslama dayanımı parametreleriyle temsil edildiği saptanmıştır.

- Bu çalışma sonucunda şev tasarım analizlerinde laboratuvar deneyleri sonucu elde edilen artık makaslama dayanımı parametrelerinin kullanılması önerilmektedir.
- Genel şev analizleri bloklu kayma modeline uygun olarak yapılması önerilmektedir.

Geliş Tarihi: 20.11.2012

Kabul Tarihi: 11.07.2013

Yayınlanma Tarihi: Aralık 2013

Değinilen Belgeler

- Akbulut, İ., Aksoy, T., Çağlan, D., Ölmez, T., 2007. Afşin-Elbistan Kışlaköy Açık Kömür İşletmesi Şev Stabilitesi Çalışması, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 11194*, Ankara (yayımlanmamış)
- Duncan, J.M., Wright, S.G., 2005, Soil Strength and Slope Stability. *John Wiley&Sons, Inc.*, New York, NY, USA, 309 pp.
- Gürsoy, E. Özcan, K., Yücel, A.R., 1981, K.Maraş Elbistan D1 Sektörü Kömür Yatağı Jeoloji Raporu. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 7054*, Ankara (yayımlanmamış)
- Koçak, S., Ulusay, R., Selçuk, Ş., İder, H., (1985), TKİ-AEL Kışlaköy Linyit İşletmesi Batı Şevi Stabilite Etüdü. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 7717*, Ankara (yayımlanmamış)
- Morgenstern, N.R., Price, V.E., 1965, The Analysis of The Stability of General Slip Surface. *Geotechnique*, 15, 79-93.
- Sancio, R. T., 1981, The Use of Back Calculations To Obtain The Shear and Tensile Strength of Weathered Rocks. *Proc. Intl. Symp. on Weak Rock*, Tokyo, V.2, 647-652.
- Slope/W, 2004, Geo Studio 2004, Vers. 6.2, *Geo-Slope International Ltd.*, Calgary, Canada.
- Tinoco, F.H., Salcedo, D.A., 1981, Analysis of Slope Failures In Weathered Phyllite. *Proc. Intl. Symp. on Weak Rock*, Tokyo, V.1,55-62.
- Yörükoğlu, M., 1991, Afşin Elbistan Projesi ve TKİ Kurumu AELİ Müessesinde Madencilik Çalışmaları. *Madencilik Eylül*, 30, 3.