

Şırnak Kömür Madeni Atık Şeyl Yığın Tasarımı ve GEO5 FEM Stabilite Risk Değerlendirme

Y.İ. Tosun

Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Böl.73000, Merkez-Şırnak

H. Cevizci

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Böl. 32200, Çünür Isparta

ÖZET: Yığınların GEO 5 FEM programı ile sınır ağ modellemesi ve stabilite analizleri yapılmıştır. S1, S2, S3 ve S4 no'lu heyelanların geliştiği yamaçların 1/1000 ölçekli topoğrafik haritaları arazi çalışmalarıyla hazırlanmış ve yığının yapısal kesitleri çıkarılmıştır. Yığından alınan zemin örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile yamaç molozunun fiziksel ve mekanik özellikleri; Efektif içsel sürtünme açısı (ϕ°) 17° - 22.5° , efektif kohezyonu (c') $0,5-1,8 \text{ kg/cm}^2$, maksimum kuru birim hacim ağırlık $1.87-2.25 \text{ g/cm}^3$, doymun birim hacim ağırlık $1.78-2.43 \text{ g/cm}^3$, doğal birim hacim ağırlık $1.9-2.35 \text{ g/cm}^3$, kuru birim hacim ağırlık $1.97-2.40 \text{ g/cm}^3$, tane birim hacim ağırlığı (γ_s) $2.47-2.60 \text{ g/cm}^3$, permeabilite katsayısı $1 \times 10^{-4} - 6.5 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$, olarak belirlenmiş ve ayrıca tane dağılım testleri yapılmıştır. Yamaçların hazırlanan kesitlerinde, GEO 5 FEM programında olası kritik gerilme yüzeyleri irdelenmiştir. Yamaç kaymasını engelleyen kaya dolgusu topuk tasarımları yapılmıştır. Yığın malzemenin belirlenen jeoteknik özellikleri de kullanılarak GEO5 FEM ve stabilite programı aracılığı ile güvenlik katsayıları belirlenmiş ve hesaplanan değerlere göre S3 ve S4 no'lu yamaçların stabil oldukları S1 ve S2 no'lu yamacın ise stabil olmadığı tespit edilmiştir. Kalker topuk kaya dolguları ile GEO5 FEM programı aracılığı ile stabilitenin sağlandığı belirlenmiştir.

ABSTRACT: In Şırnak, for mining landfills geotechnical stability analyses were conducted by GEO5 FEM. An area of near 7 km^2 study area and the surrounding area has been 1/1.000 scale engineering geological map, as well as the drilling and laboratory geotechnical engineering properties of materials are determined by experiments. S1, S2, S3 and S4 hillsides to develop landslide slopes 1/1000 scale topographic maps and geological field studies prepared by processing units on the map the geological cross-sections were prepared. By laboratory experiments carried out on soil samples taken from fields of physical and mechanical properties of slope debris; effective angle of internal friction (ϕ°) 17° - 22.5° , effective cohesion (c') $0,5-1,8 \text{ kg/cm}^2$, the maximum dry unit weight $1.87 -2.25 \text{ g/cm}^3$ $1.78-2.43 \text{ g/cm}^3$ saturated unit weight, unit weight $1.9-2.35 \text{ g/cm}^3$ $1.97-2.40 \text{ g/cm}^3$, unit weight (γ_s) $2.47-2.60 \text{ g/cm}^3$, permeability coefficient of $1 \times 10^{-4} - 6.5 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$, the particle distribution were determined and also tested. Geological sections prepared slopes, the geostatical properties of the material were determined by the trial slip surfaces. Rock fill pillar design were made and calculated according to the values via the S3 and S4 are stable hillsides, S1, S2 have been found that to close the unstable slope. Stability was performed by limestone pillar rockfills on hazardous dumps.

1. GİRİŞ

Erozyon, iklim, ayrışma deprem gibi doğal parametreler kayma gerilmesini artırır ve yamaç malzemesinin kayma direncini düşürür. Yamaçlarda gelişen kentleşmenin getirdiği, konut, ticaret, sosyal alanların yaratılması ve alt yapı faaliyetlerinin

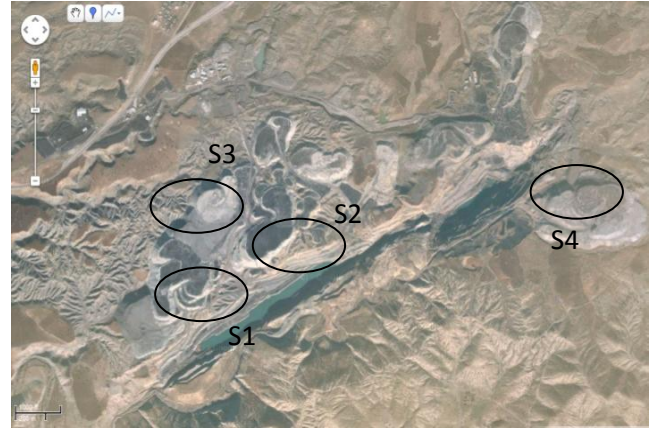
gerçekleştirilmesi risklidir (Höek ve Bray, 1977; Lambe ve Whitman, 1969). Kayma tehlikesinin belirlenmesinde ve gelecekte oluşabilecek dinamiklerin tahmin edilebilmesinde toplam gerilme ve denge analizleri doğru sonuçlar vermektedir (Bishop, 1955; Höek, 1970).

Her yıl çok ağır yaşam kayıplarına sebep olan, yarattıkları maddi hasar ise milyonlarca lirayı bulan yer kaymaları dünyada olduğu gibi Türkiye’de de en önemli jeoteknik tehlikelerden birisidir (Ulusay, 1982; Ulusay, 1989). Ülkede son yıllarda gelişen önemli heyelanlar, araştırmacılar (Ulusay, 1982, Paşamehmetoğlu, 1989) tarafından farklı yöntemler ile araştırılmakta ve jeoteknik karakterleri ve oluşum süreçleri belirlenmektedir. Benzer jeoteknik şartlara sahip alanlar için araştırmacıların iki temel teorisi vardır (Ulusay, 1982, Güz 1987). Birisi, yer kayma dinamikleri, geçmişte olduğu gibi aynı jeolojik, jeomorfolojik, hidrojeolojik, iklimsel şartlarda oluşurlar. Bir diğeri ise, yamaç kayma tipleri ve özellikleri de benzer olacaktır. Bundan dolayı geçmiş heyelanların mekanizmasını ve özelliklerini bilmek, gelecekte, komşu bölgelerde veya jeoteknik olarak benzer alanlarda gelişebilecek heyelanları değerlendirmek için önemli bir temel bilgi oluşturmaktadır. Yer altı suyunun etkisi, zeminin kesilme değişimi ve yer dinamikleri heyelana neden olmaktadır (Bishop, 1955; Höek, 1970).

Şırnak ili ve çevresindeki alanların jeolojik haritası yapılarak, yüzey birimlerin mühendislik jeoteknik özellikleri belirlenmiştir (Anonim,2012). Yamaçların mühendislik özelliklerinin belirlenmesiyle, gelecekte belediye imar planlarının yapılandırılmasında önemi ve alanın jeoteknik kritiğine dikkat çekilmesi amaçlanmıştır.

Yığınların şev stabilitesine etki eden parametreleri irdelenerek, olası emniyetsiz ve riskli bölge haritada belirtilmiştir. Kömür atık şeyl yığınlarının çevreyi tehdit etmeyecek ve işletmeyi sıkıntıya sokmayacak boyutlarda inşası önerilmektedir. Statik malzeme özelliklerinin karakterizasyonu ve katı atık depolama alanlarının sismik tasarımı zor bir iştir. Büyük yığın malzemelerin heterojen olması nedeniyle statik ve dinamik analizlerin yapılması gerekir. Bu yönde, Şırnak ili alanı içerisinde, kentin güneyinde ve merkeze 7 km mesafede olan Kömür maden ocağının atık yığınları (Şekil 1a,b,c) kent içersinde değerlendirilmektedir. Çalışma alanı ve çevresindeki 3 km² lik bir alanın 1/1.000 ölçekli mühendislik haritası yapılmış, ayrıca yapılan sondaj ve laboratuvar jeoteknik deneyleri ile malzemelerin mühendislik özellikleri belirlenmiştir. Yakın yerleşim birimlerine uygun, dibindeki dereyi ve göleti doğaya kazandıracak koşulda yığın yamaçların tasarımı ve jeoteknik özellikleri incelenerek duraylılık analizleri farklı yöntemlerle GEO5 FEM programıyla gerçekleştirilmiştir (Anonim, a 2009, Anonim, b 2013). Bu proje kapsamında kentsel kullanıma

açılacak olan çalışma alanı ve çevresini kapsayan 3 km²’lik alanda 1/1.000 ölçekli mühendislik haritası arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda hazırlanmış ayrıca kutupsal koordinat sistemi kullanılarak arazi çalışmalarıyla her dört yamaca ait topoğrafik harita oluşturulmuştur.



Şekil 1. Şırnak İli Kömür Ocağı Yığınlarının Uydu Haritası 1/5000.

2. ŞIRNAK İLİ DEPREM JEOLJİSİ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi tektonik yapısı ve stratigrafisi itibariyle jeotermal enerji için gerekli hazne kaya ve örtü kaya özelliklerine sahip olmasının yanında, bölgede oluşan fay sistemleri ve özellikle gerilme çatlakları boyunca yerin derinliklerine kadar inen sular jeotermal enerji için gerekli akışkanın oluşmasını sağlayabilecek konumdadır. Bölge genelinde kuzey-güney yönlü sıkışmanın etkisiyle yer kabuğu doğu-batı yönünde bir gerilmeye tabi olmuş ve oluşan gerilme çatlakları boyunca astenosferden olivinli bazaltik magma yükselmiştir (Anonim, c 2011, Altınlı , 1978).

Diyarbakır-Şanlıurfa-Mardin arasında kalan Karacadağ bölgesinde, Gaziantep Yavuzeli yöresinde ve İdil-Cizre yöresinde yüzeye kadar çıkan bazaltik magma birkaç evre halinde akarak geniş alanları lav akıntıları altında bırakmıştır. Batman’ın kuzeyinde olduğu gibi, yeryüzüne ulaşmayan magma birkaç yerde sokulumlar yaparak sıcak alanlar meydana getirmiştir. Bu durum MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan, bölgenin jeolojik haritasında açıkça görülmektedir. İnceleme alanındaki litostratigrafi birimi yaşlıdan gence Mardin Volkanitleri (Üst Miyosen), Eski Alüvyon (Kuvaterner), Yeni Alüvyon (Kuvaterner) ve Yamaç Molozu (Kuvaterner) olarak ayırtlanmıştır. Volkanitleri, Tüf, aglomera ve andezitik bazaltik lavlardan oluşmaktadır. İnceleme alanının büyük bir bölümünü oluşturan spilitik bazalt lavları, çalışma alanında kadar yüzeylenme gösterirler.

Şırnak ili 1. Dereceye sınır bir yerleşim alanındadır, ancak 2. Derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Yapılaşmadaki kusurlar ve yetersizlikler ilimizde de görülmektedir. Bu çalışmada deprem yükü 0.2w olarak tasarımlara etki ettirilmiştir.

Örnek olarak yaşanan civardaki yıkımlı depremler bu bölgenin de büyük bir risk taşıdığını gösterir.

3. ZEMİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

3.1. Arazi Çalışmaları

Şırnak il merkezinin güneye eğimli bir topoğrafya üzerinde bulunduğu gözlenmiştir. Arazide genel olarak kilaşı ve silt taşından oluşmuş formasyonlar gözlenmiştir. Şırnak ili merkezinin Germav Formasyonunda olduğu bilinmektedir. Germav Formasyonu, aşınmaya karşı dayanımsızlığı nedeniyle hızlı bir şekilde aşınarak, yüksek eğime sahip bir topoğrafya oluşturduğundan yer yer heyelan oluşmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle özetle Şırnak il merkezi genellikle eski heyelanlar sebebiyle kumlu, karbonatlı, killi, siltli birimlerin karışmasından oluşan örselenmiş Germav Formasyonu üzerinde yer almaktadır.

Yamaç molozları, derenin güneyinden (Şekil 1) çalışma alanı sınırına kadar uzanır. Arazi gözlemleri ile yamaç molozlarının miyosen kireçtaşlarından oluştuğu belirlenmiştir. Kalınlıkları son derece değişkendir. Arazide yamaç eğiminin azaldığı yerlerde nispeten daha az mostra verirler.

İnceleme alanında Kömür Ocak atık yığınları (Şekil 1) güneyine kadar gözlenen yeni alüvyon birikintilerinin yüzeyle meleri gri marn şeyldir. Bu kısım genel olarak alüvyon siltli toprak ile kaplı olup

bazı kesimleri ise kumlu ve killi zonlardan ibarettir. İl Özel İdaresi tarafından 35 m' ye kadar yapılan sondajlarda yeni alüvyonun devam ettiği belirlenmiştir (Anonim d, 2012). Yamaç Molozları, inceleme alanında derenin güneyine doğru, yerleşmiştir. Tane boyları ince kil ile iri kum arasında değişir. Boylanma ve derecelenme görülmeyen molozların kalınlıkları 10-35 cm arasında değişir.

3.2. Jeoteknik Özellikler

Yığın alanlarında yüzeylenen zeminlerin jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerde Türk Standartları (TS 1900) (TSE, 1987).ve Amerikan Standartları (ASTM 3080) (ASTM, 1990) esas alınmıştır. İnceleme alanındaki yığınların ve burada yapılan sondajların içeriklerinin gösterimi Çizelge 1 de verilmiştir. Örselenmemiş örnekler üzerinde ise kesme kutusu deneyleri yardımı ile örneklere ait efektif kohezyon (c') ve efektif kayma direnci açısı (ϕ°)' bulunmuştur.

Kesme Kutusu deneyinde kullanılan örselenmemiş zemin örnekleri TS 1901'e (TSE, 1987) göre alınmıştır.

Ayrıca bu deneylerin yapımı esnasında malzemenin birim hacim ağırlığı, sıkışma miktarı ve boşluk oranı belirlenmiştir.

Plastik ve likit limit deneylerinde elde edilen sonuçlar her bir örnek için Çizelge 1'de verilmiştir. S1 ve S2 no'lu yığınların içinde oluştuğu yamaç zemini plastik değildir. S3 ve S4 no'lu yığınların oluştuğu yamaç zemini ise aynı değerlendirmeye az plastik olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Yığınların yamaçlarından alınan örnekler üzerinde yapılan jeoteknik testlerden elde edilen sonuçlar.

Örnek No	İri Şeyl Dolgu	İnce Şeyl Dolgu	S1	S2	S3	S4
Örneklerin alındığı Kot (m)	800	850	925	921	933	927
Wopt,%			15,90	13,70	10,80	11,40
c' (kpa)	52	88	0,52	0,59	0,63	0,55
ϕ'	24,2	22,5	32,50	22,50	21,00	20,00
$L_I(\%)$	11.8 Mpa σ	9.6 Mpa σ	26	15	28	17
$P_I(\%)$	42 RQD	40 RQD	19	11	18	22
$I_p(\%)$	46 RMR	44 RMR	10	9	8	12
γ_s g/cm ³	2,70	2,70	2,40	2,50	2,40	2,30
Birleştirilmiş Zemin sınıflaması	zayıf	zayıf	SP(Kum ve çakıllı)	SP(Kum ve çakıllı)	SP(Kum ve çakıllı)	SP(Kum ve çakıllı)
$\gamma_{doğal}$ g/cm ³	1,94	2,14	1,82	1,76	1,90	1,70
γ_{kuru} g/cm ³	1,94	2,14	1,65	1,6	1,78	1,60
Kum ve çakıllı						
$\gamma_{doğun}$ g/cm ³	2,0	2,23	2,02	1,84	2,0	1,8

Çizelge 2. Proktor ve permeabilite deney sonuçları

Örnek no	S11	S12	S13	S21	S22	S31	S32	S41	S42	S43
γ_k max g/cm ³	1,68	1,89	1,93	1,93	1,67	2,05	1,98	1,90	1,69	1,88
wopt %	15,9	12,9	10,8	19,0	15,8	12,3	13,8	13,0	15,9	12,8
Permeabilite (k) (cm/s)	$5,63 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$5,65 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$5,62 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$

Zemindeki su içeriği, kil oranından önemli ölçüde etkilenecektir. Zeminin içindeki kil yüzdesine göre değerlendirildiğinde zemin örnekleri kohezyonsuz veya az kohezyonlu özellik göstermektedir.

Yığınların bulunduğu sahalardan alınan örnekler üzerinde yapılan deneylerle elde edilen tane birim hacim ağırlıkları Çizelge 1’de gösterilmiştir. Tane boyutuna göre zemin cinslerinin belirlenebilmesi için, dane dağılım deneyi gerçekleştirilmiş ve sonuçları değerlendirilerek birleştirilmiş zemin sınıflamasındaki adları ve yerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Plastik olmayan zeminlerin sınıflandırılması yapılmıştır (Schanz, 2007).

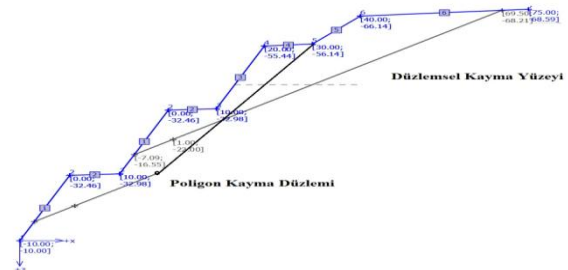
Zeminin geçirgenliğini tespit etmek amacıyla sabit seviyeli geçirimsizlik deney aleti kullanılmıştır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesiyle zeminin geçirimsizlik derecesi tespit edilmiştir (Çizelge 2). Çizelge 2 incelendiğinde S1, S2, S3 ve S4 nolu yamaçların geçirimsiz zemin sınıfına girdiği görülmektedir. Kaya dolgularının jeomekanik sınıflandırması yapılmıştır (Singh ve Goel, 1999) Yığınlardan alınan zemin örnekleri üzerinde yapılan Proktor deneyleri (ASTM 1990) sonucunda elde edilen γ_k ve w_{opt} değerleri Çizelge 2 de verilmiştir. Yamaçların farklı kaya dolgularından alınan örnekler, tek eksenli ve üç eksenli basınç dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca atık iri şeyl kaya dolgusunun ve kalker topuk dolgusunun parametreleri aşağıdaki Çizelge 3 de verilmektedir.

Çizelge 3. Kaya dolgularının fiziksel ve mekanik özellikleri.

Özellik	İri Şeyl Dolgu	İri Kalker Dolgu
Doğal Birim Hacim Ağırlığı, γ_n (kN/m ³)	16	18
Doygun Birim Hacim Ağırlığı, γ_d (kN/m ³)	16	18
Kohezyon, c (kN/m ²)	52	88
İçsel Sürtünme Açısı, ϕ (°)	30	34

Kayma riskini değerlendirmek için GEO5 FEM programı bu çalışmada avantajlı olarak değerlendirilmiştir. GEO5 FEM programında Fellenius, Bishop ve Janbu ya göre hesaplanması verilmiştir. Fellenius yöntemi; Bu metod da kayma yüzeyi daireseldir. Kayan kütle mümkün olduğu kadar eşit aralıklarda dilimlere ayrılır (Görög ve Török , 2006, Görög ve Török , 2007).

Bishop metodu; Bütün stabilite problemlerinde olduğu gibi başlangıç kayması bir temel olarak alınmakta ve şev limit dengedeymiş gibi kabul edilerek denge denklemleri çıkartılmaktadır. Bishop, toplam gerilme ve efektif gerilmelerle stabilite analizi yapmaktadır. Bu metod Taylor ve Fellenius’un getirdiği metotlardan daha ileridir (Anonim a,2013, Anonim, b 2009). Janbu Metodu; Bu yöntem dairesel olsun olmasın her tipteki kayma yüzeyi için kullanılabilir (Vaneckova vd., 2011, Pruska 2009). Şev stabilite analizlerinde homojen yarma ve dolgularda meydana gelen dairesel kaymalarla, dairesel olmayan daha genel tipteki kaymaların stabilite analizleri için dilimler arası kuvvetleri de göz önüne alan bir metottur (Pruska 2009, Anbalagen, 1992). Herhangi bir şevdeki zeminin, çok zayıf kaya kütesinin veya pas malzemesinin özellikleri şev boyunca çok sık olarak değişkenlik gösteriyorsa, dairesel kayma analiz yöntemlerinin uygulanabilirliği ortadan kalkmaktadır (Hutchinson, 1995, Dramis 1989, Hoek, 2013). Bu tür koşullarla kaymalar; dairesel olmayan veya şev tepesine yakın kesimlerde dairesel olarak başlayan derinlerde düzlemsel olarak devam eden yüzeyler boyunca gelişmektedir (Hoek 2013). Olası deprem ve yer altı suyu verileri GEO5 Kaya stabilite programında Şekil 2 deki kesite bağlı olarak kama türü veya düzlemsel kaya yüzeylerinde özellikle 30-40 m uzunluğunda kayma oluşmadığı belirlenmiştir. Jia et al (2008) yaptığı nümerik analize göre dolgu analizlerinde GEO5 te olduğu gibi dairesel kayma oluşmadığı belirlenmiştir.

**Şekil 2.** S1 inceleme alanının kaya yamaç kesiti, kaya kayma yüzeyleri, GEO5 FEM duyarlılık analizi.

GEO 5 programında zemin yüzeyler zemin parametreleri girilerek irdelenmiş ve dairesel kaymaların olduğu görülmüştür.

Yamaçlara ait güvenlik katsayıları limit denge prensibine göre çizilen değişik kayma yüzeyleri için Bishop, Janbu ve Fellenius yöntemleri ile dairesel kayma diyagramları GEO5 FEM programı kullanılmıştır. Güvenlik katsayıları sınırlamalarında TS 8853 (TSE 1987, TSE 1991) esas alınmıştır. GEO 5 FEM güvenlik katsayısı c' ve ϕ' efektif ve maksimum direnç parametrelerine göre bulunmuştur. Arazide görülen gerilme çatlaklarında zaman içerisinde hareketlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bu durumda kayma yüzeylerindeki içsel parametrelerin laboratuvarlarda bulunanlardan daha küçük çıkacağı başka deyişle kalıcı değerlere daha yakın olacağı açıktır. Bu açıdan sınır güvenlik katsayısı olarak 1.5 değeri alınmıştır.

3.3. S2 ve S3 Nolu Yığın- Yamaçların Analizi

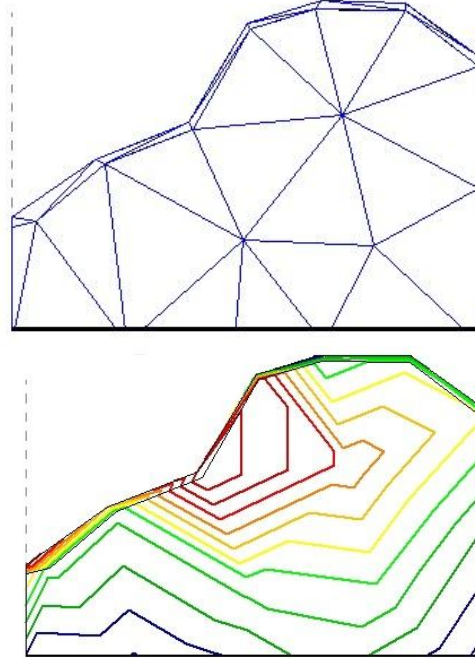
S2 nolu yığında yağışlar sonrasında yamaçta küçük boyutlu hareketlerin olduğu yapılan arazi çalışmalarında belirlenmiştir. S2 no'lu yığının geliştiği yamaç, yamaç molozu ile kaplıdır ve 10 m lik ağ doku GEO5 FEM programı ile oluşturulmuştur (Şekil 3a). S2 nolu yığının tepe ve topuk noktası arasındaki maksimum kot farkı 45 m, yamacın maksimum yüksekliği 50 m, yamaç yüzeyi eğim açısı ise 40° dir.

İl özel İdare tarafından gerçekleştirilen sondajlardan elde edilen bilgiye göre yamaç molozu kalınlığı 11-20 m değişmektedir. Yapılan incelemelerde S2 nolu yığının bulunduğu yamaçta yer altı su seviyesi 35 m tabanda gözlenmiştir. S2 nolu heyelanın geliştiği yamaçta yapılan stabilite hesaplamalarında $c'=1,9 \text{ kg/cm}^2$, $\phi'=22^\circ$, $\gamma_{\text{doğal}}=1,97 \text{ g/cm}^3$ ve $\gamma_{\text{kuru}}=2,27 \text{ g/cm}^3$ değerleri kullanılmıştır. γ_{kuru} ve $\gamma_{\text{doğal}}$ a göre ayrı ayrı hesaplanan olası kayma yüzeylerine ait deformasyon iso değerleri Şekil 3b' de görülmektedir.

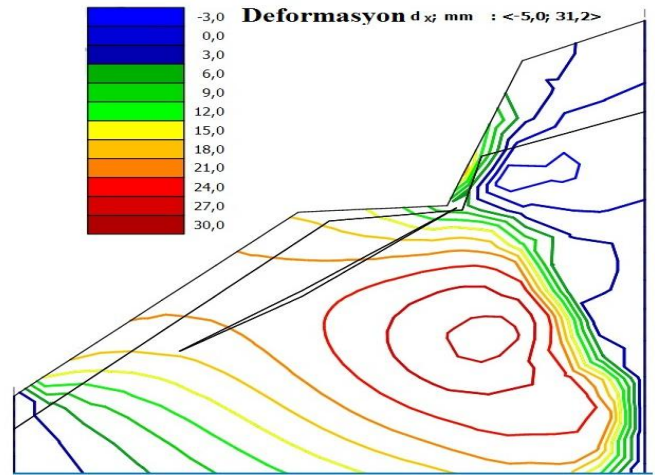
S3 yamaçta yapılan gözlemlerde yağış sonrası da ufak kopmaların, akımların meydana geldiği gözlenmiştir. Benzer şekilde S3 yamacı da duraysızlık göstermektedir ve yer değişimi 30mm ulaşmıştır.(Şekil 4)

Bu nedenle GEO 5 FEM programına göre S2 yamacı için çeşitli taş dolgu tasarımı yapılarak 2m lik ağ doku teşkil edilmiştir (Şekil 5). Yer altı suyu verileri GEO5 FEM programında kesite bağlı olarak Yer altı suyunun seviyesi ve zayıf yüzey etkisi kesitte yerleştirilerek stabilite analizi yapılmıştır. Bu 10 m genişliğindeki seyl taş dolgusu jeostatik basınç ve gerilmeye bağlı olarak kritik kesilme yüzey bölgesinde kaymayı engellemektedir. S3 yamacı için 3mlik kalker taş dolgu tasarımı yapılarak 3m lik ağ doku teşkil edilmiştir (Şekil 6). Ayrıca uçucu kül ile

ince seyl ve killi zemin sağlamlaştırılmıştır. Bu 3 m genişliğindeki kalker taş dolgusu jeostatik basınç ve gerilmeye bağlı olarak kritik kesilme yüzey bölgesinde kaymayı tamamen engellemektedir. Ayrıca 1m genişliğindeki ve 10 m yüksekliğindeki beton-kaya dolgusu güvenlik katsayısı değerlerini 3 ün üzerine çıkarmıştır. (Şekil 7)

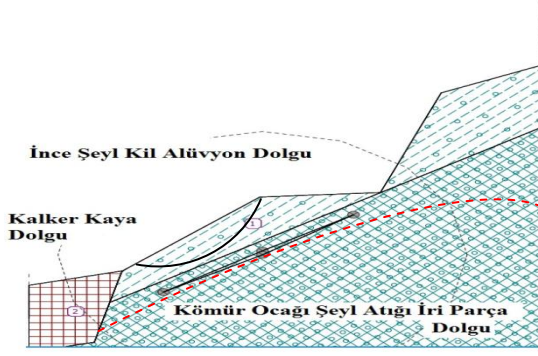


Şekil 3a. S2 İnceleme alanının yamaç kesiti topolojisi 10 m lik meş, **b.** GEO5 FEM duraylılık analizi Deformasyon, Kırmızı 30mm duraysız kesilme yerdeğişimi.

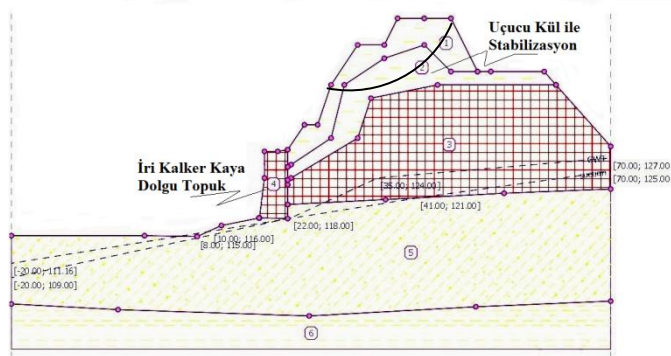
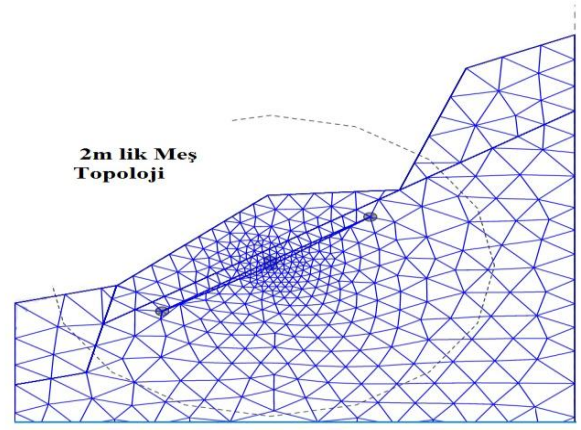


Şekil 4. S3 İnceleme alanının kalker topuk dolgusuz yamaç kesiti, GEO5 FEM duyarlılık analizi. Deformasyon, Kırmızı duraysız kesilme yüzeyi

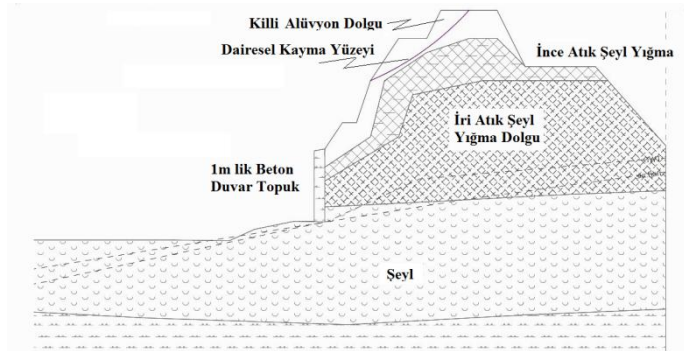
Yapılan olumsuz zayıf kayma yüzeyi etkisi Şekil 8a de görüldüğü gibidir ve tasarım 2m'lik meş örgü dokuda zayıf yüzey gerilme sıklığını teşkil eder. Bu tasarımda dahi taş dolgu topukları ile stabilitenin sağlandığı, güvenlik katsayısı değerleri 3 ün üzerine çıkmıştır.



Şekil 5. S2 inceleme alanındaki duraysız alüvyon yamaç kesitinin topuk dolgu ile stabilizasyonu, GEO5 FEM stabilite analizi.



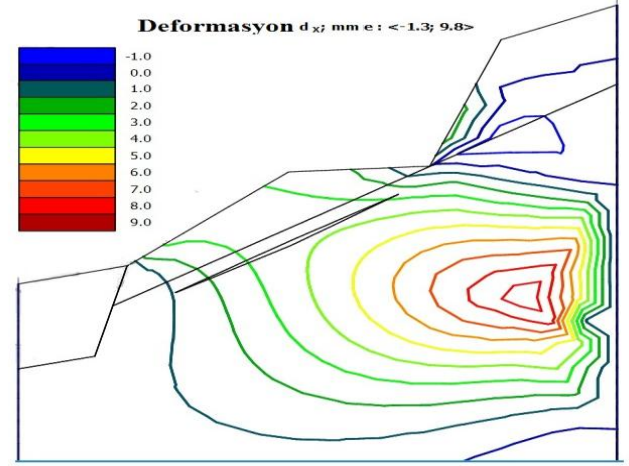
Şekil 6. S2 inceleme alanındaki duraysız alüvyon yamaç kesitinin topuk dolgu ile stabilizasyonu, GEO5 FEM stabilite analizi.



Şekil 7. S2 inceleme alanındaki duraysız alüvyon yamaç kesitinin topuk dolgu ile stabilizasyonu, GEO5 FEM stabilite analizi.

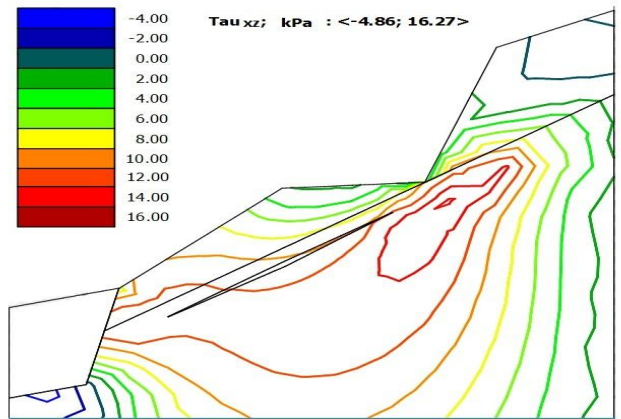
S3 yamacında dolgu kullanıldığı zaman duraysızlık oluşturacak yerdeğişimi deformasyon olarak Şekil 8b de görülmektedir ve yer değişimi maksimum olası kayma tabanının 20 m altında 9 mm'ye ulaşmıştır.(Şekil 8b)

S3 yamacında dolgu kullanıldığı zaman duraysızlık oluşturacak Kesme gerilmesi kPa olarak Şekil 9 de görülmektedir ve 10-16 kPa arasında değişmiş ve olası kayma tabanının da 16 kPa'a ulaşmıştır.

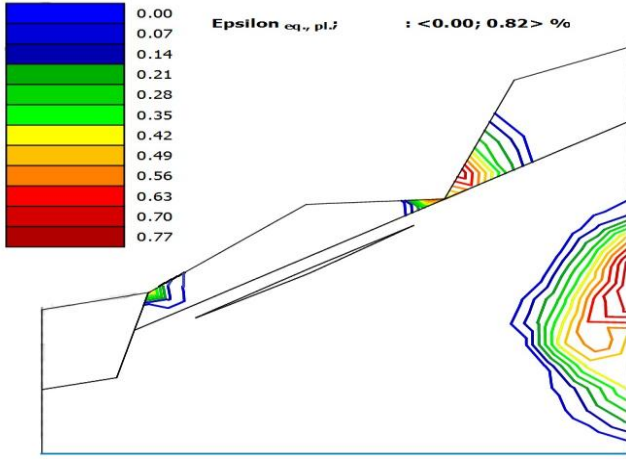


Şekil 8a. S3 inceleme alanının kalker topuk dolgulu yamaç topolojisi 2 m'lik meş kesiti, b.GEO5 FEM duyarlılık analizi. Deformasyon, Kırmızı duraysız kesilme yüzeyi

GEO5 FEM programı ile kesitin içinde dolgunun stabiliteyi sağladığı Şekil 10 da görüldüğü üzere epsilon(x/z) yer değişim oranı % olarak hesaplanmaktadır. Kayma olası tabanda oluşan kritik yer değişimi maksimum % 0.77 olarak Şekil 10 da görülür. Buna göre yığının dere kenarı civarında küçük boyutlu kayma riski olduğu görülmektedir.



Şekil 9. S3 inceleme alanının kalker topuk dolgulu yamaç (1 m'lik meş) kesiti, GEO5 FEM duyarlılık analizi. Kesme gerilmesi, Kırmızı duraysız kesilme yüzeyi



Şekil 10. S3 inceleme alanının kalker topuk dolgululu yamaç (1 m'lik meş) kesiti, GEO5 FEM duyarlılık analizi. Epsilon %, Kırmızı duraysız kesilme yüzeyi

4. SONUÇLAR

Şırnak kentsel alan sınırına yakın bölgede yer alan Kömür Ocağı Atık yığınları 4 ayrı birimindeki yamaçın duraylılıkları ve yamaçlardan alınan zemin örneklerinin jeoteknik özellikleri arazi çalışmaları ve laboratuvar deneyleriyle araştırılmıştır. Yamaca ait stabilite risk haritası ve GEO5 FEM ve Şev Stabilite ve Kaya Stabilite programları ile analizler yüksek doğrulukta çabuk ve başarılı yapılabilmektedir. Zemin-kayaç dokunağı gibi yapısal bir özellikten dolayı veya kütle içinde, düşük makaslama dayanımlı düzlemsel seviyelerin varlığı halinde kayma yüzeyi düzlemsel gelişmektedir. Bu deneyle birlikte zemindeki optimum su muhtevası ve maksimum kuru birim hacim ağırlık belirlenerek, yamaçların stabilite hesaplamalarında kullanılmalıdır. Doğal bir şevin stabilitesini sıkıştırma parametreleri etkilemez. Çünkü bu parametreler istenilen şekilde sıkıştırılan zemine ait parametrelerdir. Yapay şevlerde sıkıştırma parametreleri doğrudan kullanılmalıdır. Doğal bir şevde heyelan tehlikesi varsa, sıkıştırma yapılması durumunda bu parametreler kullanılarak stabilite analizleri karşılaştırılmalıdır. Kayma tehlikesine karşı alınacak önlemlerde şev önüne sıkıştırılmış dolgu ve taş dolgu yapılmalıdır veya şevde kademeli şev eğimi yapılabilir. Aynı zamanda doğal zemin bir miktar kazılarak tekrar sıkıştırma parametrelerine göre sıkıştırılır. Bu durumda stabilite analizlerinde sıkıştırılmış zemine ait parametreler kullanılabilir. Kaya örnekleri üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar deneyleri sonucunda yamaç dolgu malzemelerinin ince ve kalker dolgusu için sırasıyla, kohezyon değerinin 50 – 120 kpa, içsel sürtünme açısının 30.5 – 34.4° arasında değiştiği belirlenmiştir. Zeminlerin ise birleştirilmiş zemin sınıflamasında plastik

olmadığı belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında gerçekleştirilen stabilite analizlerinden, S4 nolu yamaçın stabil olduğu, S1, S2 ve S3 nolu yamaçların ise stabil olmadığı ve taş dolgu ile stabil olacağı sonucuna varılmıştır.

Şırnak Kenti ve çevresi, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre birinci derecede tehlikeli bölge içerisinde yer almaktadır. Bu bölge Güney Doğu Anadolu Fayı etki alanında kaldığı için yörede sık depremler meydana gelmekte ve bu depremlere bağlı olarak da bazı tektonik hareketler oluşmaktadır. GEO5 programında bu etki yanal 0,2 yük olarak aktarılmış ve kaya dolgusunda stabilite sağlanmıştır. Ancak yerleşim binalarını gören yamaçlarda ankraj uygulaması ile tehlike giderilebilir.

Ayrışma kayaçların büyük ölçüde değişikliğe uğramasına, taneler arasındaki bağın zayıflamasına ve tamamen yok olmasına neden olmaktadır. Çalışma alanında ayrışma sonucu zayıflayan kayaçlar kolayca erozyona uğramakta yamaç ve şevlerin eğim açıları ile yüksekliklerini değiştirmektedir. Çalışma alanındaki kayaçlarda görülen ayrışma da stabilite problemlerine olumsuz etkilemektedir.

Çalışma alanında gerçekleştirilen jeoteknik analiz neticesinde, gelecekte çok büyük boyutlu yığınlar için tehlike değerlendirilmeli ve sahaya uygun reklamasyon yöntemleri belirlenmelidir. Ayrıca çalışma alanının proje kapsamında kentsel kullanıma açılacak olması sebebiyle de bölgede duraysızlığı önleyici yöntemler araştırılması ve geliştirilmesi ayrı bir önem arz etmektedir.

SEMBOLLER

c' kg/cm² : Efektif Kohezyon

c kg/cm² : Kohezyon

Φ^o : Efektif içsel sürtünme açısı

Φ_0 : İçsel sürtünme açısı

τ kg/cm² : Kesme gerilmesi

σ kg/cm² : Normal gerilme

I_p : Plastisite indeksi

L_1 : Likit limit

P_1 : Plastik limit

W_{opt} : Optimum su muhtevası

$\gamma_{doğal}$ g/cm³ : Doğal birim hacim ağırlık

γ_{doygun} g/cm³ : Doygun birim hacim ağırlık

γ_{kuru} g/cm³ : Kuru birim hacim ağırlık

γ_{kmax} g/cm³ : Maksimum kuru birim hacim ağırlık

γ_s g/cm³ : Tane birim hacim ağırlık

k : Permeabilite katsayısı

S1,S2,S3,S4: 1, 2, 3, 4 nolu yığınlar

S11 : 1 nolu yığının 1 nolu bölgesinden alınan örnek

SP : Birleştirilmiş zemin sınıflamasında; kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok

KAYNAKLAR

- Altınlı, E. İ., 1978 “Uluslararası Stratigrafi Kılavuzu” TPAO Yerbilimleri Yayınları, Ankara, Nuray Matbaası.
- Anbalagan, R., 1992, Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain” Engineering Geology, 32:269–277,
- Anonim, a 2013, GEO5 - Engineering Manuals - Part 1, - Part 2. <http://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/>
- Anonim, b 2009, GEO5 - FEM - Theoretical Guide <http://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/>
- Anonim, c 2011, “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası”, Afet ve Acil durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara
- Anonim, d 2012, Şırnak İl Özel İdare Raporları.
- ASTM, 1990 “Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Condition”, D3080-90,
- Bishop, A.W., 1955, The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes, Geotechnique, Vol. 5, 7-17.
- Dramis, F., Sorriso-Valvo, M., 1994 “Deep-Seated gravitational slope deformations, related landslides and tectonics”, Engineering Geology 38, 231- 243,.
- Görög P & Török Á, 2007 Slope stability assessment of weathered clay by using field data and computer modelling: a case study from Budapest ,Natural Hazards and Earth System Sciences, 7, 417–422, www.nat-hazards-earth-syst-sci.net
- Görög P & Török Á, 2006, Stability problems of abandoned clay pits in Budapest, IAEG2006 Paper number 295 , The Geological Society of London
- Güz, H , 1987, “Geoteknikte Gelişmeler”, DSİ Yamaç ve Şevlerin Stabilitesi ve Dayanma Yapıları Semineri, Samsun
- Höek, E., 1970, Estimating the stability of excavated slopes in opencast mines, Institution of Mining and Metallurgy, A105, A132
- Höek, E. ve Bray, J.W., 1977, Rock slope engineering, Stephen Austin and Sons Ltd, Hertford, 402 s.
- Hoek, E., 2013. Practical Rock Engineering, Hoek notes by Evert Hoek. <http://www.roscience.com>
- Hutchinson, JN., 1995”Landslide hazard assessment. Keynote paper. In: Bell DH (ed) Landslides, Proceeding of 6th international symposium on landslides”, Christchurch, New Zealand, vol 1. Balkema, Rotterdam, pp 1805–1841,
- Jia C.Q., Huang Q.W. Huang M.S., 2008, Numerical bound analysis of stability problems of rock and soil masses, Boundary Rock Mechanics, Taylor&Franchis, London
- Lambe, W.T. ve Whitman, R.V., 1969, Soil mechanics, John Wiley and Sons, New York
- Paşamehmetoğlu, A.G., Özgenoğlu, A., Karpuz, C, 1991, Kaya Şev Stabilitesi, 2. Baskı , T.M.M.O.B Maden Müh. Odası Yayınları, Ankara, Mayıs,.
- Pruška, J., 2009, Comparison of geotechnic softwares - Geo FEM, Plaxis, Z-Soil , XIII ECSMGE, Vaníček et al. (eds). CGtS, Prague, ISBN 80-86769-01-1, (Vol. 2)
- Singh, B., Goel, R.K., 1999, Rock Mass Classification Aprctical Approach in Civil Engineering, Elsevier, 1999, NY.
- Schantz, D., 2007, Experimental Unsaturated Soil Mechanics, Springer, Germany.
- TSE, 1987 “İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuar Deneyleri”, TS 1900, UDK 624.131, 1. Baskı, Ankara, Nisan
- TSE, 1975 “İnşaat Mühendisliğinde Sondaj Yolları İle Örselenmiş ve Örselenmemiş Numune Alma Yöntemleri”, TS 1901, UDK 622.233- 624.131.36, 1. Baskı, Ankara, Nisan.
- TSE, 1991 “Yamaç ve Sevlerin Dengesi ve Hesap Metodları-Zeminde”, TS 8853, UDK 624.137- 624.131, 1. Baskı, Ankara, Şubat.
- Ulusay, B 1982, Şev Açılarının İlk Yaklaşım Olarak Hesaplanmasında İki Yeni Pratik Yöntemin Konya-Çumra Manyezit Sahasına Uygulanışı, Jeoloji Müj.Der.Ocak 30-41
- Ulusay, R., “Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler”, JMO yayınları, Ankara, 1989.
- Ulusay, R., 1982 “Şev Stabilitate Analizlerinde Kullanılan Pratik Yöntemler ve Geoteknik Çalışmalar”, MTA Yayınları, Eğitim Serisi, 25,
- Vaneckova, V , Laurin J, Pruska J, 2011, Sheeting Wall Analysis by the Method of Dependent Pressures, Geotec Hanoi - ISBN 978 - 604 - 82 - 000 - 8 ID No./ pp. 7
- Wiley, L., 1987 “Slope Stability Geotechnical Engineering and Geomorphology”, England,