

MT Bilimsel

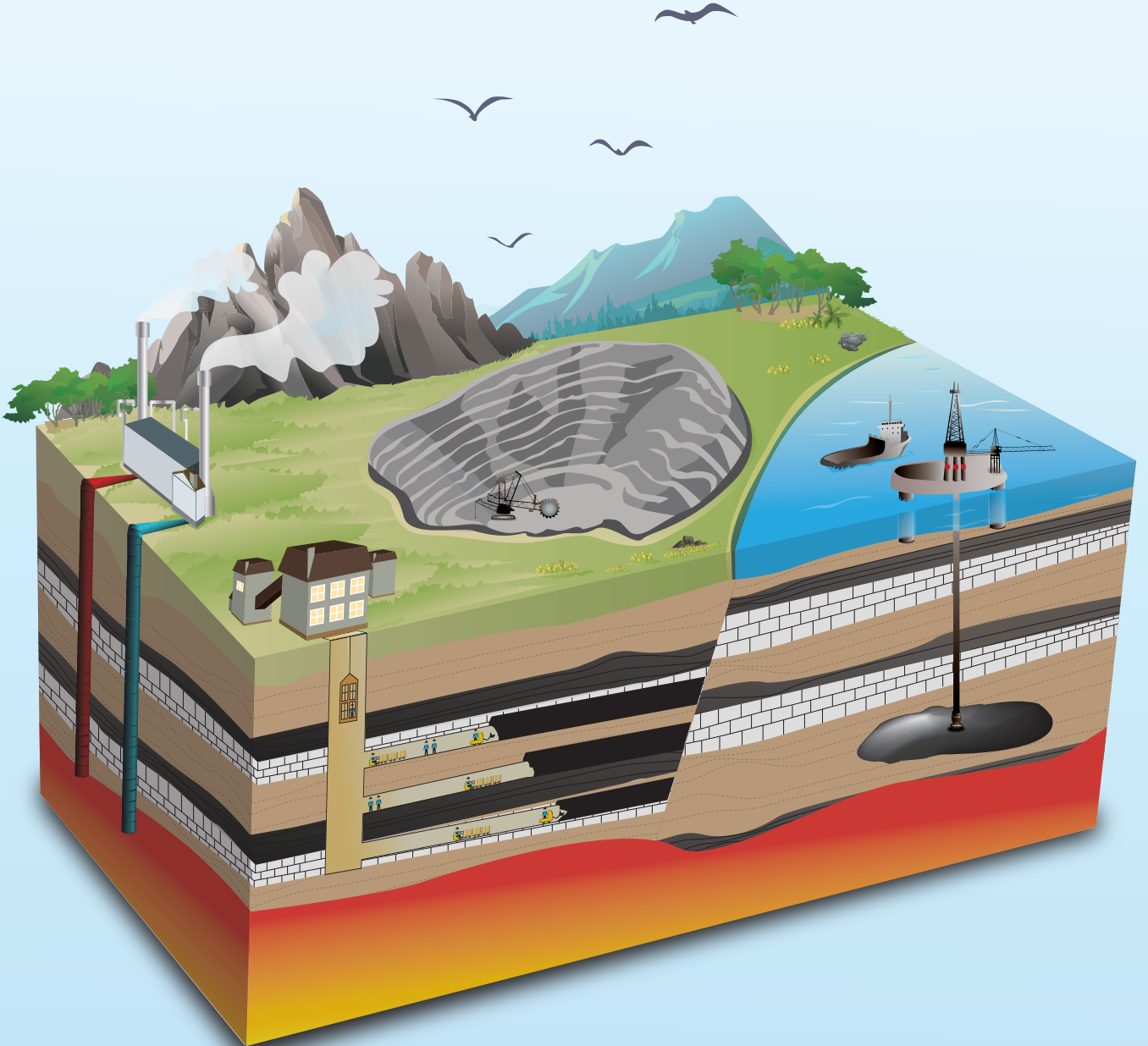
www.mtbilimsel.com

Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources*

Yıl:1 Sayı:1 Ocak 2012

ISSN: 2146-9431

Year:1 Number:1 January 2012



MT Bilimsel

Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources*

Derginin Adı
MT Bilimsel

İmtiyaz Sahibi
MAYEB Madencilik ve Yer
Bilimleri Basım Yayın Dağıtım
Ltd. Şti.

Genel Koordinatör
Onur Aydın
onur@mtbilimsel.com

Yazı İşleri Müdürü
İdari İşler - Dış İlişkiler
O. Çağım Tuğ
cagim@madencilik-turkiye.com

Grafik Tasarım - Uygulama
M. Anıl Tuğ
anil@madencilik-turkiye.com
Merve Mallı
merve@ideakup.com

İnternet Teknolojileri
Bilgin B. Yılmaz
bilgin@madencilik-turkiye.com

Hukuk Danışmanı
Av. Evrim İnal
evrim@madencilik-turkiye.com

Yayın İdare Merkezi
1042. Cd. (Eski 4. Cd.) 1335. Sk.
(Eski 19. Sk.) Vadi Köşk Apt.
No: 6/8 A. Öveçler ANK.
Tel : +90 (312) 482 18 60
Fax : +90 (312) 482 18 61
info@mtbilimsel.com

www.mtbilimsel.com

Yerel Süreli Yayıncıdır

ISSN 2146-9431

Ulusal Hakemli Dergidir



Yayın Kurulu

Baş Editör:

C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül Üni. Maden Müh. Bölümü)
o.aksoy@mtbilimsel.com

Yardımcı Editörler:

Doç. Dr. Mahmut Yavuz
Osmangazi Üni. Maden Müh. Bölümü

Araş. Gör. Vehbi Özacar
Dokuz Eylül Üni. Maden Müh. Bölümü

Madencilik Türkiye Dergisi Temsilcisi

Onur Aydın (Madencilik Türkiye Dergisi)
onur@mtbilimsel.com

Editörler (Alfabetik):

- Ali Sarıışık (Afyon Kocatepe Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Bahtiyar Ünver (Hacettepe Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Cem Kıncal (Dokuz Eylül Üni. Jeoloji Müh. Bölümü)
- Christopher Mark (Mine Safety & Health Admin., Coal Mine S. & H.)
- Çağatay Pamukçu (Dokuz Eylül Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Emin Candansayar (Ankara Üni. Jeofizik Müh. Bölümü)
- Erol Kaya (Dokuz Eylül Üni. Maden Müh. Bölümü)
- G. Gülsev Uyar Aldaş (Ankara Üni. Jeofizik Müh. Bölümü)
- Güner Gürtunca (National Institute For Occupational Safety And Health)
- Hakan Başarır (Malatya İnönü Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Işık Yılmaz (Cumhuriyet Üni. Jeoloji Müh. Bölümü)
- İhsan Özkan (Selçuk Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Kadri Dağdelen (Colorado School Of Mines, Depart. Of Mining Engin.)
- Kerim Küçük (Dokuz Eylül Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Melih Geniş (Zonguldak Karaelmas Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Melih İphar (Osmangazi Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Mustafa Ayhan (Dicle Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Nuh Bilgin (İstanbul Teknik Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Nuray Demirel (Orta Doğu Teknik Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Pinnaduva Kulatilake (The Uni. of Arizona, Dep. of Min. & Geo. Engin.)
- Raşit Altındağ (Süleyman Demirel Üni. Maden Müh. Bölümü)
- Reşat Ulusay (Hacettepe Üni. Jeoloji Müh. Bölümü)
- Sair Kahraman (Niğde Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Samuel Frimpong (Missouri Uni. of Science & Tech., Dep. of Min. Eng.)
- Şevket Durucan (Imperial College, Mining And Environmental Eng.)
- Tim Joseph (Uni. of Alberta, School of Mining & Petroleum Eng.)
- Turgay Ertekin (The Pennsylvania State Uni. Petroleum & Nat. Gas Eng.)

Yıl:1 Sayı:1 Ocak 2012

ISSN: 2146-9431

Year:1 Number:1 January 2012

İçindekiler

Bülent Kaypak, G. Gülsev Uyar Aldaş

Mikrosismik İzleme Yöntemleri

Microseismic Monitoring Methods1

Eren Kömürlü, Samet Toptaş

Şehirsellerde Yapılan Dik Temel Kazılarının Duraylılığının İncelenmesi

Investigation About Durability of Steep Excavated Foundation In Urban Places13

G. Gülsev Uyar Aldaş , Berkan Ecevitoglu, Bülent Kaypak

Patlatmalarda Yüksek Hızlı Video Kamera Ve Sismometrelerin Eş Zamanlı Kullanılması

Synchronous Use of High Speed Video Camera and Seismometers In Blasting.....59

Kenan Oğul, İsmail Topal, Evren Poşluk

Ankara - İstanbul Yüksek Hızlı Tren Demiryolunda Balast Hammaddesi Olarak Granit ve Bazaltın Birlikte Kullanılabilirliğinin Araştırılması ve Aşınma Dayanımlarına Etkisi

Investigation of The Usability of Granite and Basalt As Balast Raw Material In Ankara - İstanbul High Speed Railway Project and The Effect To The Abrasion Resistance81

Mikrosismik İzleme Yöntemleri *Microseismic Monitoring Methods*

Bülent Kaypak^{1*}, G. Gülsev Uyar Aldaş¹

¹*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bölümü, Ankara*

* *Sorumlu Yazar: kaypak@eng.ankara.edu.tr*

Özet

Mikrosismik izleme yöntemleri, Yer, Yapı ve Malzeme Bilimlerinde, uygulanan gerilme kuvvetleri altındaki bir ortamın deformasyon sınırlarını ve büyüklüğünü belirlemede kullanılan önemli bir araç haline gelmiştir. Günümüzde çok farklı kullanım amaç ve alanları olan bu yöntem, kullandığı bir çok analiz tekniğini sismoloji biliminden ödünç almıştır. Sismolojiden farkı, kaynak olarak deprem yerine insan kaynaklı uyarılmış sismik olayları kullanmasıdır. Bir kuvvet etkisi ile elastik dalga yayılması muhtemel her alan için bu yöntemler, süreci izlemek amacı ile kullanılabilir. Yerbilimleri olarak, petrol ve doğal gaz, jeotermal, maden ve yeraltı depolama sahalarında, Yapı ve Malzeme Bilimi olarak ise yeraltı ve yerüstü mühendislik yapıları, ulaşım araçları, depolama ortamları ile laboratuvar test malzemeleri gibi birçok alanda uygulamaları bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar açısından yöntemin uygulamadaki basitliği, ekonomik olması ve ortama dair farklı bilgiler sunması en önemli avantajlarıdır.

Anahtar Kelimeler: Mikrosismik, pasif sismik, izleme yöntemleri

Abstract

Microseismic monitoring methods have become an important tool used in determining of deformation limits and sizes of a medium under applied stresses in earth, structure and material sciences. Today, this method having many different purposes and fields of use has borrowed a number of analysis techniques from seismology. Only difference from seismology is that it uses man-made induced seismic events as source instead of earthquake. For each possible field of elastic wave propagation with effect of a force these methods may be used for monitoring the process. There are many application areas of this method both in Earth Sciences, such as petroleum and natural gas, geothermal, mining and underground storage areas, and also in Construction and Materials Sciences, such as surface and underground engineering structures, transport vehicles, storage media, and the laboratory test materials. In terms of the results obtained, simplicity in the application, to be economic, and providing different information about region are its most important advantages.

Key words: Microseismic, passive seismic, monitoring methods

1. Giriş

Sismoloji, deprem verilerini kullanarak yerkürenin derinliklerine ait önemli bilgiler veren bir bilim dalıdır. Özellikle 1900 yılından sonra aletsel sismolojinin gelişimi ile birlikte yerkürenin iç yapısına ilişkin ve özellikle depremlerin oluşum mekanizmasının anlaşılmasına yönelik birçok bilinmeyene ışık tutulmuştur. Sismoloji ile ilgili yapılan bütün çalışmalar, yöntemler ve elde edilen bulgular çoğunlukla bilimsel bir çerçevede yer almaktadır. Ancak, günümüzde yer, yapı ve malzeme bilimleri ile ilgili sektörel yelpazenin genişlemesi, sismolojik yöntemlerin ilgili sektörlerdeki problemlere çözüm aramak amacıyla de kullanılabileceğini göstermiştir. Uygulamalı sismoloji alanında kullanım alanı giderek artan bu yöntemlerden biri de “mikrosismik izleme yöntemi” dir.

Mikrosismik, jeolojik veya mühendislik yapı ve malzemeleri içerisinde, doğal veya insan kaynaklı etkilere bağlı olarak meydana gelen gerilme değişimlerinin neden olduğu kontrolsüz oluşan küçük ölçekli sismik olaylara denilmektedir. Bu olayların kısa veya uzun dönemli gözlenerek analiz edilmesini kapsayan yöntemlere ise Mikrosismik İzleme Yöntemleri adı verilmektedir. Bir küresel deprem izleme yönteminden ayrılan yönü, araştırma alanının küçüklüğü ve incelenecek sismik olayların boyutlarındaki ölçek farklılığıdır. Bu yöntemler, deprem gibi doğal tektonik nedenlere bağlı olarak oluşan sismik olaylar dışında, çoğunlukla insan kaynaklı etkilerle gerilme farklılığının yaratıldığı her türlü ortam içerisindeki küçük ölçekli kırıkların izlenmesini ve analiz edilmesini kapsamaktadır. Dolayısıyla ile bu tür yöntemlerin uygulama alanı boyutları birkaç km mertebelerinden, mm mertebelerine kadar olabilmektedir. Bu alanlar çoğunlukla jeolojik ortam veya mühendislik yapı ve malzemeleri ile ilişkili olmaktadır. Jeolojik yapıya ilişkin araştırma alanları maden, jeotermal, petrol ve doğalgaz gibi ekonomik değeri olan yeraltı kaynaklarının bulunduğu sahalar olurken, mühendislik yapı ve malzemeye ilişkin araştırma alanlarını ise baraj sahaları, çok katlı devasa yapılar, hızlı tren hatları, ulaşım amaçlı tüneller, köprüler, heyelan bölgeleri, petrol depolama tankları, boru hatları, uçak ve gemi gövdeleri ile laboratuvar ortamındaki deneysel numuneler oluşturmaktadır.

Mikrosismik İzleme Yöntemleri, günümüzde artan bir eğilim içerisinde bir çok maden, jeotermal, petrol ve doğalgaz sahalarında başarıyla uygulanmaktadır. Bu tür sahalarda gerilme farklılığından kaynaklanan mikro kırıklar tespit edilerek araştırma alanı içerisindeki deformasyon sınırları kolayca belirlenmekte ve haritalanmaktadır. Mikrosismik İzleme Yöntemleri ile ilgili ilk çalışmalar 1940 yıllara kadar gitse de, teknolojiye paralel olarak

yöntemin gelişimi ile birlikte son yıllarda daha başarılı sonuçlar alınmaktadır. Senfaute ve ark. (2000), Potvin ve Hudyma (2001), Beck ve Brady (2002), Couffin ve ark. (2003), Iannacchione ve ark. (2003), Hardy (2003), Bennani ve Homand (2004), Filimonov ve ark. (2005), Iannacchione ve ark. (2005), McKinnon (2006), Li ve ark. (2007), Kelin ve ark. (2008), Contrucci ve ark. (2009), Ge ve ark., (2009), ve Trifu ve Shumila (2010) gibi araştırmacılar mikrosismik izleme yöntemlerini madencilik alanında uygulamışlardır. Petrol ve doğal gaz sektöründe daha çok “pasif sismik yöntemler” olarak bilinen mikrosismik izleme yöntemleri, son on yıldır dünyanın farklı bölgelerinde başarıyla kullanılmaktadır. Daha çok rezervuarın jeomekanik davranışını belirlemeye yönelik bu yöntem, Maxwell ve Urbancic (2001), Sze (2005), Tan ve ark. (2006), Sarkar ve Toksöz (2008), Maxwell ve ark., (2008, 2010), Duncan ve Eisner (2010), Eisner ve ark. (2010), Reshetnikov ve ark. (2010) gibi araştırmacılar tarafından uygulanmıştır. Petrol ve doğal gaz sahalarına benzer şekilde, rezervuar özelliklerinin belirlenmesine yönelik kullanılan mikrosismik yöntemler jeotermal alanlarda da uygulanmaktadır. Gunasekera ve ark., (2003), Mossop ve Segall (2004), Baria ve ark. (2005, 2006), Chiarabba ve Moretti (2006), Majer ve ark. (2007), De Matteis ve diğ. (2008), Bollinger ve ark. (2010), Kenedi ve ark. (2010) mikrosismik izleme yöntemlerini jeotermal sahalarda uygulayan diğer araştırmacılarıdır.

2. Mikrosismik Olayların Kökeni

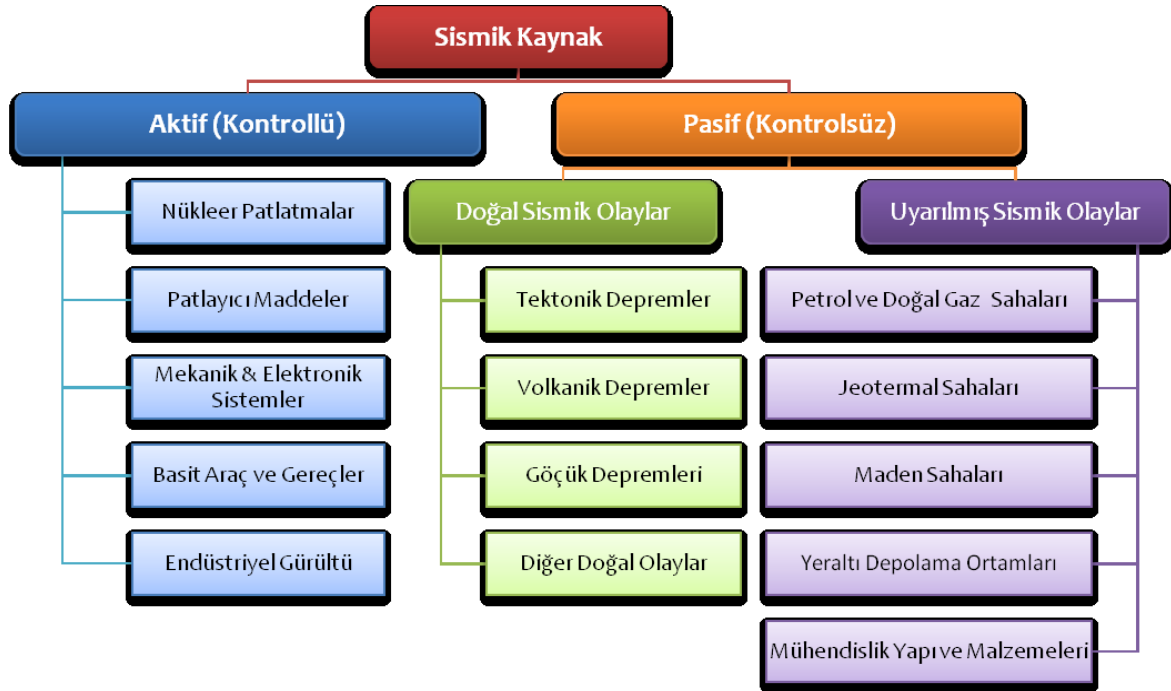
Bir çok elastik katı malzeme gerilme kuvvetleri altında deformasyona uğrarken, aynı zamanda içerisinde çatlak ve kırık sistemleri gelişir ve buna bağlı olarak da elastik (sismik) dalga yayılımı gerçekleşir. Deformasyonun ve sismik dalga yayılımının boyutu, malzeme özelliklerine bağlı olduğu kadar gerilme kuvvetlerinin büyüğüne de bire bir bağlıdır. Araştırma boyutu ve niteliklerinin farklılığı, meydana gelen bu elastik dalga yayılım olayının farklı disiplinler tarafından farklı terimlerle anılmasına yol açmıştır. Bu terimlerden bazıları şunlardır (Hardy, 2003):

- Mikrodeprem etkinliği (Microearthquake activity),
- Mikrosismik etkinlik (Microseismic activity),
- Pasif sismik etkinlik (Passive seismic activity),
- Ses yayılımı (Acoustic emission),
- Sismik ses etkinliği (Seismic-acoustic activity),
- Düşük seviyeli gürültü (Subaudible noise)

- Elastik şok (Elastic shock),
- Elastik yayılım (Elastic radiation)

Boyutları ne olursa olsun bir elastik dalga, Şekil 1'de gösterildiği gibi aktif (kontrollü) veya pasif (kontROLSÜZ) olmak üzere iki farklı sismik kaynaktan yayılabilmektedir. Aktif sismik kaynaklar genellikle yeri, zamanı ve büyüklüğü insan tarafından kontrol edilebilen kaynaklardır. Çeşitli kimyasal patlayıcılar, mekanik sistemler veya basit araçlar bu tür kaynak kapsamına girmektedir.

Pasif sismik kaynaklar ise tamamiyle kontrol dışı gelişen kaynak türleridir. Bunların yeri, zamanı ve büyüklüğü kesinlikle önceden bilinmemektedir. Pasif sismik kaynaklar, tektonik, volkanik veya yeraltı göçükleri gibi doğal etkenlere bağlı olarak meydana gelen sismik olaylar (depremler) olabileceği gibi, insan kaynaklı nedenlere bağlı olarak oluşan yarı doğal uyarılmış sismik olaylar şeklinde de gözlenebilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Sismik Olaylar

Aletsel büyüklükleri çok küçük olan ($M < 3.0$) ve mikrosismik olarak adlandırılan bu uyarılmış olaylar, mekanizmaları açısından depremlere benzerken, oluşum şekilleri açısından depremlerden ayrılmaktadır. Çünkü ortam, yapı ya da malzeme denge durumunda ve gerilme değişimi yaratacak kuvvetlerin etkisinden uzakta iken bu tür mikrosismik olaylar

oluşmayacaktır. Ancak, ne zaman ki ortam,yapı veya malzeme gerilme kuvvetlerinin etkisi ile zorlanırsa, o zaman mikrosismik etkinlik gözlenmeye başlanacaktır. Mikrosismik olayların oluşum nedenleri değişik uygulama alanları için farklı olmaktadır. Örneğin kapalı veya açık maden ocaklarında yapılan kazı çalışmaları, patlatmalar veya çalışan iş makinaları, maden sahasında gerilme farklılığı yaratarak mikrosismik etkinliğe yol açabilmektedir. Buna karşın petrol ve doğal gaz sahalarında ise hidrolik yolla çatlak oluşturma, sıvı enjeksiyonu veya akışkan çekimi gibi rezervuara ilişkin uygulamalar, mikrosismik olaylara neden olmaktadır. Benzer şekilde jeotermal sahalarda da yine rezervuara yönelik akışkan hareketleri (enjeksiyon ve reenjeksiyon) küçük ölçekli sismik etkinliğe yol açmaktadır. Bu olayların sayısı, büyüklüğü, zamansal ve uzamsal dağılımı, üretimle doğrudan ilişkili olan rezervuar kayaçlarının tepkisinin bir ölçüsüdür.

3. Mikrosismik İzleme Yöntemlerin Uygulama Alanları

Bugüne kadar yapılan çalışmalar, uygulama alanlarına göre mikrosismik izleme yöntemlerinin iki ana sınıfa ayrılabilceğini göstermiştir (Şekil 2). Bunlar; jeolojik alanlar ve mühendislik yapı veya malzemelerini kapsayan alanlardır. Şekil 2’de gösterildiği gibi bu iki uygulama alanı da kendi içerisinde iki alt gruba ayrılmaktadır. Jeolojik alanlar, doğal ve yarı-doğal olarak; mühendislik yapı ve malzeme alanları, ise yapı ve labortavuar ortamı olarak sınıflandırılabilir. Herbir ortam için yapılan mikrosismik gözlem çalışmalarının amaçları ve uygulama şekilleri birbirinden farklıdır.

Doğal jeolojik alanlarda yapılan mikrosismik izleme yöntemleri daha çok tektonik hareketlere ve volkanik etkilere bağlı oluşan mikrodepremlerin gözlenmesi amaçlıdır. Bölgenin yerel depremselliğini, fay karakterini veya volkanik etkinliği belirlemeye yöneliktir. Doğal ortam içerisinde bulunan ve ekonomik değeri olan yeraltı kaynaklarının insan müdahalesi ile çıkartıldığı ve bu etkiyle mikrosismik olayların meydana geldiği sahalar ise yarı-doğal jeolojik alanlar olarak adlandırılır. Petrol ve doğalgaz sahaları, kapalı ya da açık maden ocakları, jeotermal sahalar, yeraltı depolama ortamları bu tür alanlara örnek olarak verilebilir. Bu tür sahalarda mikrosismik izleme yöntemlerinin uygulanmasındaki temel amaç, yeraltı kaynaklarının verimliliğini arttırmak ve karşılaşılması olası riskleri belirleyerek önlem almaya yönelik çalışmalar yapmaktır. Barajlar, köprüler, tüneller, şevler, ağır sanayi işletmeleri, rüzgar santralleri, demiryolu hatları, petrol/gaz depoları, uçak ve gemi gövdeleri, boru hatları gibi mühendislik yapıları ise mikrosismik izleme yöntemlerinin uygulandığı diğer alanlardır. Bu tür alanlarda yöntemin uygulama amacı ise hem yapının yakın çevresinde hem de kendi

içerisinde yaratmış olduğu mikro ölçekli çatlak ve kırık sistemlerinin belirlenmesidir. Laboratuvar ortamları, mirosismik izleme (ses yayılımı) yöntemlerinin uygulandığı en küçük alanlardır. Bir deneysel yapı malzemesinin gerilme kuvvetleri altında dayanıklılığını test etmek amacı ile bu tür izleme yöntemleri kullanılmaktadır.



Şekil 2. Mikrosismik izleme yöntemlerinin uygulama alanları

4. Mikrosismik İzleme Yöntemlerinde Kullanılan Ekipman

Bu yöntemler bir tür dinleme ve izleme yöntemi olduğundan herhangi bir enerji kaynağına ihtiyaç duymaz. Elastik dalgayı yaratan kaynak, doğal olarak veya uyarılarak kendiliğinden yer, yapı veya malzeme içerisinde oluşmaktadır. Geriye kalan, ortam içerisinde oluşan mikrosismik olayları algılamak ve kaydetmektir. Mikrosismik çalışmalarda uygun sensör ve kayıtçıların kullanılması sağlıklı ve doğru bir izleme yapmak için önemlidir. Uygulama alanlarına göre algılayıcıların teknik özellikleri, boyutları ve sayıları değişkenlik gösterebilir. Sensör seçiminde göz önünde tutulması gereken en önemli nokta, sensör frekans aralığının hedef sinyal frekansına uyumluluğu ve sensörlerin tepki frekans özellikleridir.

Mikrosismik izleme yöntemlerinde incelenen sinyallerin frekans aralığı 0.1 Hz'den 500 KHz'e kadar değişkenlik göstermektedir. Bu sinyallerin frekansı özellikleri, kaynak biçimi ve kaynak alıcı arası uzaklığa göre değişkenlik göstermektedir.

Genellikle jeolojik alanlarda yapılan mikrosismik izleme çalışmalarında frekans aralığı 0.1 –

500 Hz olan sensörler kullanılmaktadır. Bunların üç-bileşenli ve yüksek duyarlılıkta olması veri kalitesi ve çeşitliliği açısından önemlidir. Bu sensörler tüm alanı kapsayacak şekilde yüzeye, kuyu içine ve/veya maden galerilerine yerleştirilmektedir. Tüm sistem kısa veya uzun dönemli çalışacak şekilde ve istenirse gerçek-zamanlı veri aktarımı yapabilecek şekilde kurulmaktadır. Sensörler isteğe bağlı olarak merkezi kayıtçı birimi ile kablolu veya kablosuz iletişim kurabilecek şekilde yerleştirilebilir.

Mühendislik yapı ve malzemelerinin mikrosismik özelliklerinin araştırılmasında ise daha yüksek frekanslı sensörler kullanılmaktadır. Frekans bandının üst sınırı 1 MHz kadar çıkabilmektedir. Burada sensör seçimi incelenecek hasar tipine ve uygulama şekline bağlıdır. Aynı şekilde sensör sayısı da yine uygulama şekline ve inceleme alanının genişliğine göre değişmektedir.

5. Mikrosismik İzleme Yöntemlerinde Analizler

Herhangi bir araştırma alanında (maden sahaları, petrol, doğal gaz, jeotermal alanları, mühendislik yapı veya malzemeleri gibi) mikrosismik olayların analizi ile son derece önemli bilgilere ulaşılmaktadır. Örneğin mikrosismik olayların uzamsal ortamdaki dağılımı, konumlarının zamana bağlı olarak değişimi, büyüklük ve sıklık ilişkisi (Gutenberg-Richter ilişkisi), bu olaylara ait odak mekanizması çözümlerinden etkin gerilme ve basıç yönlerinin tayini, araştırma alanı ve yakın çevresinin 3-B tomografik sismik hız yapısı ve buna bağlı olarak kayaçların litolojik ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, yapı ve malzeme içerisindeki zayıflık zonlarının tespiti vb. gibi bulgular ortaya konulmaktadır. Bu tür bilgilerin anlık gözlemleri ve parametrik değişimlerin tespiti olası risklere karşı önlemlerin alınmasında son derece önemli olmaktadır.

Bu tür çalışmaların ilk aşamasını veri toplama işlemleri oluşturur. Sensörlerden gelen verinin belirli bir düzen içerisinde anlık (gerçek zamanlı) olarak kaydedilmesi gerekmektedir. İstasyonlardan anlık olarak gelen veriler çoğunlukla otomatik analiz edilse de bu verinin uzman kişilerce gözden geçirilmesi her zaman önemlidir. Ancak, zaman zaman istasyonların bulunduğu ortam koşulları nedeni ile kaydedilen veri hayli gürültülü bir durumda olabilir. İçerisinde bir mikrosismik olay olduğu düşünülen kayıt uygun bir süzgeç operatörü ile süzgeçlenerek, sinyalin baskın duruma getirilmesi gerekir.

Mikrosismik yöntemlerin ikinci aşamasını ise analiz çalışmaları oluşturmaktadır. Bu

çalışmalarda mikrosismik olaylara ait şu tür analizler yapılabilmektedir:

- a) *Konum belirleme:* Mikrosismik izleme yöntemlerinin ilk analiz adımını, inceleme alanı içerisinde oluşan mikrosismik olaylarının konumlarının belirlenmesi oluşturmaktadır. Uygun algoritmalar yardımı ile hesaplanan koordinatlar, ortam içerisindeki gerilme değişimlerinin meydana geldiği bölgeleri vermektedir. Böylece, zayıflık zonlarını işaret eden çatlak-kırık sistemleri belirlenebilmektedir.
- b) *Büyüklik hesaplama:* Her bir sismik olayın Richter ölçeğine göre büyüklüğünün hesaplanmasıdır. Büyüklik, ortam içerisindeki enerji boşalımının da bir göstergesidir. Risk belirleme de kullanılacak olan önemli parametrelerden biridir. Genellikle mikrosismik olayların büyüklükleri $-3 < M < 3$ arasında yer alır.
- c) *Odak mekanizması çözümleri:* Bu analiz çalışması, depremlere ait odak mekanizması (fay düzlemi) çözümlerinde kullanılan yöntemlerle yapılmaktadır. Böylece, mikrosismik olayın meydana geldiği kırık-çatlak sistemin kaynak parametreleri hesaplanarak çatlak-kırık sisteminin doğrultusu, eğimi, eğim açısı ve faylanma türü belirlenebilmektedir. Basınç (P) ve çekme (T) eksenlerinin doğrultuları kolayca tespit edilebilmektedir.
- d) *Anizotropi ve S-dalgası ayrışması:* Ortam içerisindeki heterojenlikten kaynaklanan elastik dalga yayılımındaki farklılıkların belirlenmesine yönelik analiz türüdür. Bu analiz yönteminde de etkin faktörler ortam içerisindeki çatlak-kırık sistemlerinin doğrultuları, sıklık dereceleri ve açıklık miktarlarıdır. Bu faktörler, ayrıca, S- dalgasının bileşenlerine ayrılmasına neden olarak önemli bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır.
- e) *Olasılık ve risk hesapları:* Sismolojide olduğu gibi, araştırma alanındaki mikrosismik olayların sayısı ve büyüklükleri gözününe alınarak Gutenberg-Richter bağıntısına göre bölge veya ortam için risk belirleme çalışmaları yapılabilmektedir. Ayrıca magnitüd-frekans ilişkisinden ortama ait, bir sismisite parametresi olan, b- değeri hesaplanabilecektir.
- f) *Gerilme analizi:* Çok sayıda fay düzlemi parametresinin kullanımı ile ortam içerisindeki etkin gerilme yönleri, yapılacak olan gerilme analizi ile belirlenebilecektir. Bu bilgi özellikle yarı-doğal jeolojik alanlarda yapılan mikrosismik izleme yöntemleri için oldukça önemlidir.
- g) *Tomografik görüntüleme:* Çok sayıda alıcının (>6) kullanıldığı ortamlar için uygulanabilen bir analiz türüdür. Böylece, ortam içerisine ait sismik hızlar 3-B olarak tespit edilebilecek ve ortamın yapısal ve mekanik özellikleri belirlenebilecektir.

6. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, tüm dünyada kullanımı giderek yaygılaşan mikrosismik izleme yöntemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Bu yöntemlerin kullandığı kaynak türünün kökeninden yöntemde kullanılan analizlere kadar her aşama bir özet halinde anlatılmıştır. Mikrosismik yöntemler, sismoloji biliminin uygulamalı kısmında yer alan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda birçok alanda kullanım yeri bulmuş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle doğal ortamlardan laboratuvar ortamına kadar ekonomik öneme sahip mühendislik çalışmalarında, kritik bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Gerilme değişimlerine bağlı olarak yer, yapı ve malzeme içerisindeki kırık yapılarının gelişimini zaman süreci içerisinde gözleyerek, üretim, risk, dayanıklılık gibi parametreler açısından değerlendirmek, mikrosismik yöntemlerin en büyük avantajıdır. Bu yöntemlerin tüm dünyada artan bir oranda farklı alanlarda kullanılması, yöntemin sürekli olarak gelişimine yol açmaktadır. Her geçen gün yeni analiz yöntemlerinin eklenmesi farklı bilinmeyenlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Ayrıca, bu tür yöntemler geliştikçe, deprem oluşum mekanizmasının anlaşılmasına ve önceden kestirilmesine yönelik yeni bulguların ortaya çıkarılacağı da açıktır.

Kaynaklar

Baria, R., Majer, E., Fehler, M., Toksoz, N., Bromley, C., Teza, D., 2006. International cooperation to address induced seismicity in geothermal systems. In: Proceedings of the 31st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, CA, USA, 3 pp.

Baria, R., Michelet, S., Baumgärtner, J., Dyer, B., Nicholls, J., Hettkamp, T., Teza, D., Soma, N., Asanuma, H., Garnish, J., Megel, T., 2005. Creation and mapping of 5000 m deep HDR/HFR reservoir to produce electricity. In: Proceedings of the World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, Paper 1627, 8 pp.

Beck, D., and Brady, B., 2002. Evaluation and application of controlling parameters for seismic

Bennani, M. and Homand, F., 2004. Coverage formations at the level of areas in which there is a sudden collapse hazard, Geoderis R2004/002.

Bollinger, L., Nicolas M. and Marin, S., 2010. Hydrological triggering of the seismicity around a salt diapir in Castellane, France, Earth Planet. Sci. Lett., doi:10.1016/j.epsl.2009.11.051, 290, 20-29.

Chiarabba, C. and Moretti, M., 2006. An insight into the unrest phenomena at the Campi Flegrei caldera from Vp and Vp/Vs tomography, Terra Nova, 18, 6, 373-379.

Contrucci, I., Klein, E., Bigarre, P., Lizeur, A., Lomax, A., and Bennani, M., 2009, Management of Post-mining Large-scale Ground Failures: Blast Swarms Field Experiment for Calibration of Permanent Microseismic Early-warning Systems, *Pure Appl. Geophys.*, 167, 43-62, doi:10.1007/s00024-009-0005-4

Couffin, S., Bigarre, P., Bennani, M., Josien, J. P., 2003. Permanent Real Time Microseismic Monitoring of Abandoned Mines for Public Safety. *Fields Measurements in Geomechanics* (ed. Myrvoll), (Sweets & Zeitlinger, Lisse 2003) pp. 437–444.

De Matteis, R., Vanorio, T., Zollo, A., Ciuffi, S., Fiordelisi, A., and Spinelli, E., 2008. Three-dimensional tomography and rock properties of the Larderello-Travale geothermal area, Italy, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 168, 37-48.

Duncan, P. and Eisner, L., 2010. Reservoir characterization using surface microseismic monitoring.

Eisner, L., Hulsey, B. J., Duncan, P., Jurick, D., Werner, H., and Keller, W., 2010. Comparison of surface and borehole locations of induced microseismicity. *Geophysical Prospecting*, doi: 10.1111/j.1365-2478.2010.00867.x

events in hard-rock mines. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 39, 633–642.

Filimonov, Y., Lavrov, A., and Shkuratnik, V., 2005. Technical Note: Effect of Confining Stress

Ge M., Mrugala, M. and Iannacchione, A.T., 2009. Microseismic Monitoring at a Limestone Mine. *Geotech. Geol. Eng.*, 27, 325–339, doi:10.1007/s10706-008-9234-z. *Geophysics*, 75, No. 5, pp. 75A139–75A146; doi:10.1190/1.3467760.

Gunasekera, R. C., Foulger, G. R., and Julian, B. R., 2003. Reservoir depletion at the Geysers geothermal area, California, shown by four-dimensional seismic tomography, *Journal of Geophysical Research*, 108 (B3), 2134, doi:10.1029/2001JB000638.

Hardy, H. R., 2003. Principles, Techniques, and Geotechnical Applications, vol. 1 ,in: Taylor, Francis, Editors , *Acoustic emission/ microseismic activity*, A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands.

Iannacchione A. T., Marshall, T. E., Burke, L., Melville, R., and Litsenberger, J., 2003. Safer mine layouts for underground stone mines subjected to excessive levels of horizontal stress. *Min. Eng. (April)*, 25–31.

Iannacchione, A., Esterhuizen, G., Bajpayee, T., Swanson, P., and Chapman, M., 2005. Characteristics of mining-induced seismicity associated with roof falls and roof caving events. 40th U.S. Rock Mechanics Symposium, Anchorage, AK, American Rock Mechanics Association.

Kenedi, C. Shalev, E., Lucas, A., and Malin, P., 2010. Microseismicity and 3-D Mapping of an Active Geothermal Field, Kilauea Lower East Rift Zone, Puna, Hawaii. World Geothermal Council 2010, Bali, 25-30 April.

Klein, E., Nadim, C., Bigarre, P., and Dunner, C., 2008. Global monitoring strategy applied to ground failure hazards (10th Int. Symposium on Landslides & Engineering Slopes - Xi'an, China.

Li, T., Cai, M.F., and Cai, M., 2007. A review of mining-induced seismicity in China, *Internat. J. Rock Mech. Mining Sci.* 44 (8), 1149–1171.

Majer, E. L., Baria, R., Stark, M., Oates, S., Boomer, J., Smith, B., and Asanuma, H., 2007. Induced seismicity associated with Enhanced Geothermal Systems. *Geothermics*, 36, 185-222.

Maxwell S., Rutledge, J., Jones, R., and Fehler, M., 2010. Petroleum Reservoir Characterization Using Downhole Microseismic Monitoring. *Geophysics*, 75 , No. 5, 75A129-75A137; doi:10.1190/1.3477966.

Maxwell, S. C., and Urbancic, T. I., 2001. The role of passive microseismic monitoring in the instrumented oil field: *The Leading Edge*, 20, 636-639.

Maxwell, S. C., Du, J., Shemeta, J., Zimmer, U., Boroumand, N., and Griffin, L., 2008. Passive seismic and surface deformation monitoring of steam injection. *First Break*, Vol 26, pp 53-59.

McKinnon, S. D., 2006. Triggering of Seismicity Remote from Active Mining Excavations, *Rock Mech. Rock Engng.* 39 (3), 255–279, doi:10.1007/s00603-005-0072-5.

Mossop A.P., and Segall, P., 2004. Induced seismicity in geothermal fields II – Correlation and interpretation at The Geysers. Submitted to *J. Geophys Res* July 2000.
on Acoustic Emission in Ductile Rock. *Strain*, 41: 33-35.

Potvin, Y., and Hudyma, M., 2001. Seismic monitoring in highly mechanized hardrock mines in Canada and Australia. In: Van Aswegen, G., Ortlepp, D., Durrheim R. (eds), *The Fifth International Symposium on Rockburst and Seismicity in Mines*, South African Institute of Mining and Metallurgy, 267–280.

Reshetnikov A., Kummerow J., Buske S., and Shapiro, S.A., 2010. Microseismic imaging from a single geophone: KTB. *SEG Expanded Abstracts* 29, 2070, doi:10.1190/1.3513252.

Sarkar, S. and Toksöz, N., 2008. Location of and Monitoring with Induced Earthquakes in Oil and Gas Fields. 70th EAGE Conference & Exhibition, Rome, Italy.

Senfaute, G., Abdul-Wahed, M. K., Piguet, J. P., and Josien, J. P., 2000. Qualification

of the microseismic monitoring technique applied to the risk of collapse or iron mines (Eurock 2000, Aachen 2000). pp. 597–602.

Sze, E. K-M., 2005. Induced seismicity analysis for reservoir characterization at a petroleum field in Oman, Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.

Tan, J. F., Bland, H. C., and Stewart, R. R., 2006. Passive seismic reservoir monitoring techniques applied to heavy oil production: CREWES Research Report, 18, University of Calgary.

Trifu, C-I., and Shumila, V., 2010. Microseismic Monitoring of a Controlled Collapse in Field II at Ocnele Mari, Romania, Pure and Applied Geophysics, 167, 1-2, pp. 27-42, doi:10.1007/s00024-009-0013-4.

Şehirsal Bölgelerde Yapılan Dik Temel Kazılarının Duraylılığının İncelenmesi

Investigation About Durability of Steep Excavated Foundation in Urban Places

Eren Kömürlü^{1*}, Samet Toptaş²

¹ Araştırma Görevlisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon

² Maden Mühendisi, Ordu

* Sorumlu Yazar: ekomurlu@ktu.edu.tr

Özet

Çalışma kapsamında, temel kazısı yapılan dik toprak örtü tabakalarının duraylılığı incelenmiştir. İki adet temel çukuru çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu alanlardan biri, iki tarafından otoyol geçen, diğer iki tarafında apartman bulunan ve bu apartmanlardan birinin temel hizasından dik bir şekilde kazılmış olan tahkimatsız bir temel çukurudur. Otoyoldan, trafikten ve bina temellerinden aktarılan gerilmelerin duraylılığı nasıl etkilediği incelenmiştir. Dik örtü tabakasının 4 metreyi bulduğu bu temel çukuruna tahkimat kurulmadığı takdirde otoyolun ağır vasıtalara kapatılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Binanın altındaki zeminin mekanik parametrelerinin konsolidasyon sonucu ne derecede iyileşmiş olduğu irdelenmiştir. İncelenen diğer bir alan ise KTÜ Hukuk Fakültesi binası inşaatı için gerçekleştirilmiş bir temel kazı alanıdır. Örtü tabaka kalınlığı yer yer değişiklikler gösteren bu dik kazılmış toprak tabakasının çevresel etkilere karşı hassas olduğu belirtilmiş ve duraylılığını koruyabileceği durumlar ortaya konmuştur. Ülkemizde yaşanan, şehirsal bölgelerdeki temel kazıları sonucu gerekli önlem ve tedbirlerin alınmamasından kaynaklı meydana gelen çeşitli kazalara değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Temel çukuru, yüzey yükleri, zeminde gerilme dağılımları, yanıl gerilmeler, çatlama yüksekliği, konsolidasyon.

Abstract

In this work, steep excavated foundation soil layers durability is investigated in urban areas. There are two case study areas. First is a foundation cave that is between two motorway and there are two building near other two sides. And, one building has tangential foundation with one side of vertical excavated soil. Motorways'es and building's affects on the stability of steep soil is investigated. And,traffic must be locked to heavy weight vehicles, because there is an important risk for soil layer that has 4 meters heights without support. Stress distribution that is caused by a truck is examined in detail. Building cause to consolidation and soil's mechanical parameters get better under building. An other study area is a steep soil layer behind the KTU law faculty building. Soil layer's height are very changeable and this layer is very sensitive to environmental effects. There are some local instable parts of layer, described about how to remain the stability of layer. Some examples are given about stability problems for foundation excavations that are done in Turkey urban places.

Key words: Foundation cave, surcharges, stress distribution in soil, lateral stresses, breaking height, consolidation, soil mechanics.

1. Giriş

Genel olarak zeminin kayması belli bir kayma düzlemi üzerine etkiyen normal ve kayma gerilmelerinin ortaklaşa etkisi sonucu gözlemlenmektedir. Zemin kaymasının meydana gelmesi için, olası bir kayma düzlemine etkiyen normal gerilme altında kayma direncinin aşılması gerekmektedir. Zeminin kayma mukavemeti ise duraysızlığa meydan vermeden karşı koyabileceği en büyük kayma gerilmesi olarak tanımlanabilir (Yılmaz, 2006). Yüzey yüklemeleri ve/veya zeminin kendi ağırlığı dolayısı ile basma gerilmelerinin etkimesi sonucu zemin içerisinde kesme gerilmeleri oluşur ve kayma mukavemetinin aşıldığı bir açıya sahip düzlem üzerinde kaymanın başlaması sonucu duraysızlık yaşanır. Duraysızlığa karşı koyan kuvvetleri yani kayma mukavemetini belirleyen zeminin mekanik parametreleridir (kohezyon ve içsel sürtünme açısı). Kohezyon herhangi bir normal gerilmenin etkilediği durumda zeminin kayma direnci olarak nitelendirilebilir. Zeminin fiziksel özelliği bu parametreyi etkiler. Kohezyon, zeminin kayma direncini belirlediği gibi kayma tipini de belirleyen bir faktördür. Toprağın fiziksel özelliklerine ve dolayısı ile kohezyona bağlı olarak düzlemsel veya dairesel kayma gözlemlenir. Genellikle kil, silt tane boyutlarındaki, kohezyonlu zeminlerde dairesel kayma gözlemlenirken kohezyonu çok düşük veya kohezyonsuz olarak kabul edilebilecek olan kum ve daha iri tanelerin ağırlıklı olduğu zeminlerde düzlemsel kayma gerçekleşir (Pehlivan, 2008). Silt ve killerde tane yapısı ve taneleri çevreleyen elektriksel negatif yüke su moleküllerinin tutunması ve taneler arasında bir ara yüzey oluşturarak taneleri birbirine yapıştırması sebebiyle ortaya çıkan ilave bir kayma direnci parametresi vardır (Çinicioğlu, 2005). Plastisiteye bağlı olarak silt ve killerde belirli bir su muhtevasına kadar su içeriğinin artışı kohezyon değerinde artışa neden olsa da belirli bir orandan sonra su muhtevastaki artış kohezyon değerlerini azaltmaktadır (Fredlund, 1996). Silt ve kil gibi kohezyonlu zeminlerde belirli bir seviyede kayma mukavemeti kohezyon sebebiyle bulunmaktadır (Hoek, 2002).

İçsel sürtünme açısı arttıkça toprağın kayma gerilmelerine karşı dayanıklılık yeteneği artar. İçsel sürtünme açısı toprağı oluşturan tanelerin aralarındaki kenetlenme sonucu oluşur. Malzeme ne kadar sıkı ise o kadar iyi kenetlenmiş olur ve içsel sürtünme açısı yükselir. Malzeme gevşer ise taneler arasındaki kenetlenme azalır ve içsel sürtünme açısı düşer. Toprağın stabilite analizini yapmak için kullanılan Mohr-Coloumb yenilme zarfınının iki temel parametresi vardır. Bunlar kohezyon ve içsel sürtünme açısıdır. Bu iki parametre bilindiği takdirde malzemenin duraylılık zarfi oluşturulabilir. İçsel sürtünme açısı artışı, normal gerilme değeri karşısında malzemenin ne kadar kayma dayanımı artışı yaşayacağını

ortaya koyar. İyi kenetlenmiş nispeten boşluk oranı az zeminlerde normal gerilme artışı kayma dayanımı açısından daha büyük direnç sağlayacaktır (Özdeğer ve Kurtay, 2006).

Malzemenin tane boyu dağılımı boşluk oranını belirleyen bir faktör olup iyi derecelenmiş bir zeminde boşluk oranı azalacağı için mekanik parametreler iyileşir. Bina temelleri altındaki toprağın konsolidasyona uğraması sonucu boşluk oranında azalma yaşanır ve bu durum mekanik parametrelerde iyileşmeye neden olur (Uzuner, 2011).

Şehirsel bölgelerde yer yüzeyinde bulunan yapılar ve toplu kullanım alanları dolayısı ile temel kazıları çoğu zaman dik veya dike yakın açılarla kazılmaktadır. Bu durumda, bina temellerinden aktarılan gerilmelerden, otoyollardan, trafikten, insanların günlük yaşantıları sonucu zemine etkiyen gerilmelerden dolayı şehirsel bölgelerdeki temel çukurlarının duraylılığı olumsuz yönde etkilenir. Temel kazısı yapılan toprak tabakasının kalınlığı son derece kritiktir. Herhangi istenmeyen olayla karşılaşmamak için, zeminin içsel sürtünme açısı ve kohezyon değeri gibi parametreleri elde edilerek, zeminin çatlama yüksekliği tespit edilmelidir. Bu değerden daha fazla veya yakın derinliklerde kazı yapmaktan kaçınılmalıdır. Yüzey yüklemeleri sonucu müsaade edilebilir kazılmış örtü tabakası yüksekliği azalmaktadır. Yüzey yüklemeleri çeşitlerine bağlı olarak gerilmeler zeminde farklı iletilir. Bina temellerinden aktarılan yükün, otoyolların ağırlığından kaynaklı şeritsel yükün, otoyolda ilerleyen araçların tekerlerinden aktarılan çizgisel yükün zeminde gerilme dağılımları üzerindeki etkileri farklı bağıntılara göre hesaplanmaktadır (Uzuner, 2007).

KTÜ hukuk fakültesi arkasındaki dik kazılmış toprak tabakasının üstünde bir yerleşim yoktur bu anlamda duraysızlığı etkileyen ana unsur zeminin kendi ağırlığı ve çeşitli doğal çevresel faktörlerdir (yağmur, yer altı suları, rüzgar, sıcaklık, ...). Bu bölgede toprak örtü tabakası kalınlığı yer yer büyük değişiklik göstermektedir. En yüksek örtü tabakasına sahip olan 5 metre genişliğinde bir kısımda çatlama yüksekliğinin aşılması veya bu değere yakın değerlerde bir kalınlığa sahip toprak örtüsünün doğal etkilere direnç sağlayamamasından dolayı küçük çapta duraysızlık yaşanmıştır. Zamana bağlı olarak yağmur, yeraltı suları, rüzgar, sıcaklık, gürültü, yaşamsal faaliyetlerden kaynaklanan titreşimler gibi çeşitli etkenler tahkimatsız toprağın gevşemesine sebebiyet vermesi suretiyle mekanik parametre değerlerinde düşüş yaşatabilecektir.

Trabzon Pelitli mevkiinde dik temel çukuru kazısının yapıldığı bölgedeki toprak yüksekliği 3,5-4 metre dolaylarında değişmektedir. Toprak tabakasının altında kaya tabakası bulunmaktadır. Bölgenin yanında bulunan yoldan gelen ve trafik akışının neden olmuş olduğu yüklemelerin zemin üzerindeki etkileri ve duraysızlık riskleri bulunmaktadır. Bu bölgede kazının hemen yanında bulunan binanın neden olduğu gerilmelerin duraylılık üzerinde etkileri incelenmiştir. Bina zeminde konsolidasyona neden olmuştur. Konsolide olmuş olan zeminin mekanik parametreleri zamana bağlı olarak iyileşeceğinden dolayı bina altındaki toprak malzemenin dayanımı artmıştır (Erşan ve Yıldırım, 2008).

Zeminlerde çevresel ve doğal etkenlerden kaynaklı duraysızlık problemleri incelenirken civardaki yapıların yanı sıra bölgenin depremselliği, yeraltı su hareketi gibi faktörler de göz önünde bulundurularak güvenlik faktörü hesaba katılmalıdır (Ural, 2011).

2. Uygulama Alanlarındaki Duraylılığın İncelenmesi Ve Deneysel Çalışmalar

2.1 Yüzey Yükü Olmayan Dik Kazılmış Toprak Katmanının Çatlama Yüksekliğinin Belirlenmesi

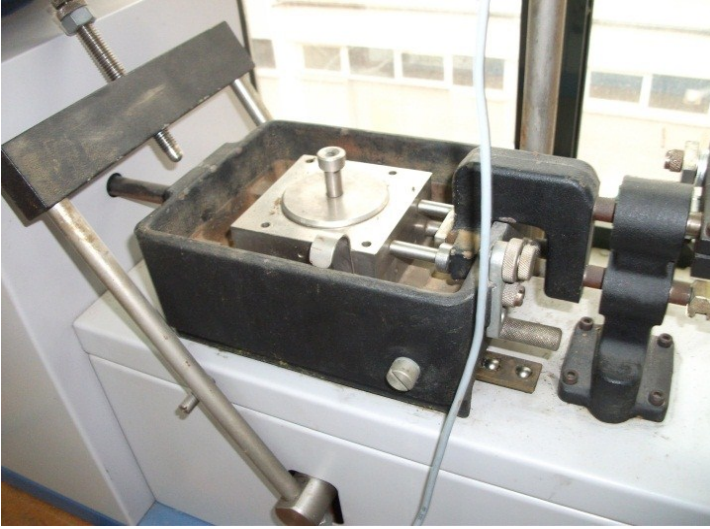
KTÜ hukuk fakültesi binasının arkasında bulunan dik kazılmış alandaki zeminin mekanik parametrelerinin belirlenmesi için kesme kutusu deneyi yapılmıştır. Deneyden elde edilen veriler tablo 1’de paylaşılmıştır. Kesme kutusu deneyi ile ilgili resimler şekil 1, şekil 2 ve şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 1. Kesme kutusuna yerleştirilmiş numune



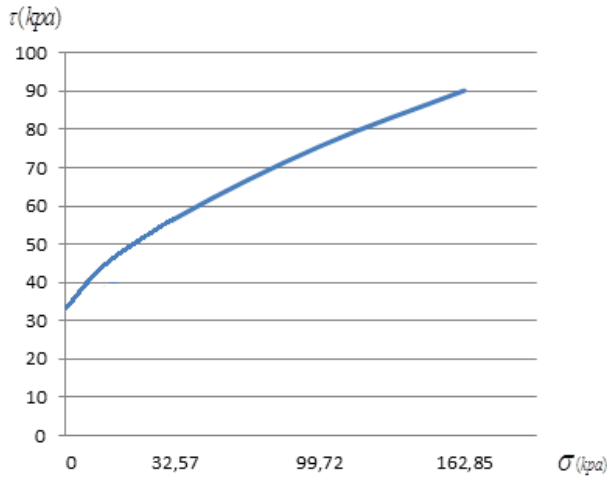
Şekil 2. Kesme kutusunda kırılmış numune



Şekil 3. Kesme kutusu

Def. (mm)	τ (kPa)	τ (kPa)	τ (kPa)	τ (kPa)	Def. (mm)	τ (kPa)	τ (kPa)	τ (kPa)	τ (kPa)
0,3	5,2	8,1	11	12,9	5,4	31,2	47,2	67,3	75,6
0,6	8,3	13,2	20	21,0	6,0	32,4	49,3	69,2	78,4
1,2	11,4	23,3	32	36,8	6,8	32,1	52,1	70,8	82,3
1,8	14,6	27,4	43	45,2	7,6	30,6	54,0	73,4	85,7
2,4	17,5	35,8	56	58,1	8,4	28,5	56,2	75,3	87,5
3,0	22,1	38,7	56	62,4	9,2	26,2	53,1	74,1	89,2
3,6	25,0	41,2	63,3	65,1	10	24,0	51,7	71,3	87,8
4,2	27,2	42,7	64,9	68,0	11	23,8	50,2	69,5	84,9
4,8	28,9	44,6	66,6	71,2	τ_{pik} (kPa)	32,6	56,7	75,6	90,2

Tablo 1. Zemin numunesine ait deformasyon- kesme gerilmesi değerleri



Şekil 4. Zeminin duraylılık sınırındaki normal gerilme-kesme gerilme grafiği

Zeminin pik kohezyon ve içsel sürtünme açısı sırasıyla 39,25 kPa ve 16,5° değerlerindedir.



Şekil 5. KTÜ Hukuk Fakültesi arkasındaki toprak tabakasının görünümü.

Zeminin kendi ağırlığı dolayısı ile duraysızlık yaşayacağı çatlama yüksekliğinin belirlenmesi için doğal birim hacim ağırlık deneyleri yapılmış ve 19,129 kN/m³ değeri bulunmuştur. Zeminin ağırlık parametresi olan birim hacim ağırlık değeri ve dayanımı belirleyen parametreler (içsel sürtünme açısı ve kohezyon) kullanılarak Mohr-yenilme zarfına göre zeminin yenilmeden durabileceği maksimum yüksekliği (h) Eşitlik 1’de gösterilmiştir (Uzuner, 2007).

$$h = \frac{2c \sqrt{1 + \sin \phi}}{\gamma \sqrt{1 - \sin \phi}} \quad (1)$$

$$\gamma = 19,129 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 16,5^\circ$$

$$c = 39,25 \text{ kPa}$$

Bu değerlere göre zeminin çatlama yüksekliği 5,46 metre olarak bulunmaktadır.

Dik kazılmış toprak örtü tabakası şekil 5’te görülmektedir. Toprak kalınlığının belli bir yükseklikten fazla olması risk oluşturmaktadır. Toprak tabakası kalınlığının 6 metre dolaylarında olduğu kısımda şekil 5’de görüldüğü gibi kaymalar gözlemlenmiştir. İncelenen kazı alanı altında herhangi bir duraysızlık nedeni ile zarar yaşanmaması için hukuk fakültesi binası arkasındaki alan insanların kullanıma yakın bir süre önce kapatılmıştır. Yaşanan ufak çaplı kaymalar zeminde gevşemeye yol açmış ve çevresel etkilere karşı direnç azalmıştır. Kayma olan yer örtü tabakasının en yüksek olduğu ve çatlama yüksekliğinin aşıldığı

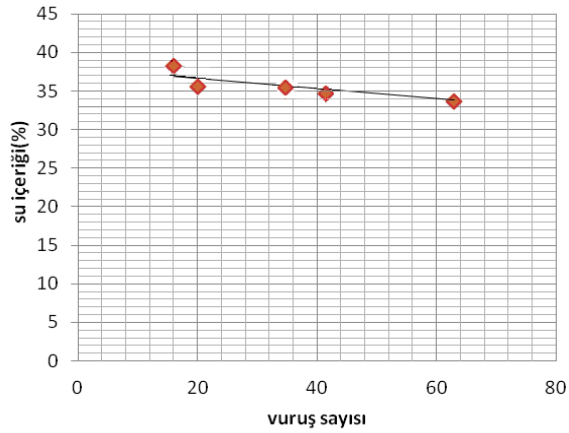
öngörülen kısımlardadır. Toprağın çevresel etkilere karşı olan direncini tartışmak amaçlı zeminin fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Bu anlamda bölgenin çok yağış alan bir bölge olmasından dolayı zeminin su muhtevası değişimi ile nasıl davranış göstereceğini incelemek için kıvam limitleri testleri yapılmıştır.

Zemin numunelerine uygulanan likit limit testlerinden elde edilen su muhtevası-vuruş sayısı değerleri Tablo 2’de verilmiştir:

Vuruş Sayısı	Su muhtevası (%)
63	33,60
42	34,57
35	35,09
20	35,63
16	38,16

Tablo 2. Zemin numunesinin vuruş sayısına göre % su içeriği değerleri.

Tablo 2’deki değerler kullanılarak oluşturulan şekil 6’daki dağılım grafiği çizilmiştir. Grafik kullanarak 25 vuruştaki su içeriğine tekabül eden likit limit değeri % 35,40 olarak bulunmuştur.



Şekil 6. Su içeriği - vuruş sayısı grafiği

Uzunluğu 8 santimetreyi geçmeyen ve 3 mm çapında çatlamaya başlayan, incelenen toprak malzemesi ile hazırlanan çubuk numunelere ait plastik limit deney verileri Tablo 3’te verilmiştir.

Yaş ağırlık	Kuru ağırlık	Su ağırlığı	Su muhtevası
3,23 gr.	2,58 gr.	0,65 gr.	% 25,19

Tablo 3. Plastik limit deney verileri

Bu değerlere göre zemin numunesinin plastik limit değeri %25,19 olarak tespit edilmiştir. Eşitlik 2’de plastisite indisini veren bağıntı verilmiştir (Ertan ve Ülkü, 1978)

$$PI = LL - PL \quad (2)$$

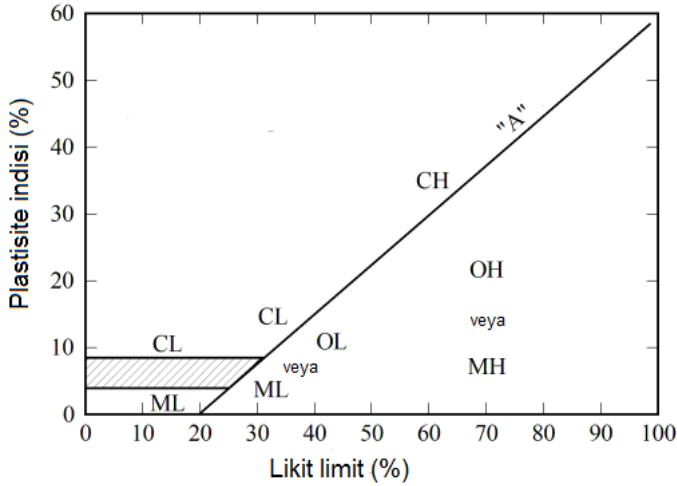
PI=Plastisite indisi

PL=Plastik limit

LL=Likit limit

Bu eşitlikten zeminin plastisite indisi %10,21 çıkmaktadır.

Likit limit ve plastisite indisi değerlerine göre zemin malzemesi Şekil 7’de gösterildiği üzere sınıflandırılmaktadır (Uzuner, 2007).



Şekil 7. Kasagrande Zemin sınıflama-Plastisite Kartı

CH: Yüksek Plastik Davranışlı Kil

CL: Düşük Plastik Davranışlı Kil

MH: Yüksek Plastik Davranışlı Silt

ML: Düşük Plastik Davranışlı Silt

OH: Yüksek Plastik Davranışlı Organik Toprak (Az Bulunur)

OL: Düşük Plastisiteli Organik Toprak

Yukarıda bulunan plastisite indisi ve likit limit değerlerine göre Şekil 7’de verilen plastisite kartına bakılarak zemin sınıflaması yapılabilir. Bu değerlere bakıldığında incelenen zeminin OL kodlamalı düşük plastik davranışlı organik toprak veya ML kodlu düşük plastik davranışlı silt olabileceği görülmektedir. Organik madde içeriği zeminin plastisitesini düşürür, çok nadir yüksek plastisiteli organik toprak bulunabilmektedir. Organik maddeler zemin malzemesinden hafiftir ve toprağın yoğunluğunu azaltır. Organik toprak bitkisel ve hayvansal organik atıkların humuslaşması ile oluşur. Organik topraklar, organik malzeme içeriğine göre mak (kütlege % 20 - 50 organik madde içeriği) ve pit (kütlege % 50 - 80 organik madde içeriği) olarak ikiye ayrılırlar. Genelde bataklıkların kuruması ile birikmiş organik maddelerin oluşturduğu topraklardır (Oğuz, 2008). Toprağın yerinde birim hacim ağırlığı değerinin 19,129 kN/m³ olarak belirlenmesinden dolayı incelediğimiz malzemenin organik toprak olmadığı yönünde değerlendirme yapılmıştır. Düşük plastisiteli malzemeler yüksek plastisiteli malzemelere göre daha kırılmandır. Plastisite yükseldikçe toprak malzemenin kırılmadan şekil alabilme özelliği artar. Plastik limit değeri altındaki toprak çatlaklar gösterme, ufalanma eğilimi göstermeye başlar (Demirel ve ark., 1991). Plastisite malzemenin belirli bir basınç altında kopmaya karşı olan direncini ifade eder. Düşük plastisiteli zeminler yüksek plastisiteli zeminlerin bir arada tutunduğu su içeriği değerlerinde ufalanırlar. Özellikle düşük plastisiteli siltler havada kurumuş haldeyken dirençleri çok düşer. Bu durumdan dolayı yaz aylarında su muhtevasının düştüğü günlerde risk oluşturabilecek çatlaklar oluşabilir. Plastik limit değeri altındaki zemin deformasyonlara pek müsaade edemez bir haldedir. Büzülme limiti altındaki zeminin ise su içeriğinde de malzeme dışarıdan bir gerilmeye maruz kalmaksızın çatlaklar gösterir (Demirel ve ark., 1991).

Bu tip dik kazılmış kalın toprak örtüleri çevresel etkiler neticesinde zamana bağlı olarak gevşeyecek ve mekanik parametrelerinde düşüş yaşanacaktır. Malzemenin plastisitesi arttıkça su içeriğindeki değişimden dolayı duraylılık daha az etkilenecektir. Yüksek plastisiteli zeminlerde malzemenin çatlama, dağılma veya akma göstermeyeceği su içeriği aralığı daha geniştir. Belirli bir orandan itibaren su içeriği yükseldikçe mekanik parametre değerlerinde düşüş yaşanacak ve likit limit değerinin üzerinde sıvılaşma yaşanacaktır. Diğer yandan, büzülme limiti altındaki su muhtevasında zemin dışarıdan bir yüke maruz kalmadan dahi kendiliğinden çatlama gösterme durumundadır. Plastik limitin altındaki toprak gerilmeler dolayısı ile plastik limitin üzerindeki toprağa göre daha az deformasyona müsaade edecek, çatlaklar gösterecektir. Dolayısı ile yazın buharlaşmaların artması sonucu istenmeyen kırılmalar, kaymalar gerçekleşebilir. Doğal yolla toprak taşınmasının, erozyonun önemli

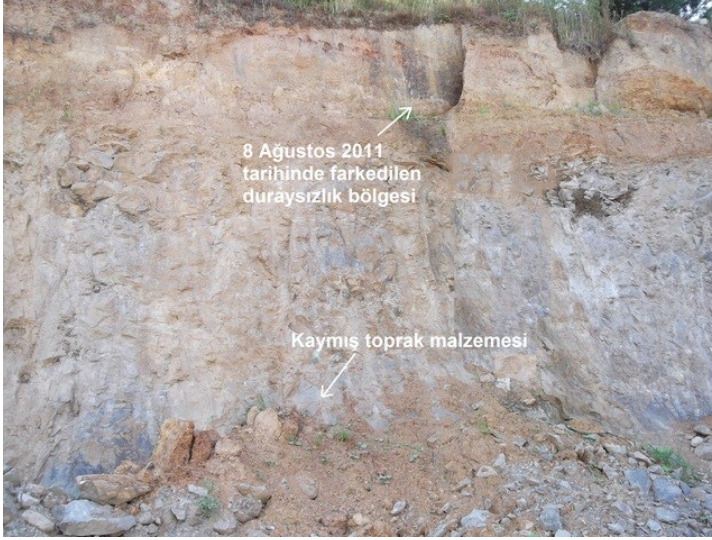
etkenlerinden biri zeminin su muhtevastındaki değişimdir. Bu anlamda hava sıcaklığı büyük role sahiptir. Haziran ayının gelmesi ile buharlaşma artmış ve KTÜ Hukuk Fakóltesi binası arkasındaki alanda Şekil 8’de görüldüğü gibi 10 Haziran 2011 tarihinde yeni bir kayma daha gerçekteşmiştir.



Şekil 8. 10 Haziran 2011 tarihinde yaşanan kayma

Kayan malzemenin atında insan olsaydı, olumsuz sonuçlar yaşanabilirdi. Hesaplanan çatlama yüksekliğinden daha kalın toprak kazısı yapılan ve kaymaların başladığı bu kazı alanını kendi haline bırakmak doğru olmayacaktır.

8 Ağustos günü de alanda yeni yaşanmış duraysızlıklar fark edildi. Hava sıcaklığının artması neticesinde daha önce duraysızlık yaşanan bölgede yeni kaymış toprak malzemesi görüldü ve bu bölgenin 20 metre yanında yeni duraysızlık yaşanan bir bölge fark edilmiştir. Mevsim dolayısı ile kurumuş olan toprakta yaşanan çatlamalar blok halinde kaymalara neden olabilmektedir. Şekil 9’da 8 Ağustos tarihinde kayma yaşanan yeni bölgenin resmi görülmektedir.



Şekil 9. 8 Ağustos 2011 tarihinde yaşanan kayma

Şekil 10'da Nisan ayında duraysızlığın başladığı alanda Ağustos ayında kopan yeni bloklardan birinin el ile rahatlıkla yeni parçalara bölünebildiği, düşük su muhtevassından dolayı çok sayıda çatlığa sahip olduğu, deformasyona müsaade edemeyen bir yapıda olduğu görülmektedir. Şekil 11'de elle rahatlıkla dağılabildiği, parçalanabildiği görülmektedir.



Şekil 10. Ağustos ayında kayan toprak



Şekil 11. Ağustos ayında kayan toprak

Bu alanda çelik hasır üzerine kalın olmayan bir püskürtme beton uygulaması zeminin çevresel etkilere karşı hassasiyetini azaltacak ve oluşabilecek olan yeni toprak kaymalarına engel olacaktır.

2.2 Yüzey Yükü Olan Dik Kazılmış Toprak Katmanının Duraylılığının İncelenmesi

Bina, otoyol gibi çeşitli yüzey yükleri zeminde oturmaları yol açarak mekanik parametreleri değiştirir. Bu anlamda zeminin konsolidasyon özellikleri önemlidir. İkinci inceleme alanımız olan, bir bina temeline teğet olarak kazılmış ve iki tarafından otoyol geçen Trabzon ili Pelitli mevkiinde bulunan başka bir tahkimatsız temel çukuru şekil 12’de görülmektedir. Binanın neden olduğu konsolidasyonun zemine etkilerini incelemek için ödometre deneyi yapılmıştır. Temel çukurunun diğer bir kenarından, üzerinde bir yapı, otoyol gibi yüzey yükü olmayan toprak alandan zemin numunesi alınmıştır. Numune konsolide edilmeden önce başlangıç boşluk oranı bilinmelidir. Bunun için numune hacmi, zeminin özgül ağırlığı ve kurutulmuş katı fazın ağırlığı bilindiği takdirde eşitlik 3’e göre boşluk oranı hesaplanabilir.

$$V_o = V_s(1+e) \quad (3)$$

V_o : Boşluklu malzeme hacmi

V_s : Katı fazın hacmi

e : Boşluk oranı



Şekil 12. Pelitli mevkiindeki temel çukuru

Zemin numunesinden alınan örnek yoğunluk değerinin ölçülmesi için piknometre deneyine tabi tutuldu ve zemin malzemesinin özgül ağırlığı 2,51 olarak bulundu. Hacmi ve ağırlığı ölçülen numunenin birim hacim ağırlığının da 18,398 kN/m³ olarak tespit edilmesi üzerine boşluk oranı tayini için kullandığımız 70,23 gramlık malzemenin hacmi 37,44 cm³ olarak hesaplandı. Bu numunenin etüvden çıkarıldıktan sonraki ağırlığı 63,48 gr olarak ölçüldü ve özgül ağırlığı bilinen katı fazın hacmi 25,30 cm³ olarak tespit edildi. Bu değerler ile eşitlik 3 kullanılarak numunenin başlangıç boşluk oranı % 48 olarak tespit edilmiştir. Eşitlik 4'teki boşluk oranı porozite bağıntısı kullanıldığında ise numunenin % 32 değerinde poroziteye sahip olduğu görülmektedir.

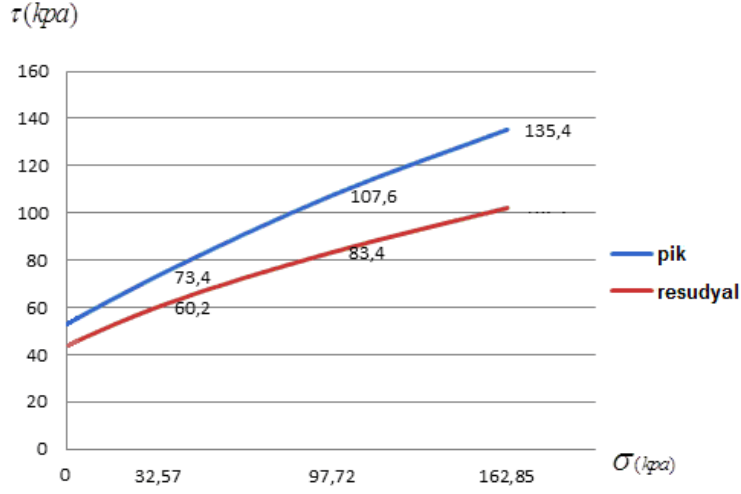
$$n = \frac{e}{e+1} \quad (4)$$

n: porozite (%)

Başlangıç boşluk oranı değeri ödometre testi kısmında kullanılmıştır. Konsolidasyonun mekanik parametreler üzerindeki iyileştirmesini görebilmek adına konsolide olmamış olan zeminin mekanik parametrelerinin belirlenmesi için kesme kutusu deneyi yapılmış, ele edilen pik ve resudyal kesme gerilmesi-normal gerilme değerleri Tablo 4'de verilmiştir:

	$\sigma=0$ kPa	$\sigma=32,57$ kPa	$\sigma=97,72$ kPa	$\sigma=162,85$ kPa
τ_{pik} (kPa)	52,67	73,45	107,6	135,4
τ_{resudyal} (kPa)	41,3	60,2	83,4	-

Tablo 4. Kesme kutusu deneyi sonucu



Şekil 13. Pelitli mevkiinden alınan numuneye ait duraylılık zarfı.

C pik	56,38 kPa
C resudiyal	48,60 kPa
ϕ pik	26,57°
ϕ resudiyal	18,43°

Tablo 5. Pik ve resudiyal değerler için okunan kohezyon ve içsel sürtünme açılışı değerleri.

Mohr duraylılık zarfından türetilen Rankine Teoremi'ne göre, aktif gerilme durumunda malzemenin kırılma anında majör ve minör asal gerilmeler arasındaki bağıntı aşağıdadır:

$$\sigma_h = \frac{\sigma_v - 2c\sqrt{N\phi}}{N\phi} \quad (5)$$

σ_v =düşey gerilme

σ_h =yatay gerilme

$$N_\phi = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \quad (6)$$

$$\sigma_v = \gamma \cdot h \quad (7)$$

Yatay gerilme değeri herhangi bir tahkimat sistemi uygulanmadığı için sıfır olarak alınmaktadır. Bu durumda malzemenin duraylı halde kalabileceği düşey gerilmeyi belirleyen h yüksekliği eşitlik 1’de verilmiştir:

$$h = \frac{2c \sqrt{\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}}}{\gamma} \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlik 1’de kullanılan değerler:

γ =Birim hacim ağırlığı: 18,398 kN/m³

ϕ =İçsel sürtünme açısı: 26,57°

c =Kohezyon: 56,38 kPa

(Malzemenin ilk kırılma anında pik içsel sürtünme açısı ve pik kohezyon değerleri alınmalıdır).

h=9,86 metre olarak belirlenir.

Toprağın kendi ağırlığı altında duraylılığını koruması için ne değerinde bir yanal tahkimat basıncı gerekeceği eşitlik 5 kullanılarak bulunabilir. Değer negatif çıkıyor ise tahkimat basıncına gerek yoktur. Zeminin kendi ağırlığı altında, yüzey yüklemeleri olmadığı takdirde teorik olarak 9,86 metre derinlikten sonra tahkimat basıncı gerekecektir. 3,5 metre kalınlığındaki zeminin kendi ağırlığı altında duraysızlık yaşamaması için yanal bir tahkimat basıncına gerek yoktur. 3,5 metre kalınlığındaki toprak tabakası için eşitlik 1’den çıkacak olan yanal gerilme değerleri negatif çıkacağı için temel çukurundaki malzemenin duraysızlık yaşamaması için yanal bir dış basınca ihtiyacı olmayacaktır ve bu yüzden zeminin kendi ağırlığı altında duraylılığını koruması söz konusudur. Ancak incelenen temel çukuru için yüzey yükleri dikkate alınmalıdır. Yüzey yüklemelerinin duraylılık üzerindeki etkileri sıradaki kısımda trafikten kaynaklı, otoyoldan kaynaklı ve binalardan kaynaklı gerilme artışları olmak üzere 3 başlık altında incelenmiştir.

2.2.1 Trafikten Kaynaklanan Gerilme Artışları

Trafikten kaynaklı gerilme artışlarına bir örnek olarak temel çukuru yanından geçen şekil 14’de yer alan, katalog rakamlarına bakıldığında yüksüz ağırlığının 2,25 ton olduğu görülen kamyonetin yüklü ve yaklaşık 3 ton olduğu varsayılarak zeminde neden olduğu gerilme dağılımları incelenmiştir. Zemine, hareket eden kamyonetin sağ ve sol taraftaki tekerlerinden iki adet çizgisel yüzey yükü etkimektedir. 3 tonluk aracın ağırlık merkezinin ortada olduğu

düşünülerek sağ ve sol tekerlerinden 1,5 tonluk kütleler etkidiği varsayılmıştır. Her bir tekerleğin zeminle temas eden alanı bulunarak çizgisel yüzey gerilmesinin miktarı bulunabilir. Yüzeyle etkiyen çizgisel yük bilindikten sonra incelenecek konumdaki düşey gerilme artışı eşitlik 8’de gösterildiği gibi Boussinesq’in bağıntısına göre hesaplanabilir (Uzuner, 2007).

$$\Delta\sigma_v = \frac{2qz^3}{\pi(x^2 + z^2)^2} \quad (8)$$

q: Yüzey yükü (kPa)

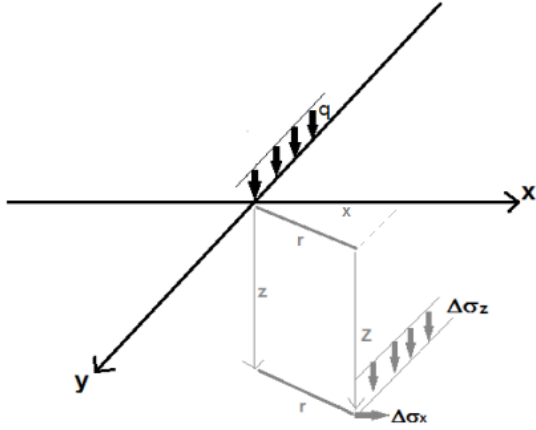
z: Düşey mesafe (metre)

x: Yatay mesafe (metre)

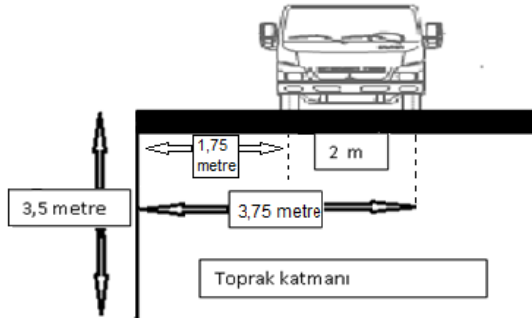


Şekil 14. Temel çukuru yanından geçen kamyonet

Her bir teker çiftinden gelen yükü 15 kN değerindedir. Tekerlerin kalınlığını 30 santimetre ve temas eden alanın eni 17 santimetre olarak alınabileceği park halindeki aynı, başka araç incelenerek değerlendirilmiştir. Buna göre tekerleğin zeminle temas eden alanı 0,051 m² değerinde kabul edilmiştir. İki tekerin sağladığı çizgisel yüzey yükü de 147,06 kPa olarak hesaplanmıştır.



Şekil 15. Çizgisel yük



Şekil 16. Yoldan geçen kamyonet

Şekil 16’da görüldüğü gibi iki metre genişliğindeki aracın temel çukuruna 1,75 metre mesafeden geçtiğini varsaydığımızda çizgisel yüklerin temel çukuruna olan yatay mesafeleri 1,75 metre ve 3,75 metre olarak alınır ve incelenen bir konumdaki gerilme artışının bulunması için iki yatay mesafedeki yüzey yüklerinin neden olduğu gerilme artışı toplanır. Örneğin temel çukurunun 0,5 metre derinliğinde kamyonet geçerken yaşanan düşey gerilme artışı aşağıda hesaplanmıştır:

$z = 0,5\text{ metre}$ ve $x = 1,75\text{ metre}$ için (sağ tekerler için);

$$\Delta\sigma_v = \frac{2.147,06(\text{kPa}) \cdot 0,5(\text{m})^3}{\pi(1,75\text{m}^2 + 0,5\text{m}^2)^2} = 1,067\text{ kPa}$$

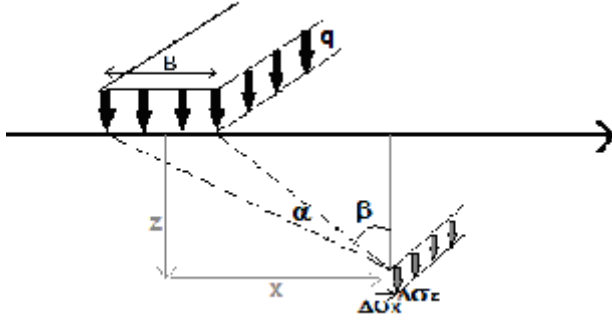
$z = 0,5\text{ metre}$ ve $x = 3,75\text{ metre}$ için (sol tekerler için);

$$\Delta\sigma_v = \frac{2.147,06(\text{kPa}) \cdot (0,5\text{m})^3}{\pi(3,75\text{m}^2 + 0,5\text{m}^2)^2} = 0,057\text{ kPa}$$

0,5 metre derinlikte temel çukuru cidarında oluşan gerilme artışı 1,124 kPa (0,057 kPa+1,067 kPa) değerindedir. Derinliğe bağlı olarak kamyonetin (trafikten kaynaklı) temel çukurunda neden olduğu gerilme artışları Tablo 6’da verilmiştir.

2.2.2 Otoyolun Ağırlığından Kaynaklı Zeminde Yaşanan Gerilme Artışları

Otoyollar zemin üzerinde şeritsel yüzey yükü olarak etkiler ve konuma bağlı olarak zeminde eşitlik 9’da verildiği gibi gerilme artışına sebep olurlar (Uzuner, 2011). Eşitlik 9’da kullanılan parametrelerin şematik gösterimi Şekil 17’de verilmiştir.



Şekil 17. Uygulanan şerit yükün zemine etkisi

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{\pi} [\alpha + \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta)] \quad (9)$$

Otoyol malzemesinin yoğunluğu 2,4 ton/m³ olarak alınarak birim hacim ağırlığı 23,544 kN/m³ bulundu. 25 santimetre olan yol malzemesinin yüksekliği birim hacim ağırlığı ile çarpılarak şeritsel yüzey yükü 5,86 kPa olarak hesaplanmıştır. Temel çukurunda derinliğe bağlı olarak otoyolun ağırlığından kaynaklı eşitlik 9’a göre hesaplanan düşey gerilme artışları Tablo 6’da verilmiştir:

Derinlik/ (m)	Zeminden kaynaklı σ_z (kPa)	Yoldan kaynaklı $\Delta\sigma_z$ (kPa)	Kamyonet kaynaklı $\Delta\sigma_z$ (kPa)	$\sum\sigma_z$ (kPa)
0,5	9,199	2,775	1,124	13,098
1	18,398	2,612	6,083	27,093
1,5	27,597	2,45	12,377	42,424
2	36,796	2,30	19,606	58,702
2,5	45,995	2,16	20,412	68,567
3	55,194	2,02	22,124	79,338
3,5	64,393	1,89	22,917	89,2

Tablo 6. Otoyol tarafındaki temel çukurundaki zemin üzerindeki düşey gerilme artışları.

Yukarıdaki tablodaki sonuçlardan yola çıkarak, otoyoldan ve kamyonetden kaynaklı gerilme artışları ve toplam düşey gerilme değerlerine bağlı olarak zemin malzemesinin düşey gerilmeleri yanal olarak iletme karakterizasyonu ile alakalı pasif itki katsayısına ($K_p=N\phi$) bağlı olarak zemine yanal tahkimat basıncı sağlayacak olan bir dayanım duvarının gerekliliği incelenmiştir (Hoek, 2006):

$$\sigma_1 = \sigma_{cm} + k_p \sigma_3 \quad (10)$$

σ_{cm} = Kayacın tek eksenli dayanımı (MPa)

σ_1 = Birincil(Majör) asal gerilme (MPa)

σ_3 = Minör asal gerilme (MPa)

$k_p=N\phi$ =Yanal pasif itki katsayısı

Düşey gerilme majör asal gerilme($\sigma_1=\sigma_v$)

Yatay gerilme minör asal gerilme ($\sigma_3=\sigma_h$)

Zeminin kendi ağırlığı ve yaşanan gerilme artışları göz önünde bulundurularak Eşitlik 5'e göre farklı derinliklere göre çıkan yanal gerilme değerleri Tablo 7'de verilmiştir:

$$\sigma_h = \frac{\gamma \cdot h + \Delta\sigma_z - 2c\sqrt{N\phi}}{N\phi}$$

(5)

Derinlik (m)	σ_h (kPa)
0,5	-64,95
1	-59,13
1,5	-53,17
2	-46,86
2,5	-42,04
3	-41,07
3,5	-37,87

Tablo 7. İncelenen yüzey yükleri altında duraysızlık yaşanmaması için gerekli minimum yanal gerilme

İncelenen durumda değerler negatif çıktığı için tahkimata gerek olmadığı anlaşılmaktadır. Kamyonetin yoldan geçişi dayanım duvarı olmayan bu temel çukurunda bir duraysızlık problemine neden olmamıştır. Yoldan geçen kamyonetin 5,3 kat ve daha fazla yüzey yüklemesine sahip olması durumunda, çıkan pozitif sonuçlardan görüldüğü üzere duraysızlık yaşanacağı öngörülür. Örneğin, kamyonetin neden olduğu yüzey yükü 5,5 kat daha fazla olsaydı eşitlik 5'e göre 3,5 metre derinlikte sonuç 2,109 kPa çıkmaktadır. Bu, 3,5 metre derinlikte zemine doğru 2,109 kPa değerinde bir yanal tahkimat basıncı sağlanması gerektiği anlamına gelmektedir. Ayrıca zeminin içerisinde farklı konumlarda çukur cidarına nazaran yaşanan daha fazla gerilme artışları sonucunda yüzey yükünün artması ile kayma yüzeyi oluşumunu başlatabilecek kırılmalar yaşanabilir. Yüzeyden etkiyen gerilme toprağın basma dayanımı değerinden küçüktür. Zemin malzemesinin basma dayanımı eşitlik 1'e göre 181,4 kPa olarak hesaplanmaktadır. Yüzeyden uygulanan çizgisel yük bu değerden büyük olursa tekerlerin altında kırılma gerçekleşir ve yüzey yükünün büyüklüğüne bağlı olarak belirli bir derinliğe kadar kırılmalar devam eder. Derinlik arttıkça yüzey yükünden kaynaklı gerilme değişimlerinin azalacağından dolayı gerilmelerin malzemenin dayanım değerine düştüğü derinliğe kadar kırılma devam eder. Yüzey yükünün büyüklüğüne bağlı olarak kırılmaların fazla ilerlemesi sonucu bir kayma yüzeyi oluşabilir. Dolayısı ile zemine yanal basınç sağlayarak dayanımı artırması ve zeminde kırılmalar olsa da bir kayma yüzeyinin oluşmaması açısından bu tip otoyol kenarlarındaki temel çukurlarında tahkimat kullanılması gerekmektedir. Özellikle ağır vasıtaların geçtiği, kalın toprak tabakaları içinde dik olarak yapılan bu tip temel çukurları için zaruridir. Daha önce de değinildiği gibi alternatif yollar var ise ağır vasıtalara trafiğin kapatılması ikinci bir seçenektir.

2.2.3 Binadan Kaynaklı Yaşanan Zemindeki Gerilme Artışları

Bir zemine dışarıdan yükleme yapıldığında zeminin mekanik özelliklerinde değişimler olacaktır. Bunların başında gelen neden zeminin yapacağı oturma ve boşluk oranındaki azalmadır. Otoyolun altındaki zeminin konsolidasyonu ihmal edilerek hesaplamalar yapılmıştı ancak bu alt başlık altında binadan kaynaklı zeminde yaşanan konsolidasyon dikkate alınacaktır. Temel çukurunun binanın temeline teğet kazılan kenarındaki zeminin konsolidasyon sebebi ile mekanik parametrelerindeki değişimi incelemek için ödometre deneyi yapılmıştır.

Eşitlik 11 kullanılarak oturma (ΔH) değerine bağlı olarak zeminin boşluk oranındaki değişim hesaplanabilir (Uzuner, 2007).

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{-\Delta e}{1 + e_0} \quad (11)$$

e_0 =Başlangıç boşluk oranı (%)
 Δe =Boşluk oranındaki değişim (%)
 H =Zemin malzemesinin yüksekliği (mm)
 ΔH : Zemindeki oturma (mm)

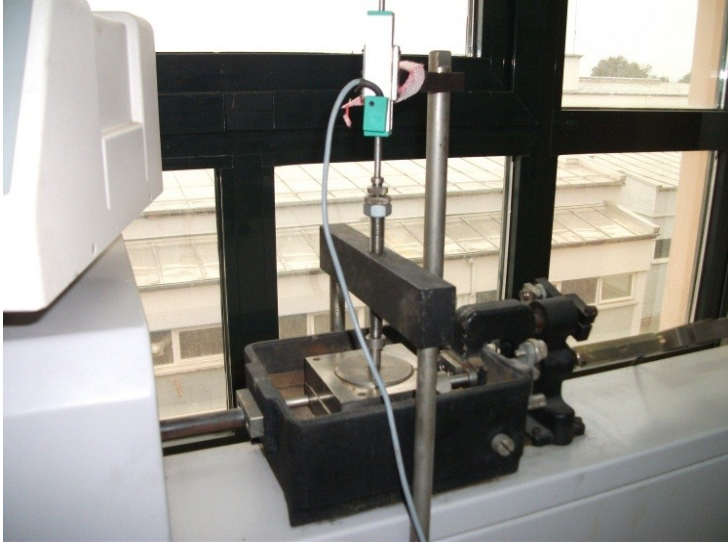
$$C_c = \frac{\Delta e}{\log \frac{\sigma_1}{\sigma_2}} \quad (12)$$

C = Sıkışma indisi
 C_c = Birincil sıkışma indisi
 C_r = İkincil sıkışma indisi

Başlangıç boşluk oranı (e_0) daha önce deneysel verilere değinerek eşitlik 3'e göre % 48 olarak bulunmuştu, dolayısı ile porozite değeri de eşitlik 4'e göre % 32 olan zeminin konsolidasyonda bırakma süresine karar verirken malzemenin ağırlıklı silt tane boyuna sahip olan bir malzeme olması göz önünde bulundurulmuş ve yapılan ön deneysel çalışmalarda % 90 oturmayı 8 saatlik süreçte tamamladığı tespit edilmiştir. Amerikan standartlarına göre önerilen yöntem zemin numunesini en az % 90 oranında boşluk oranındaki azalma süresi kadar bekletmektir. Genelde killi zeminler için 24 saat önerilen sabit gerilme altında konsolidasyon süresi incelenen silt malzemesi için 12 saat olarak belirlendi. Farklı yükler altındaki zeminin oturma miktarları konsolidasyon deneyi ile ölçülmüştür. Numunede gözlenen oturma değerleri Tablo 8'de verilmiştir:

Normal gerilme σ	65,14 kPa	130,18 KPa	195,42 kPa	260,36 kPa
oturma $\Delta H(\text{mm})$	1,148	0,932	0,877	2,582

Tablo 8. 20 mm yüksekliğinde zemin numunesinin de normal yüklemelerle meydana gelen oturma miktarı.



Şekil 14. Numunenin oturma miktarının LVDT ile ölçülmesi



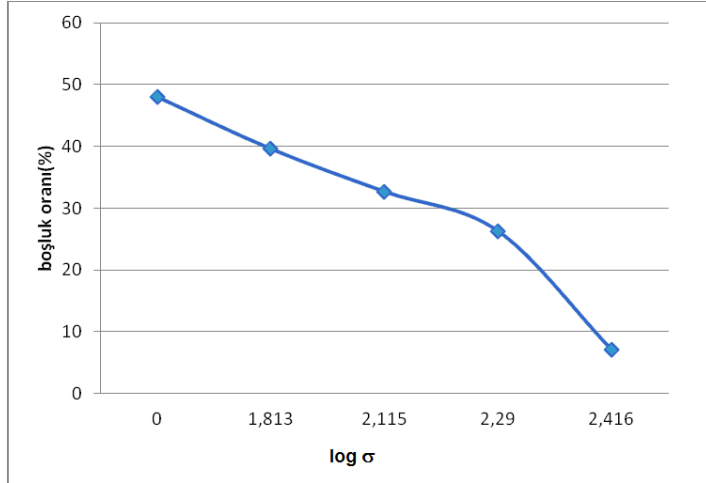
Şekil 15. Numunenin oturma miktarının LVDT ile ölçülmesi

Tablo 8'deki değerler kullanılarak başlangıç yüksekliği 20 milimetre olan numunenin eşitlik 11'e göre hesaplanan boşluk oranındaki azalma değerleri Tablo 9'da verilmiştir:

σ (kPa)	$\text{Log}(\sigma)$ kPa	Δe
65,14	1,813	0,084
130,18	2,115	0,069
195,42	2,290	0,064
260,36	2,416	0,192

Tablo 9. Zeminin boşluk oranının değişimi

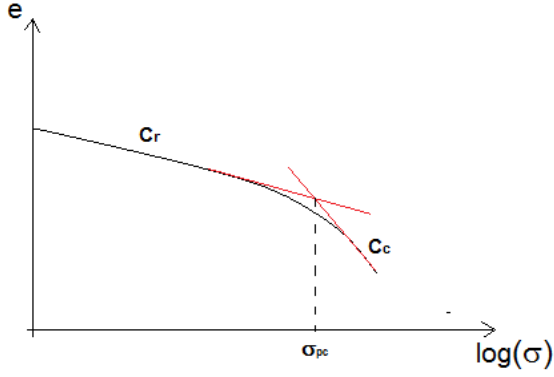
Zemin numunesinin son durumdaki boşluk oranı azalarak % 7,1 olmuştur. Uygulanan gerilme miktarına bağlı olarak numunedeki boşluk oranı değişimi grafiği şekil 16’da görülmektedir.



Şekil 16. Konsolidasyon deney sonucu zeminin boşluk oranındaki değişim.

Bu grafiğin eğimine bağlı olarak eşitlik 12 kullanılarak sıkışma indisi değerleri bulunabilir. Malzemenin belirli bir noktadan sonra grafikte daha fazla eğim gösterdiği görülmektedir. Bu durumda numune için ön konsolidasyon limit gerilme değeri aşılmıştır. Zemin daha öncesinde çeşitli jeolojik doğal nedenler dolayısı ile konsolide olduğu için ön konsolidasyon basıncına kadar gerilme artışı-boşluk oranı değişimi grafiğindeki eğim yani sıkışma indisi daha düşük çıkmaktadır. Teorik olarak zeminin daha önce maruz kaldığı maksimum gerilme ön konsolidasyon gerilmesidir. Ön konsolidasyon gerilmesi aşıldıktan sonra zeminin boşluk oranında daha hızlı azalma yaşanacak, eğim artacak ve sıkışma indisi bu gerilme şartları altında artacaktır. Dolayısı ile sıkışma indisi (C) birincil (Cc) ve ikincil (Cr) sıkışma indisi şeklinde iki başlık altında incelenmektedir. Eğer ön konsolidasyon basıncı aşılmamışsa

ikincil, aşılışsa birincil sıkışma indisi esas alınmalıdır. İncelediğimiz Trabzon Pelitli mevkiindeki 4 katlı binadan zemine gelen gerilmelerin 100 kPa dolaylarında olduğu kabul edildiğinde ön konsolidasyon gerilmesinin yarısı dolaylarında bir gerilme temel altındaki zeminde konsolidasyona neden olmaktadır. Bu yüzen katsayı olarak ikincil sıkışma indisi baz alınmalıdır.



Şekil 17. Gerilme artışına bağlı olarak boşluk oranında azalma grafiği ve sıkışma indislerinin gösterimi

Cr: İkincil sıkışma indisi
Cc: Birincil sıkışma indisi
 σ_{pc} : Ön konsolidasyon basıncı

Birincil ve ikincil sıkışma indislerini veren eğimli doğruların kesiştiği noktanın x eksenini kestiği değer ön konsolidasyon gerilmesi olarak kabul edilir. Ve teorik olarak zeminin geçmişte kaldığı maksimum gerilme miktarı olarak kabul edilir (Solanki ve Desai, 2008). Laboratuvar çalışmasından elde edilen verilere göre Cr (ikincil sıkışma indisi) eşitlik 12'ye göre 0,28 olarak bulunmuştur:

C_v (m^2 / sn) konsolidasyon katsayısı olup, aynı zemin için laboratuvar koşullarında ve arazi şartlarında aynıdır. T_v ise konsolidasyon katsayısına bağlı olarak değişim gösteren birimsiz zaman faktörüdür (Atkinson, 2000).

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{H^2} \quad (13)$$

$$T_v = f(u)$$

$$\frac{C_v \cdot t_1}{H_1^2} = \frac{C_v \cdot t_2}{H_2^2}$$

t_1 = Laboratuvar da geçen zaman

H1= Laboratuardaki numune yüksekliği
t2 = Arazi koşullarındaki zaman.
H2= Arazideki toprak katmanı derinliği

(H1:0,02 metre, t1:12 saat, H2:2 metre)

Toprak tabakasının iki yüzü geçirimli ise arazi toprak katmanı derinliği (H₂) tabaka kalınlığının yarısı kadar alınır, örneğin yüzeydeki bir toprak tabakasının altında başka bir tür toprak tabakasının olması bu duruma örnek verilebilir. Toprak tabakasının bir yüzü drenajlı ise H değeri toprak tabakasının yüksekliği olarak alınır. İncelenen alanda toprak tabakası altında kaya tabakası olduğu için ve bina altındaki kaya içerisinden aynada herhangi bir su geliri görünmediği için teorik olarak H değeri katman kalınlığı olarak alınmıştır.

Konsolidasyon katsayısı zemin malzemesine bağlı bir özellik olduğu için aynı zeminde teorik olarak laboratuvar koşullarında ve arazi koşullarında aynı olacaktır. Bu konuda en önemli durum numuneyi doğru almak ve arazideki boşluk oranını bozmadan teste taabi tutmaktır. Laboratuvardaki numunenin 12 saat sonra geldiği oturma/nihai oturma oranına (u) eşitlik 13 kullanılarak, arazideki toprak tabakasının 13,69 yılda geldiği görülmektedir.

Zemin üzerinde bulunan bina 6 yaşındadır ve yine eşitlik 13 kullanılarak arazide 6 yıldaki oturmanın laboratuvarında 5,256 saatte gerçekleştiği bulunur.

Bina temelinden aktarılan gerilmeler zeminin farklı konumlarında farklı miktarlarda gerilme artışına sebep olurlar. Aşağıdaki eşitlik 14 dikdörtgen bir yüzey yükünün köşeleri altında derinliğe bağlı olarak ne kadar gerilme artışı yaşandığını veren bağıntıdır (Uzuner, 2007).

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{4\pi} \left[\frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 - m^2.n^2 + 1} \left(\frac{m^2 + n^2 + 2}{m^2 + n^2 + 1} \right) + \tan^{-1} \frac{2mn\sqrt{m^2 + n^2 + 1}}{m^2 + n^2 - m^2.n^2 + 1} \right] = s.q \quad (14)$$

m= dikdörtgenin bir kenar uzunluğunun incelenen derinliğe oranı

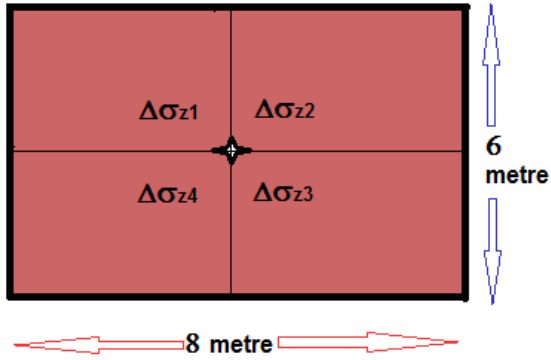
n = dikdörtgenin diğer kenar uzunluğunun incelenen derinliğe oranı

İncelenen bina Şekil 18 ve Şekil 19'da görüldüğü gibi bir kenarı 8 diğer kenarı 6 metre olan küçük bir yapıdır.



Şekil 18. Temeline teğet kazı yapılmış bina

Temel içinde kalan bir noktadaki gerilme artışını bulmak için istenilen noktadan geçecek şekilde temeli dörtgenlere bölüp bölümlerin köşelerindeki gerilme artışları hesaplanır ve toplanır (Uzuner, 2007). Örneğin şekil 19'da temelin orta noktasındaki gerilme artışını bulmak için temelin 4 eşit bölgeye ayrıldığı görülmektedir.



Şekil 19. Bina temelinin orta noktasında köşeleri kesişen 4 bölümünün ayrılması

İncelediğimiz bina temeli için her bir bölüm için m değeri 4, n değeri 3 olmaktadır. Bu değerler için s 0,245 değerini almaktadır. Her bir bölümden gelen yük genel yükün dörtte biri kadardır. Bir bölümün incelenen konum üzerindeki neden olduğu gerilme artışı 6,125 kPa olarak bulunmaktadır:

$$\Delta\sigma_{z1} = \frac{100kpa}{4} \cdot 0,245 = 6,125 kPa \quad \Delta\sigma_{z1} = \Delta\sigma_{z2} = \Delta\sigma_{z3} = \Delta\sigma_{z4}$$

$$\Sigma\Delta\sigma = 24,5 kPa$$

Yüzey yükünün etkisi aynı nokta altında derinlere indikçe azalacaktır. Zemin yüzey yükünü derinliklerine aynen aktarmaz. Görüldüğü gibi 100 kPa değerinde yüzey yükünün ,temelin orta noktasından 1 metre derinlikte 24,5 kPa olarak etkidiği hesaplanmıştır. Yüklenmelere bağlı olarak meydana gelecek nihai ($t=\infty$) oturma miktarı eşitlik 15'te görüldüğü gibi hesaplanır (Arslan, 2007). Sıkışma indisi olarak C_r veya C_c alınır. Zemine etkileyen gerilme ön konsolidasyon gerilmesini geçmiş ise birincil konsolidasyon sıkışma indisi olan C_c , ön konsolidasyon gerilme miktarından küçük bir gerilme etkiliyorsa ise ikincil sıkışma indisi C_r kullanılır.

$$\Delta H_{\infty} = \frac{H}{1+e_0} C_c \log \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{H}{1+e_0} C_c \log \frac{\sigma_1 + \Delta \sigma}{\sigma_1} \quad (15)$$

σ_2 , yüzey yüklemesinden kaynaklanan gerilme artışı ve zeminin kendi ağırlığından kaynaklı gerilmelerin toplamına eşittir, σ_1 ise yüzey yükü olmadan önce zeminin kendi ağırlığından kaynaklı gerilmedir.

Toprak 2 metrelik bir toprak tabakasına oturan bina temelinin orta noktasının 1 metre altındaki nihai oturma miktarı hesaplanması için etkileyen gerilmeler aşağıda hesaplanmıştır:

$$\sigma_2 = \Delta \sigma + \gamma \cdot z = \Delta \sigma + \sigma_1 = 24,5 \text{ kPa} + 18,398 \text{ kPa} = 42,898 \text{ kPa}$$

$$C_r = 0,28$$

$$\Delta H_{\infty} = 0,089 \text{ metre}$$

$$\Delta H_{\infty} = m_v \cdot h \cdot \Delta \sigma \quad (16)$$

eşitliğinden hacimsel sıkışma katsayısı (m_v) değeri elde edilir (Sivakugan, 2001).

$$\Delta \sigma = 24,5 \text{ kPa}, H = 2 \text{ metre}, \Delta H_{\infty} = 0,089 \text{ metre}$$

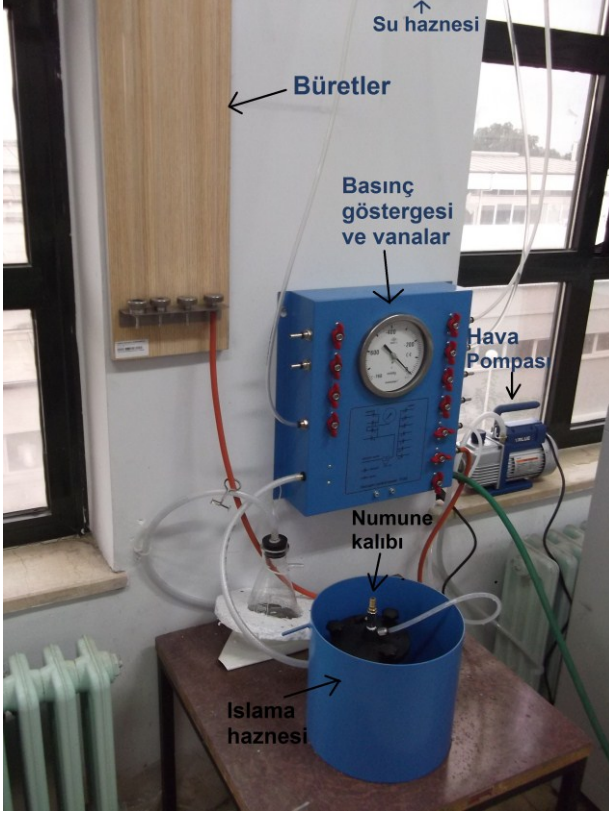
$$m_v = 0,00284 \text{ m}^2/\text{kN}$$

$$C_v = \frac{k}{m_v \cdot \gamma_{su}} \quad (17)$$

k = permabilite katsayısı (metre/saniye)

C_v zeminin konsolidasyon katsayısıdır, eşitlik 17'de görüldüğü gibi hesaplanır (Atkinson, 2000). Konsolidasyon katsayısı bulunduğu takdirde eşitlik 13'te görüldüğü gibi zaman faktörü bulunur ve zaman faktörüne bağlı olarak eşitlik 19 ve eşitlik 20'de görüldüğü gibi varolan oturma miktarının nihai oturmaya olan oranını yani zeminin oturmasının ne kadarını tamamladığını bulabiliriz (Uzuner, 2007). Öncelikle konsolidasyon katsayısının bulunması için gerekli olan

permabilite katsayısına ulaşmak nedeniyle zeminin geçirimliliği incelenmiştir. Bunun için düşen seviyeli permabilite testi yapılmıştır. Permabilite katsayısı eşitlik 18'e göre hesaplanmaktadır.



Şekil 20. Düşen seviyeli permabilite düzeneği

$$k = \frac{a.L}{A.\Delta T} \cdot \ln \frac{H_0}{H_1} \quad (18)$$

k= Permabilite katsayısı (m/sn)

a= Büret alanı (m²)

A= Numune kalıbının alanı (m²)

L= Numune yüksekliği (m)

H₀= Büret içindeki suyun başlangıç yüksekliği (m)

H₁= İncelenen zamanda ölçülen büret içindeki suyun yüksekliği (m)

ΔT= Büretteki seviyesi düşen suyun doymuş numune içerisinde geçme zamanı (dakika)

Düşen seviyeli permabilite deneyi için doymuş numune hazırlanmıştır. Numune hazırlanması hakkında detaylı bilgi deneysel çalışmalar hakkında ek bilgiler kısmında 3.bölümde verilmiştir. Büret alanı (a) 2,3 x 10⁻⁶ m², numune alanı (A) 7,85 x 10⁻³ m² ve numune yüksekliği (L) 0,14 metredir. Zamana bağlı yaşanan büretteki su seviyesi düşüşü değerleri ve

hesaplanan permabilite katsayısı değerleri Tablo 10'da verilmiştir.

T (dakika)	H0 (m)	H1 (m)	K (10 ⁻⁶ m/sn)
1	1,125	1,117	4,9
2	1,117	1,108	5,5
4	1,108	1,094	4,4
15	1,094	1,015	4,7
30	1,015	0,922	4,4
60	0,922	0,736	5,1

Tablo 10. Düşen seviyeli permabilite deney verileri

Ölçülen hidrolik geçirimsizliği katsayılarının ortalamaları alınarak Permabilite katsayısının 4,8 x 10⁻⁶ m/sn olarak tespit edilmesi üzerine eşitlik 17 kullanılarak konsolidasyon katsayısı (cv) 1,7 x 10⁻⁴ m²/sn. olarak hesaplanmıştır.

$$Tv = \frac{Cv \cdot t}{H^2} \quad (13)$$

$$t = 6 \text{ yıl}$$

$$H = 2 \text{ metre}$$

$$Tv = 1340,3$$

$$Tv = f(u)$$

$$u = \sqrt{\frac{4Tv}{\pi}} \quad , \quad Tv < 0,2 \quad (19)$$

$$u = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-\pi^2 \cdot Tv/4} \quad , \quad Tv \geq 0,2 \quad (20)$$

Eşitlik 19 kullanılarak istenilen u değeri bulunur. Eşitlik 19'daki e boşluk oranı değil logaritmik doğal tabandır. Zaman faktörü (Tv) değerinin büyük çıkması oturmanın çok büyük bir kısmının tamamlandığını göstermektedir.

İncelenen konumda 24,5 kPa gibi çok fazla olmayan bir gerilme artışı olmasından dolayı oturma çok uzun sürmemiştir. Teorik olarak oturmanın tamamen sona ermesi için u değerinin 1 olması gerekir ve bunun için zaman faktörünün sonsuz olması gerekir. Dolayısı ile oturmanın teorik olarak sonsuza kadar devam ettiği varsayılır. Pratik olarak incelediğimiz

alanla ilgili u değeri 1 alınabilir ($u=0,9994$) ve dolayısı ile incelenen zamandaki oturma miktarının nihai oturma miktarına eşit olduğu kabul edilir. 24,5 kPa gerilme artışından kaynaklı nihai oturma miktarı 0,089 metre olarak hesaplanmıştır. Dolayısı ile 6 yıl sonunda 24,5 kPa gerilme artışı nedeni ile incelenen konumda yaşanan oturma miktarı da 0,089 metre olarak kabul edilmiştir. Başlangıç boşluk oranı 48% olarak tespit edilen malzemenin boşluk oranında konsolidasyon dolayısı ile azalma gerçekleşmiştir. 1 metre derindeki toprağın gerçek başlangıç boşluk oranının bundan daha az olması beklenmektedir. Çünkü, 1 metre derinlikte incelenen toprak birim hacim ağırlığı altında nihai oturmaya maruz kalmıştır. Dolayısı ile zeminin numunemizdeki başlangıç boşluk oranından daha az bir başlangıç boşluk oranına sahip olduğu söylenebilir. Bu konuda toprağın oluşum, taşınım süreci önem arz etmektedir (Numune yaklaşık 50 santimetre derinlikten alınmıştır). Boşluk oranındaki değişimi hesaplarken maruz kaldığı gerilme ön konsolidasyon gerilmesinden daha az olduğu için ikincil sıkışma indisi dikkate alınmalıdır. Konsolidasyon deneyi ile 0,28 olarak tespit edilen ikincil sıkışma indisi, 1 metre derinlikte yaşanan 24,5 kPa değerindeki gerilme artışı ve 1 metre derinlikteki malzemenin kendi ağırlığından dolayı maruz kaldığı 18,398 kPa değerindeki gerilme düşünüldüğünde malzemenin boşluk oranındaki değişim (Δe) eşitlik 12'ye göre %10,42 olarak hesaplanmaktadır.

Malzemenin boşluk oranında farklı oranlarda azalma yaşaması sonucu mekanik parametrelerinde nasıl iyileşme yaşandığını görmek için numuneler hazırlanmış, sıkıştırılarak konsolidasyona uğramış numuneler tek eksenli basma dayanımı testine tabi tutulmuşlardır. Tek eksenli basma dayanım değerleri doğrudan kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri ile alakalıdır. Sıkıştırılan malzemenin boşluk oranındaki azalma içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerlerinde iyileşmeye neden olur. Eşitlik 5'te görüldüğü gibi yanal gerilmeye maruz kalmayan tek eksenli yükleme altında malzemenin kırılacağı gerilme Mohr yenilme zarfına göre kohezyon değeri ile $N\phi (k_p)$ değerinin karekökünün çarpımının iki katına eşittir. Tek eksenli basma dayanımı doğrudan test uygulayarak bulunabilse de tek eksenli basınç dayanımını aşan zeminlerde duraylılık için gerekli yanal gerilme miktarını bulmak için Mohr zarfından türetilmiş olan eşitlik 5 kullanılmaktadır. Tek eksenli basma dayanımı değerini aşan malzemenin duraylı kalabilmesi için gerekli yanal tahkimat basıncı, içsel sürtünme açısına bağlı değişmekte olan pasif yanal itki katsayısı (k_p) değerine göre hesaplanır. Ayrıca, zemin malzemesinin dağılgan özelliğe sahip olması, numune hazırlarken ve test esnasında kopmalar göstermesi malzemenin sağlıklı olarak yerinde dayanım değerlerini bulmak adına

dezavantajdır. Tek eksenli basma dayanımı testlerinden elde edilen sonuçlar, kesme kutusundan elde edilen değerlere göre daha düşük olabilmektedir.

Daha önce numune alınan bölgeden yeni, silindirik 3 adet numune alınmıştır. Numunelerin ölçülen kütleleri ve su içeriği değerine bağlı olarak katı kütlesi bulunmuştur. Su muhtevası tayini için de zeminden malzeme alınmış ve % 22,8 olarak değer tespit edilmiştir. Zeminin piknometre testi ile daha önce 2,51 olarak bulunmuş spesifik gravite değeri katı kütlesine bölünerek katı hacmi bulunmuştur. 3,8 santimetre çapındaki numune alma aparatı içerisindeki malzemenin yüksekliği ölçülerek boşluklu hacim bulunmuş ve katı hacmi bu değerden çıkarılarak boşluk hacmi tayin edilmiştir. Boşluk hacminin katı hacmine oranı olan boşluk oranı hesaplanmıştır. Bir numune sıkıştırılmamış, diğer iki numune şekil 26’da görüldüğü gibi numune çıkartma aparatı ile sıkıştırılmış ve numune ilk yüksekliği son yüksekliği ölçülerek eşitlik 11’e göre sıkışmış durumdaki toprağın boşluk oranı tespit edilmiştir (Sıkışmış numunelerin yükseklikleri numune çıkarma işleminden sonra ölçülmüştür). Numunelere tek eksenli basınç testi uygulanmıştır. Tablo 11’de 3 numuneye ait başlangıç boşluk oranları, son boşluk oranları ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri verilmiştir.

Numune no.	Başlangıç boşluk oranı, e_0 (%)	Son boşluk oranı, e_s (%)	Tek eksenli basınç dayanımı (kPa)
1	46	46	136,1
2	43	23,5	306,2
3	47	9	423,7

Tablo 11. Boşluk oranı-basınç dayanımları

Elde edilen sonuçlara göre kabaca, % 43 boşluk oranına sahip olan zeminin boşluk oranındaki iki kat azalmanın malzemenin basma dayanımında 2,3 kat artış sağladığı görülmektedir. Zeminde konuma bağlı olarak farklı gerilme artışları yaşanır, örneğin temelin orta noktasından 2 metre derinde yaşanan gerilme artışı eşitlik 14’e göre 21,4 kPa değerindedir, 1 metrede ise 24,5 kPa olduğu hesaplanmıştı. Dolayısı ile zeminde oturmalar homojen olarak yaşanmaz. Farklı yatay mesafeler için farklı derinliklerde aynı miktarda gerilme artışı yaşanır. Aynı miktarda gerilme artışı yaşanan noktaları birbirine bağlayan soyut eğrilere izobar denmektedir. İzobarlar, homojen yüzey yükü oluşturan temelin ağırlık merkezinden geçen

doğruya göre simetrik olarak oluşurlar. Dolayısı ile homojen bir zemine temelden homojen yük aktarımı durumunda bina bir tarafa doğru yatmaz. İyileşme zonal olarak farklılıklar gösterse de bina temeli altında her konumda gerilme artışı yaşanmış ve zeminin boşluk oranı azalmıştır. Temel atılmadan önce yüzey yüklemesi ile zemini konsolidasyona uğratmak yaygın olarak uygulanan bir zemin iyileştirme yöntemidir.

3. Deneysel Çalışmalar Hakkında Ek Bilgiler

Kesme kutusu deneyinde numune makaslama hızı 0,5 mm/dakika olarak alındı. Numuneler 6,25 santimetre çapında 2 santimetre yüksekliğinde silindirik numunelerdir. Drenajsız konsolidasyonsuz olarak deneyler yapıldı.

Piknometre deneyi 250 mililitrelik piknometreler kullanılarak 3 farklı piknometre ile yapıldı. Piknometreden çıkarılan ıslak numuneler 105 C° sıcaklığında etüvde bir gün bekletildiler.



Şekil 21. Piknometre ve hassas terazi

Birim hacim ağırlık testi 3 farklı numuneye hacmi civa ile ölçülen ve hassas terazi ile ağırlığı tartılan kaplar ile yapıldı. Ölçümler 0,01 gr duyarlılığında terazi ile gerçekleştirildi. Kıvam limitleri deneyinde kullanılan numuneler öncelikle 105 C° sıcaklığında etüvde bir gün bekletildikten sonra 75 mikron göz açıklığına sahip elekten geçirilmişlerdir. Otomatik, 10 mm yükseklikten sabit süre aralıkları ile düşen Casagrande deney düzeneği kullanılmıştır. Casagrande deney düzeneğinin numune haznesindeki malzemenin üst yüzeyleri yer ile paralel olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Plastik limit deneyi numuneleri mika bir plaka üzerinde yuvarlanmıştır. Boyutu 8 santimetreyi geçmeyen 3 milimetre çaplarında çatlamaya başlayan plastik limit numunelerin çapları elektronik verniyeli kumpas ile ölçülmüştür. Islak, likit limit

ve plastik limit deneyi numuneleri 105 C° sıcaklığında etüvde bir gün bekletildikten sonra hassas terazi ile tartılmışlardır.

Konsolidasyon deneyi konsolidasyonlu kesme kutusu deney düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. Oturmalar LVDT ile okunmuş numuneye uygulanan normal gerilmeler kesme kutusu deney düzeneğinin yük koluna şekil 23’de görüldüğü ağırlıklar takılarak sağlanmıştır. Numune sabit yükler altında on ikişer saat bekletilmiştir. Konsolidasyon numuneleri 20 milimetre yüksekliğinde 62,5 milimetre çapında silindirik numunelerdir.



Şekil 22. Likit limit deneyi



Şekil 23. Konsolidasyon testi için düzeneğe ağırlık takılışı

Permabilite deneyleri sabit seviyeli ve düşen seviyeli olmak üzere ikiye ayrılır. Geçirimsizliği yüksek kumlu çakıllı zeminlerde sabit seviyeli permabilite testi tercih edilirken permabilite katsayıları düşük olan, geçirimi düşük, ince taneli zemin malzemelerinde düşen seviyeli permabilite deneyi uygulanır. 1×10^{-3} m/sn permabilite değerinden küçük zeminler için düşen seviyeli permabilite önerilmektedir (Tiwari, 2008). İncelenen alandaki zemin malzemesi ince taneli malzeme olduğu için düşen seviyeli permabilite deneyi yapılmıştır. Şekil 24'te gösterilen kesici uca sahip olan geçirimsizlik testi numune kalıbı direk toprağa sokularak numune alınmıştır. Düşen seviyeli permabilite testi doygun numunelere uygulanmaktadır. Geçirimsizlik testi havası alınmış su ile yapılmaktadır bu yüzden 200-250 kPa değerinde bir vakum basıncı ile su haznesindeki suyun havası yarım saat boyunca vakumlanmıştır. Su haznesinden gelen su numunenin içinden geçerek moldun altındaki geçirimsiz katmandan moldun içinde bulunduğu ıslama haznesine doldurulmaktadır. Bu hazne içindeki su, moldun yüksekliğini geçtikten sonra haznenin üst kısmında bulunan üst akım drenaj kısmından akmaya başlar ve su haznesinden gelen su vanası kapatılır. Su içerisinde kalmış olan numune 24 saat boyunca bekletilmiştir. Bürete giden su vanası açılmış ve büret havası alınmış su ile doldurulmuştur. Ardından, büretten numune koluna su verilmiş ve zamana bağlı olarak büretin su seviyesindeki düşüş izlenmiştir.



Şekil 24. Permeabilite numune kalıbı ve numune alma



Şekil 25. Islama haznesi içindeki numune kalıbı

Boşluk oranında azalma yaşayan malzeme tek eksenli basınç testi uygulanmak üzere şekil 26'da görüldüğü gibi istenilen boşluk oranına numune bir ucu metal yüzeye yaslanarak çıkarma aparatı kullanılarak sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılmış numune şekil 27'de gösterildiği gibi

çıkartılmıştır. Tek eksenli basınç dayanımı testi yükleme hızı saniyede 0,05 kN değerindedir. Testler Şekil 28’de görülen 5 ton kapasiteli pres ile yapılmıştır.



Şekil 26. Sıkıştırılmış tek eksenli basma dayanımı numunesi hazırlama



Şekil 27. Hazırlanan numunenin çıkarılması



Şekil 28. Tek eksenli basma dayanımı testi

4. Çıkarımlar ve Bu Konuda Ülkemizde Yaşanmış Bazı Kazalar

KTÜ hukuk fakültesi arkasında toprak tabakasında kaymalar gerçekleştiği görülmüştür. Toprak tabakasının çatlama yüksekliğinden daha yüksek olması istenmeyen duraysızlıklara neden olmaktadır. Toprak tabakasının yer yer yüksekliği hesaplanmış olan çatlama yüksekliği değerinin üzerinde ve yakınlarında olup, Nisan ayında toprak tabakasının en kalın olduğu 3,5 metre enindeki kısımda kayma gerçekleşmiş ve Haziran ayında bu mesafe 8 metreye çıkmıştır. Yaşanan duraysızlıkların önemli bir nedeni de çevresel etkilerden dolayı toprak tabakasının mekanik parametrelerinin olumsuz yönde etkilenmesidir. Düşük plastisiteli olan zeminler değişen mevsime, hava koşullarına bağlı olarak su muhtevsındaki değişim dolayısı ile ciddi miktarda etkilenebilmektedirler, oluşabilecek şiddetli yağmur, rüzgar, sıcaklık değişimleri, şehirselle faaliyetlerden kaynaklı titreşimler gibi çevresel ve doğal olaylar bu kritik tabaka yüksekliğine sahip olan zeminde yeni duraysızlıklar yaşanmasına yol açabilmektedir. Nitekim, çatlama yüksekliğinden çok daha az bir kalınlıktaki toprak örtüsünde Ağustos ayında çatlama oldu ve kayma yaşandı. Genel olarak tabaka kalınlığının çatlama yüksekliğini aşmamasından kaynaklı büyük kütleli bir duraysızlık söz konusu olmasa da sürekli yeni gelişen çatlak yapılar, duraysızlıklar gözlemlenmektedir. Önlem alınmadığı takdirde daha büyük kütlelere sahip malzemenin duraysızlık yaşayacağı açıktır. Özellikle buharlaşmanın çok arttığı Temmuz, Ağustos aylarında toprağın büzülme limit değerinin altında su içeriğine sahip olması olumsuz sonuçlara yol açar. Büzülme limiti değerinden daha az su muhtevasına kadar buharlaşma olma durumunda zemin malzemesinin hacminde değişim olmaz, deformasyona müsaade edilemez ve çatlamlar yaşanır (Demirel, vd., 1991). Rötire limiti olarak ta adlandırılan büzülme limitinden daha az su içeriğindeki zemin malzemesinde oluşan

bu çatlaklara rötre çatlakları da denmektedir. Toprağın içinde çatlakların oluşması dayanım değerlerini düşürmektedir. Çoğu zaman düşük çimentolanma nedeniyle toprak malzemesinin elastik deformasyona uğradığı gerilme düzeyi ve su muhtevası aralığı çok sınırlıdır. Malzeme likit limit seviyesini aştığında akma gösterirken likit limit ile plastik limit değerleri arasında plastik malzeme özelliği gösterir ve plastik deformasyon sergiler, bir hamur gibi şekil verilebilir. Büzülme limitinin altında ise katıdır ve şekil verilemez, dağılma özelliği gösterir. Plastik limitin altında, büzülme limitinin üstünde su muhtevasında ise toprak malzeme yarı katı özellik gösterir ve çok sınırlı olarak deformasyona müsaade edebilir, bunun nedeni ise malzeme içerisinde mikro çatlakların oluşmaya başlamasıdır.

KTÜ Hukuk fakültesi arkasındaki zeminin düşük plastisiteli olması nedeni ile plastik limit ve likit limit değerleri arasında çok fark yoktur (Plastisite indisi %10,2). Bölgenin özellikle Sonbahar, Kış aylarında büyük ölçüde yağmur alacağı düşünüldüğünde akma riskinin de olduğu söylenebilir. İncelenen alandaki toprak, fiziksel özelliklerinden dolayı değişen hava koşullar karşısında kolaylıkla etkilenebilen, su içeriğindeki değişim karşısında mekanik parametreleri açısından direnci yüksek olmayan bir zemin olduğu söylenebilir.

Trabzon Pelitli mevkiindeki temel çukuru şehirsel faaliyetlerin yoğun olduğu bölgede olmasından dolayı yolun trafiğe açık olması büyük bir risk oluşturmaktadır. İnşaat kazısının yapıldığı yerdeki yoldan geçen kamyonet bir duraysızlığa neden olmamıştır. Ancak bu yoldan daha ağır bir kamyon geçmesi durumunda veya geçen aracın ani ivme değişimli hareketler yapması (fren, ani hızlanma vb.) durumlarında zeminin kırılması ve duraysızlık yaşanması riski bulunmaktadır. Elde edilen rakamsal verilere dayanarak incelediğimiz temel çukuru etrafında acil müdahale gerektiren riskli alan kazının otoyol kenarıdır.

Binanın altındaki zemin var olan yüzey yüklemesi için konsolide olmadığı durumlarda bile duraylılık için yeterli mekanik parametrelere sahiptir. Zeminin 6 yıllık konsolidasyon yaşaması sonucu zeminde iyileşmeler yaşanması sebebiyle bina altındaki zemin duraylı bir şekilde kalabilmektedir. Binanın az katlı olması bu anlamda bir avantaj sağlamaktadır. Ancak yapılan, kaya kazısından kaynaklanan dinamik yükler, inşaat faaliyetleri, deprem gibi nedenlerden kaynaklı oluşabilecek yüklenmeler binanın duraylılığına karşı olumsuz etkenlerdir. Trabzon Pelitli mevkiinin depremselliği incelendiğinde büyük dinamik yüklemelere maruz kalmayacağı ön görülüyor olsa da bu tip zemin kazılarında, tahkimat kullanılması yaşanabilecek olumsuzluğu önleyebilecektir. Zeminin var olan dayanım değerleri

binayı taşıması için oldukça yeterlidir. Yine de dik kazılmış ve bina altında olan bir zemin için tahkimat kullanmamak çevresel etkiler neticesinde gevşemelere engel olacaktır.

Ülkemizde maalesef bu tip çalışmalarda çok kez yeteri seviyede ön değerlendirme yapılmamaktadır. İş şansa bırakılmakta olup gerekli tedbir alınmamaktadır. İncelediğimiz alanda yolun ağır vasıtalarla kapatılmamasından dolayı şansa bağlı olarak bir duraysızlık yaşanmamıştır. Ancak ülkemizde, bu kadar şanslı olmayan yerler de bulunmaktadır. Sıradaki kısımda bu yerlerden bazıları örnek olarak verilmiştir:

Düzce ilinin Akçakoca ilçesinde bir temel çukurunun kenarından geçen yolda 26 Ekim 2010 tarihinde duraysızlık yaşanmıştır. Edinilen bilgilere göre hafriyat çalışmalarının devam ettiği sırada, yağın yoğun yağmurun etkisiyle alanda duraysızlık yaşanmıştır. Burada görüldüğü gibi zeminin özelliklerini iyi incelemeyen tahkimatsız olarak çalışmak, işi şansa bırakıp gerekli önlemlerin alınmaması sonucunda ciddi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Yarısı çöken otoyolun tamiri ve sonra yapılan istinat duvarı başta kaçınılan tahkimat masrafından çok daha fazla maliyete neden olmuştur.



Şekil 29. Düzce Akçakoca'da meydana gelen temel kazısının göçmesi.

Samsun'un Bafra ilçesinde benzer bir olay 2011 yılının Mart ayında yaşanmıştır. Temel çukurunun kazıldığı sırada çevredeki binanın oturduğu zemin duraylılığını kaybetmiştir.



Şekil 30. Samsun Bafra'daki binanın çökmesi

İstanbul Gaziosmanpaşa ilçesinde 26 Nisan 2011 tarihinde gerçekleşen bir olayda temel çukuru yanındaki üç katlı bir bina toprak kayması nedeniyle yıkılmıştır. İnşası bitmek üzere olan binada yaşayan birinin olmaması şans olarak kabul edilmektedir. Öte yandan, çöken binanın yanındaki 3 katlı kullanılmayan bir bina da zarar görmüştür. Söz konusu binanın yıkılma tehlikesine karşı güvenlik önlemleri alındı. Bahsedilen alan şekil 31'de görülmektedir



Şekil 31. İstanbul Gaziosmanpaşa'da yaşanan göçük olayı.

Şekil 32'de İzmir Konak'ta bir temel çukurunda yaşanan duraysızlık sonucu yarısı yıkılan bina resmi görünmektedir.



Şekil 32. İzmir’de yaşanan duraysızlık

7 Temmuz 2011 tarihinde Bursa Osmangazi’de Şekil 33’te görülen temel çukurunda yaşanan duraysızlık sonucu otoyol göçmüş ve doğalgaz hattı zarar görmüştür. Kırılan doğalgaz ve su boruları bölge halkına korkulu anlar yaşatmıştır.



Şekil 33. Bursa Osmangazi’de yaşanan göçük

Son senelerde temel çukurlarının tahkimat eksikliğinden kaynaklı ülkemizde daha onlarca kaza yaşanmıştır.

5.Sonuçlar

Toprak malzemesinin, değişen su muhtevasına karşılık vereceği tepki duraylılık açısından son derece önemlidir. KTÜ hukuk fakültesi arkasındaki toprak tabakasının çatlama yüksekliğini aşan kısımların yanı sıra düşük plastisite nedeni ile de duraysızlık meydana gelen alan

olmuştur. Tahkimat yapılmadığı takdirde yeni duraysızlıkların yaşanma riski bulunmaktadır. Bu tip alanlar için çelik hasır üzerine püskürtme beton uygulaması pratik bir tahkimat yöntemi olacaktır. Büyük yüzey yükü olan alanlar için kaya kütlelerine bağlanan ankraj sistemleri de kullanılabilir. Duraylılığın sağlanması için gerekli yanal tahkimat basıncı zeminin düşey gerilmeleri yanal olarak iletme karakterizasyonuna (içsel sürtünme açısına göre şekillenen pasif yanal itki katsayısı, $k_p=N\phi$) ve kohezyonuna bağlıdır. Kohezyon ve içsel sürtünme açısı artışı çatlama yüksekliğini artıracak ve aynı birim hacim ağırlığına sahip, aynı derinlikteki malzemeler için yüksek kohezyon ve içsel sürtünmeye sahip zeminlerde daha küçük yanal tahkimat basıncı ile duraylılık sağlanacaktır.

Trabzon Pelitli mevkiindeki temel çukuru yanından geçen araçlar şu ana dek duraysızlığa neden olmasa da yolun trafiğe açık olması büyük bir risk oluşturmaktadır. Yoldan geçen 3 tonluk bir vasıta incelenmiş ve herhangi bir duraysızlık veya ciddi risk oluşturacak bir durumun oluşmadığı tespit edilmiştir. Ancak bu yoldan ağır bir vasıta geçmesi durumunda zeminin kırılması ve duraysızlık yaşanması riski bulunmaktadır. Söz konusu kamyonetin teker temas alanı için 5,2 kat daha ağır olması durumunda duraysızlık yaşanacağı hesaplanmıştır. Trabzon Pelitli mevki için incelediğimiz yolun ağır vasıtalara karşı trafiğe kapatılması gerekmektedir. Bu alandaki yol trafiğe kapatılmıyorsa dayanım duvarı yapılmalıdır. Zeminin var olan dayanım değerleri düşünüldüğünde binadan kaynaklı olan bir duraysızlık yaşanmamıştır. Teorik olarak, incelenen zemin malzemesi binanın temelinden zemine uygulanan gerilmenin 1,82 kat daha fazlasına cevap verebilen bir dayanım değerine sahiptir. Ayrıca, bina altında kalan zeminin 6 yıl boyunca konsolidasyona uğraması zeminin dayanım değerlerini daha da artırmak suretiyle avantaj sağlamaktadır. Değişen çevresel şartlar dolayısı ile şehirsel bölgelerde duraylı olarak nitelendirilen bölgelerde beklenmeyen sonuçlar yaşanmaktadır. Yüzeyde çeşitli yapılar, yollar, toplu kullanım alanları olduğu için yaşanan duraysızlıklar sonucu ciddi maliyetler doğurmaktadır ve daha önemlisi can kayıpları yaşanabilmektedir. Yüzey yüklemeleri, dinamik yükler, doğal çevresel etkiler karşısında oluşabilecek olan kötü şartlar altında temel çukurunun duraylılığını koruması adına kritik bölgelerde tahkimat maliyetlerinden kaçınılmamalıdır. Değişen hava koşulları zemin malzemesinin duraylılığını büyük ölçüde etkilemektedir. Yağış nedeni ile zeminde su içeriğinin yükselmesinden dolayı mekanik parametre değerlerinde düşüş yaşanacağı gibi kohezyonlu zeminlerin fiziksel özelliklerine bağlı olarak belirli bir su içeriğinden daha kuru zeminde de gerçekleşecek çatlama neticesinde duraysızlık yaşanabilmektedir.

Kaynaklar

Arslan, M.Ş., 2007 “Bardat (Mersin-Gülner-Köseçobanlı) Göleti mühendislik jeolojisi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı, Adana, 112

Atkinson, J., 2000. Determination of Cv from test results, UWE Bristol Üniversitesi online dökümanlar, <http://environment.uwe.ac.uk/geocal/SoilMech/consol/soilcons.htm>

Aytekin, M. 2004; Deneysel Zemin Mekaniği, Teknik yayınevi, 2.baskı, Ankara, 624

Çinicioğlu, S.F., 2005; “Zeminlerde statik ve dinamik yükler altında taşıma gücü ve anlayışı hesabı“. Seminer, İMO, İstanbul.

Demirel, Z., Kadioğlu, M., Aray, S., Oran, F., Alp A., 1991; “Toprak ve Stabilizasyon laboratuvarı el kitabı”, Karayolları Genel Müdürlüğü yayını, 180

Erşan, H., Yıldırım, H., 2008. Normal konsolide killerin tekrarlı yükler etkisinde direnajsiz kayma mukavemeti, İnşaat Mühendisleri Odası online kütüphanesi, <http://www.ekutuphane.imo.org.tr/pdf/1522.pdf>

Ertan, Y., Ülkü, S., 1978. “Zemin İlkeleri ve Deneyleeri 1”, DSİ Basım ve Foto-film İşletme Müdürlüğü, Ankara, 210

Fredlund, D.G., Xing, A., Fredlund, M.D., Barbour, S.L., 1996. The relationship of the unsaturated soil shear strength function to the soil-water characteristic curve, Canadian Geotechnical Journal, Vol 32, 40-78

Hoek, E., 2006. “Kaya Mühendisliği”, Türkiye Maden Mühendisleri Odası yayını,

Hoek, E., Carranza C., Corkum, B., 2002. Hoek&Brown failure criterion-2002 Edition, 5th American Rock Mechanics Symposium, Toronto, Kanada, 15-22.

Nail, Ü., “Heyelanlar ve kitle hareketler,” Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Seminer notları, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı arşivi, <http://www.bayindirlik.gov.tr/turkce/dosya>

Oğuz, H. 2008, Toprak Bilgisi ders notu, <http://trakyazoder.org/makale/Makale2/Toprak%20dersi%20notlar%C4%B1.pdf?go=yz&catid=303&seo>

Özaydın, K. 2008; “Zemin Mekaniği“, Birsen Yayınevi, 307

Özdeğer, M.N.E., Kurtay T., 2006; “Paletli arazi taşıtlarının performansı hesabında farklı bir yaklaşım“, İTÜ dergisi 5(4), 45-56

Pehlivan, M., 2008. “Kürtün baraj gölünün sağ sahilindeki Özkürtün(Gümüşhane) beldesinin heyelan analizi”, Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı, Trabzon, 102

Sivakugan, N., 2001. Killerin konsolidasyonu, www.geoengineer.org/files/consol-Sivakugan.pps

Solanki, C., H., Desai, M., D., 2008. Preconsolidation pressure from soil index and plasticity properties, The 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), India, 1475-1479.

Tiwari, B., 2008. Soil Mechanics laboratory lecture notes, California State University Fullerton.

http://faculty.fullerton.edu/btiwari/geotech_Lab/mainpage_files/other/Permeability.pdf

Ural, N. 2011; “Zemin mekaniği deneylerinde bilgisayar kontrollü sistemlerin kullanılması“, 6. uluslararası ileri teknolojiler sempozyumu, Elazığ, 35-39

Uzuner, B.A., 2007; “Çözümlü problemlerle temel zemin mekaniği”. Derya Yayınevi, Trabzon, 377 s

Uzuner, B.A. 2011; Kişisel görüşme, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Yılmaz, E., 2006; “Zeminlerin Endeks özelliklerinin kalıcı kayma mukavemetine etkisi”, Yüksek Lisans tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı, İstanbul

Web(a), <http://www.haber7.com/haber/20101227/Izmirde-3-katli-bina-coktu.php>.

Web(b), <http://www.haberpan.com/haber/temel-kazasi-sirasinda-kayan-yan-binanin-yarisi-yikildi>

Web(c), http://www.posta.com.tr/turkiye/HaberDetay/Istanbul_da_uc_katli_bina_coktu.htm.14 Mayıs 2011.

Patlatmalarda Yüksek Hızlı Video Kamera ve Sismometrelerin Eş Zamanlı Kullanılması

Synchronous Use Of High Speed Video Camera and Seismometers In Blasting

Güzin Gülsev Uyar Aldaş^{1*}, Berkan Ecevitoğlu², Bülent Kaypak¹

¹ Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Müh. 06100, Beşevler, Ankara Türkiye

² Anadolu Üniversitesi Uyu ve Uzay Bilimleri Enstitüsü Eskişehir, Türkiye

* Sorumlu Yazar: aldas@eng.ankara.edu.tr

Özet

Patlatmalarda görüntü ve titreşimlerden elde edilen veriler, alışılagelmiş olarak ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Yüksek hızlı kamera, patlatma anından itibaren, patlatma süreci tamamlanana kadar, patlatma noktası ve çevresinde oluşan değişimlerin görüntüsünü kaydetmektedir. Üç bileşenli jeofon, aynı patlatmaya ait sismik sinyalleri kaydetmektedir. Halbuki patlatmanın yarattığı etkilerin tamamını bir arada incelemek, olayın tümünü kavramamızı sağlar. Patlatmaların yarattığı görüntüyle aynı zamana denk gelen sismik sinyaller, görüntüye göre gecikerek kaydedilirler. Zamandaki bu kaymayı ortadan kaldırmak için bir çeşit Ters-Evrişim işlemi yapmak gerekir. Böylece, sismik sinyallerin uzamasına, dolayısıyla görüntü verisi ile asenkronizasyonuna neden olan tüm jeolojik-yol ve gecikme etkileri ortadan kaldırılır. Patlatma görüntüsüyle, aynı patlatmaya ait sismik sinyaller arasındaki bir başka sorun da "Girişim"dir. Girişim, çok kaynaklı sistemlerin yarattığı dalgaların birbirlerini güçlendirici veya zayıflatıcı etkileşimidir. Ters-Evrişim işlemi, hem asenkronizasyon, hem de girişim etkisini ham sismik sinyallerden çıkaracaktır.

Bu çalışmada, senkronize edilmiş görüntü ve sismik sinyal verileri karşılaştırılarak, patlama sürecinde gelişen olaylar birbirleriyle ilişkilendirilmiş, örnek uygulamalarda verim artırıcı öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Patlatma, yüksek hızlı kamera, sismometre, titreşim

Abstract

Conventionally, the data obtained from images and vibrations are assessed separately for the blasts. A high speed video camera records the changes around the blast point from the beginning till the end of the blast period. Three component geophone records the seismic signals of the same blast. However, examining all the blast effects together makes us understand the complete occasion. The seismic signals which coincide with the images originated from the blasts are recorded with time delays when compared to the images. A kind of deconvolution is necessary to prevent this delay in time. Therefore, all the geological-way and delay effects are prevented which cause the elongation of the seismic signals and their asynchronization with the image data. There is one more problem between the blast images and the seismic signals of the same blast: Interference. Interference is a strengthening or weakening wave interaction created by the multi source systems. Deconvolution deducts both the asynchronization and interference effects from the seismic signals.

In the presented study, synchronized image and seismic signal data are compared, blast occasions are correlated with each other, and productive suggestions are presented in the model applications.

Key words: Blasting, high speed video camera, seismometer, vibration

1. Giriş

Patlatma kaynaklı sismik dalga oluşumu, patlatmalı kaya kazısı işlemlerinde istenmeyen fakat kaçınılmaz bir sonuçtur. Patlayıcı enerjisinin tamamının kaya kazısı işleminde kullanılmadığını işaret etmesi bakımından ve bu enerjinin yapılara hasar verebileceği çekincesiyle çevre yerleşim birimleri açısından tedirgin edici bir durumdur. Bu sebeple, patlatma kaynaklı sismik dalgaları en aza indirebilme amaçlı pek çok çalışma yapılmıştır (Adhikari ve ark., 2004; Aldas ve ark., 2001; Aldas ve Bilgin, 2004; Blair, 2004; Blair, 2008; Chiepetta, 1998; Dowding, 1985; Dowding, 1992; Konya ve Walter, 1991; Kuzu, 2001; Olofsson, 1998; Siskind ve ark., 1980; Siskind, ve ark., 1989; Siskind ve ark., 1993; Venkatesh, 2005). Bu çalışmalardaki ortak yaklaşım, sismografla en yüksek parçacık hızlarının belirlenmesi, patlatma ile ölçüm alınan yer arasındaki güzergah için arazi katsayılarının saptanması, sarsıntının yayılma kuralını belirleyen görgül formülün bulunması ve bu formül kullanılarak yapılan patlatmalar için mesafeye bağlı olarak bir seferde güvenle ateşlenebilecek en yüksek patlayıcı madde miktarlarının saptanmasıdır. Değerlendirmeler, tüm dalga biçimi, tüm frekans içeriği ve titreşim süreci bilgileri bir arada kullanılmadan, yalnızca en büyük parçacık hızına (Peak Particle Velocity) dayandırılmaktadır. Oysa ki, üç bileşenli sismik kayıtlar, tüm dalga biçimi ve frekans içeriği ile beraber incelendiğinde, patlatmanın doğrusal olmayan davranışları hakkında çok detay bilgi verirler.

Patlatmaları yüksek hızlı video kamera ile izleme sistemi, özellikle patlatma delikleri arasında ve delik içinde verilecek gecikme aralıklarının seçiminde, gaz kaçaklarının, taş fırlamalarının, büyük blok (patar) çıkmasının, krater oluşumunun nedenlerinin ve patlayıcı performansının araştırılmasında kullanılarak literatürde yerini almıştır (Aldas ve Esen, 1999; Chiepetta, 1998).

Literatürden de takip edildiği üzere, maden mühendisliği açısından, patlatmaların yarattığı etkiler, yüksek hızlı video kameralarla (YHVK) elde edilen görüntü kayıtları veya üç bileşenli jeofonlarla elde edilen sismik sinyaller şeklinde incelenmektedir. Görüntü ve titreşimlerden elde edilen veriler, alışlagelmiş olarak ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Yüksek hızlı kamera, patlatma anından itibaren, patlatma süreci tamamlanana kadar, patlatma noktası ve çevresinde oluşan değişimlerin (parçalanma, ötelenme, dönme, göçme, geri tepme, gaz kaçıışı, taş fırlamaları, büyük blok oluşumları, vb) görüntüsünü kaydetmektedir. Öte yandan, üç-bileşenli-jeofon, aynı patlatmaya ait sismik sinyalleri kaydetmektedir. Bu durum, bir sinema

filminin görüntüsünü ayrı, sesini ayrı zamanlarda (veya mekanlarda) dinlemeye veya seyretmeye benzer. Halbuki patlatmanın yarattığı etkilerin tamamını bir arada incelemek, olayın tümünü kavramamızı sağlar. Bu, bir filmi, hem sesi, hem de görüntüsüyle birlikte seyretmek anlamına gelir.

Sinema teknolojisinde, ses ve görüntü arasındaki senkronizasyonun (eş-zamanlılık) sağlanması çok önemlidir. Söz konusu senkronizasyon, bir dilden başka bir dile çeviri yapıldığında daha da önemli hale gelir. Örneğin İngilizceden Türkçeye ses senkronizasyonu yapıldığında, genelde İngilizcede bir ifadeyi belli bir sayıda hece ile anlatmak mümkünken, Türkçe çevirisi daha çok sayıda hece kullanımını gerektirir. Dolayısıyla çoğu kez, görüntüdeki sanatçının İngilizce konuşması bittiği halde, Türkçeye çeviren sanatçının arka plandaki konuşması devam eder. Patlatmaların yarattığı görüntü ile sismik sinyalin senkronizasyonu da aynen böyledir. Görüntüyle aynı zamana denk gelen sismik sinyaller, görüntüye göre gecikerek (asenكرون) kaydedilirler. Bir bakıma görüntü (filmin görüntüsü) İngilizce dili gibi düşünülürse, sismik sinyaller (filmin sesi), Türkçe gibi algılanmalıdır. Zamandaki bu kaymayı ortadan kaldırmak için bir çeşit Ters-Evrişim (Deconvolution) işlemi yapmak gerekir. Ters-Evrişimin esası, Grup (birden fazla Pilot patlatma) patlatmaya ait sismik sinyalin Fourier dönüşümünün, Pilot (örnek patlatma) patlatmaya ait sismik sinyalin Fourier dönüşümüne oranıdır. Bu oran Ters-Fourier dönüşümü ile tekrar zaman ortamına taşınır. Böylece, sismik sinyallerin uzamasına, dolayısıyla görüntü verisi ile asenkronizasyonuna neden olan tüm jeolojik-yol ve gecikme etkileri ortadan kaldırılır. Bir başka deyişle aynı ifadenin, İngilizce ve Türkçe'de aynı hece sayısı ile anlatılması mümkün olur. Bu da görüntü ile ses arasındaki gerekli senkronizasyonu sağlar.

Patlatma görüntüsüyle, aynı patlatmaya ait sismik sinyaller arasında asenkronizasyon (gecikme) probleminin yanı sıra, bir başka sorun daha vardır: Girişim. Girişim, çok kaynaklı sistemlerin yarattığı dalgaların birbirlerini güçlendirici (yapıcı girişim) veya zayıflatıcı (yıkıcı girişim) etkileşimidir. Girişim olayı, asenkronizasyondan çok daha ciddi bir sorundur. Ters-Evrişim işlemi, hem asenkronizasyon, hem de girişim etkisini hem sismik sinyallerden çıkaracaktır.

Yukarıda anlatılan işlemlerden geçirilerek senkronize edilmiş görüntü ve sismik sinyal verileri karşılaştırılarak, patlama sürecinde gelişen olaylar birbirleriyle ilişkilendirilir. Ayrıca,

patlatma deliği ile patlatılan basamak yüzeyi arasındaki kayaçların yırtılma hızı, yüksek hızlı kamera kayıtları ve sismik sinyaller incelenerek, bağımsız olarak ölçülür ve sonuçlar birbirleriyle kıyaslanır.

Senkronize edilmiş yüksek hızlı video kamera görüntüsü ile sismik sinyallerin karşılaştırılması, patlatmaların doğası hakkında çok önemli bilgiler sağlayacaktır. Kaya kazısı amaçlı yapılan patlatmalarda ortaya çıkan enerjinin büyük kısmının kayaların parçalanmasında (plastik deformasyon) kullanılması, kalan kısmının ise, ses ve sismik dalgalar şeklinde yayılması beklenir. Elastik dalga teorisine göre, bu tür patlatmalar Doğrusal-Olmayan-Davranış sergiler. Doğrusal-Davranış / Doğrusal-Olmayan-Davranış oranının kontrol edilmesi, patlatma enerjisinin olabildiğince büyük bir bölümünün plastik deformasyonda (kayaç parçalanması) kullanılmasını, yalnızca küçük bir bölümünün elastik dalga yayılımında (sismik titreşimler) yitirilmesini sağlayacaktır. Böylece patlatma verimi arttırılırken, çevreye yayılan sismik titreşimler azaltılacaktır.

Bu çalışmada Elmadağ/Baştaş Taş Ocağı ve TKİ GELİ Eskihisar Kömür Ocağındaki örnek patlatmalar YHVK ve sismometrelerle eş zamanlı kaydedilmiş ve incelenmiştir. Sonuçlar, patlatmaların verimini arttıracak yönde değerlendirilmiştir.

2. Baştaş Taş Ocağı Çalışması

Baştaş Çimento Fabrikası Ankara'nın 45 km uzağında bulunan Elmadağ İlçesindedir. Patlatma çalışmaları fabrika bünyesinde yer alan taş ocağında yapılmıştır. 13 Nisan 2009 tarihinde, Baştaş Taş Ocağında, yazarların daha önce geliştirdiği veri toplama sistemi ile (Aldaş ve Ecevitoğlu, 2008) 1 pilot, 1 grup patlatması olmak üzere toplam 2 deneme patlatmasından veri elde edilmiştir. Bu deneylerdeki amaç YHVK ve sismometre verilerini eş zamanlı hale getirerek birlikte değerlendirebilmektir. Grup ve Pilot patlama olmak üzere 2 tip patlatma yapılmasının sebebi, çalışmada öngörülen ters evrişim işlemini yapmaktır. Ayrıca, yürütücünün daha önce geliştirdiği yöntemle (Aldaş ve Ecevitoğlu, 2008) titreşimleri en aza indirme çalışması yapabilmek için de pilot patlatmaya ihtiyaç duyulmuştur.

Deneme patlatmasına ait parametreler aşağıda verilmiştir:

Delik çapı: 102 mm

Basamak Yüksekliği: 15 m

Delik boyu: 15 m

Delik ayna mesafesi: 2,5 m

Delikler arası mesafe: 2,5 m

Sıkılama mesafesi: 2,5 m

Delik boyu: 15 m

Patlayıcı tipi: ANFO ve yemleme dinamiti

Patlayıcı miktarı: 75 kg ANFO/delik, 0,5 kg Yemleme dinamiti

Grup patlatması delik sayısı: 7

Ateşleme sistemi gecikmeli nonel kapsül: 25 ms delikler arası gecikme

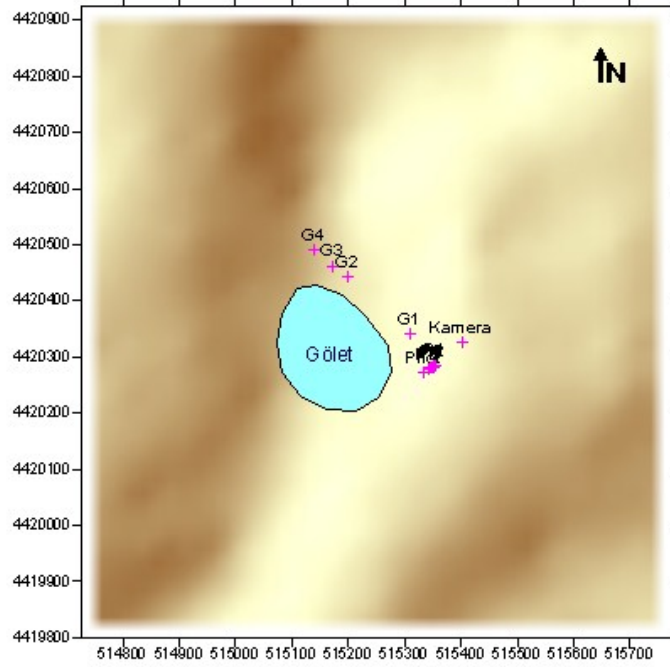
Gecikme başına düşen patlayıcı miktarı: 75,5kg

Patlatma düzeni: tek sıra

Bu parametreler taş ocağı yetkililerince belirlenen parametrelerdir. Araştırma grubumuz tarafından sadece veri toplanmış, parametrelere müdahale edilmemiştir.

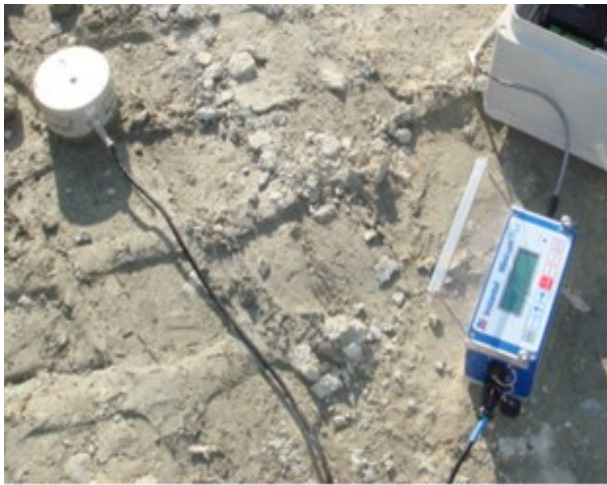
2.1 Baştaş Taş Ocağı Deneme Patlatması İçin Hazırlanan Arazi Düzeni

Şekil 1’de deneme patlatmasına ait veri toplama düzenini gösteren 2B harita görülmektedir. P: Pilot patlatma lokasyonu, G1, G2, G3, G4 noktaları sismometre lokasyonlarını gösteriyor.



Şekil 1. Deneme patlatmasına ait veri toplama düzenini gösteren 2B harita

Patlatma kaynaklı titreşimler 3 adet Instantel Mimate Plus (MM Plus) marka titreşim ölçer ile kayda alınmıştır (Şekil 2). Patlatma görüntüleri, saniyede 500 kare görüntü çekebilen MREL Blaster Ranger marka YHVK ile elde edilmiştir (Şekil 3).

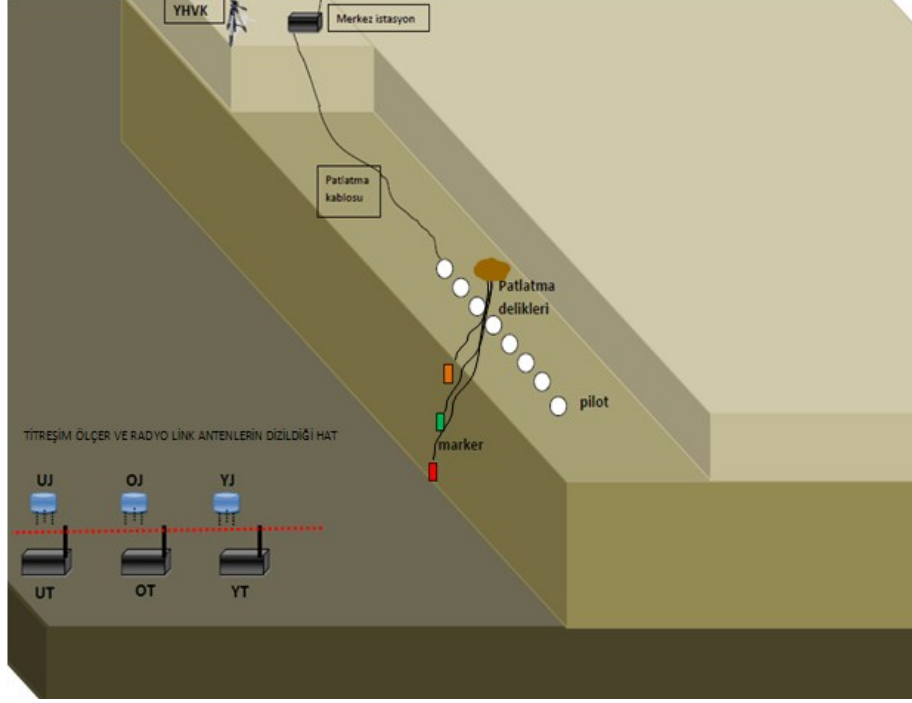


Şekil 2. 3-bileşenli 1Hz’lik jeofon-kayıtçı



Şekil 3. MREL Blaster Ranger (YHVK)

Alışlagelmiş veri toplama yönteminden farklı olarak üç titreşim ölçer (Instantel MMPlus) ve YHVK, radyo-link sistemi ile kullanılmıştır. Şekil 4’de gösterilen veri toplama düzeninin ayrıntıları aşağıda verilmiştir:



Şekil 4. YHVK-Titreşim Ölçer-Radyo-link sistemi. Pilot: Pilot patlatma deliği, YJ: Yakın jeofon, YT: Yakın tetikleme ve kayıt, UJ: Uzak jeofon, UT: Uzak tetikleme ve kayıt, OJ: Orta jeofon, OT: Orta tetikleme ve kayıt, YHVK: Yüksek hızlı video kamera, Merkez İstasyon: Manyeto ve verici radyo-link sistem.

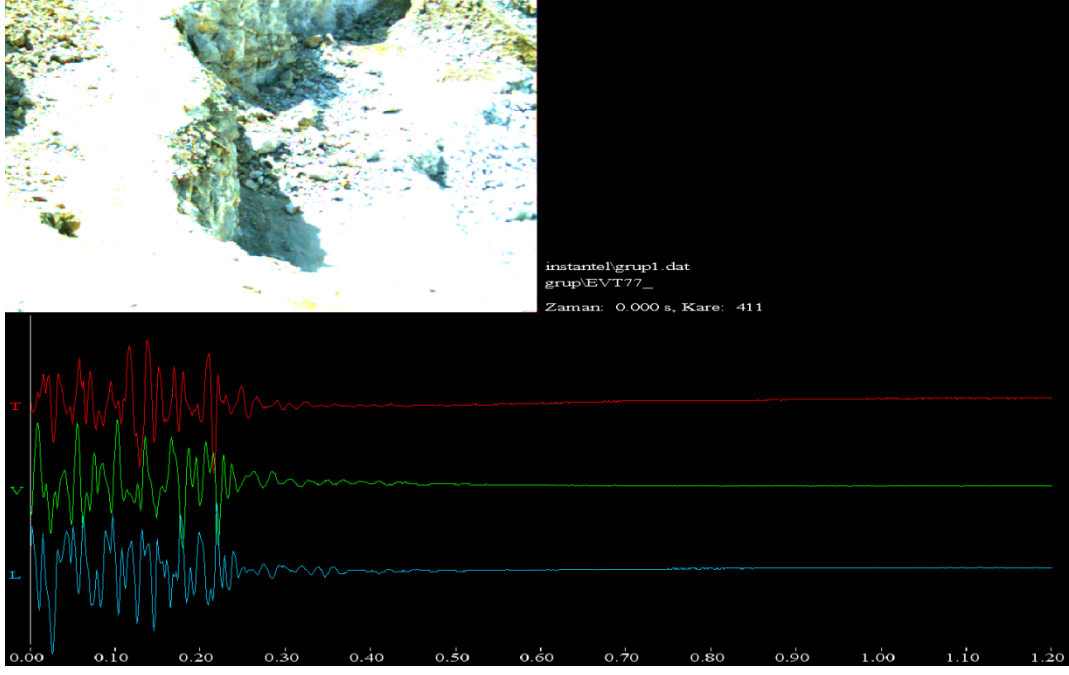
Sistem bir manyeto ve beş adet radyo-link cihazından oluşur. Manyetonun bir çıkışı ateşlemeyi sağlarken (patlatma kablosu, Şekil 4), diğer çıkışı ateşleme anını kendisine bağlı birinci radyo-link cihazına (Merkez İstasyon, Şekil 4) bildirir. Birinci radyo-link cihazı ise ateşleme anını ikinci (kameraya bağlı olan, Şekil 4), üçüncü (yakın tetikleme ve kayıt, Şekil 4), dördüncü (Orta tetikleme ve kayıt, Şekil 4) ve beşinci (Uzak tetikleme ve kayıt, Şekil 4) radyo-link cihazlarına iletir. Kameraya ve titreşim ölçerlere bağlı olan radyo-link cihazları, ateşleme anını kendilerine bağlı cihazların “dış tetikleme”sine iletir ve kaydı başlatır. Amaç YHVK ve her üç titreşim ölçerin ateşleme yapıldığı anda kayda geçmesidir. Böylece, birinci radyo-link cihazının kendisine bağlı manyetodan aldığı ateşleme anını diğer radyo-link cihazlarına iletmesi ve diğer radyo-link cihazlarının ise kendilerine bağlı titreşim ölçerler ve YHVK cihazlarını tetiklemeleri sırasında oluşacak zaman gecikmeleri 500 msec’yi aşmaz. Eğer bu radyo-link sistemi kullanılmazsa sismik dalgaların baş kısımları kayıttaki gecikmeler nedeniyle kaydedilemeyecektir.

2.2 Baştaş Taş Ocağı Deneme Patlatmasında YHVK ve Titreşim Verilerinin

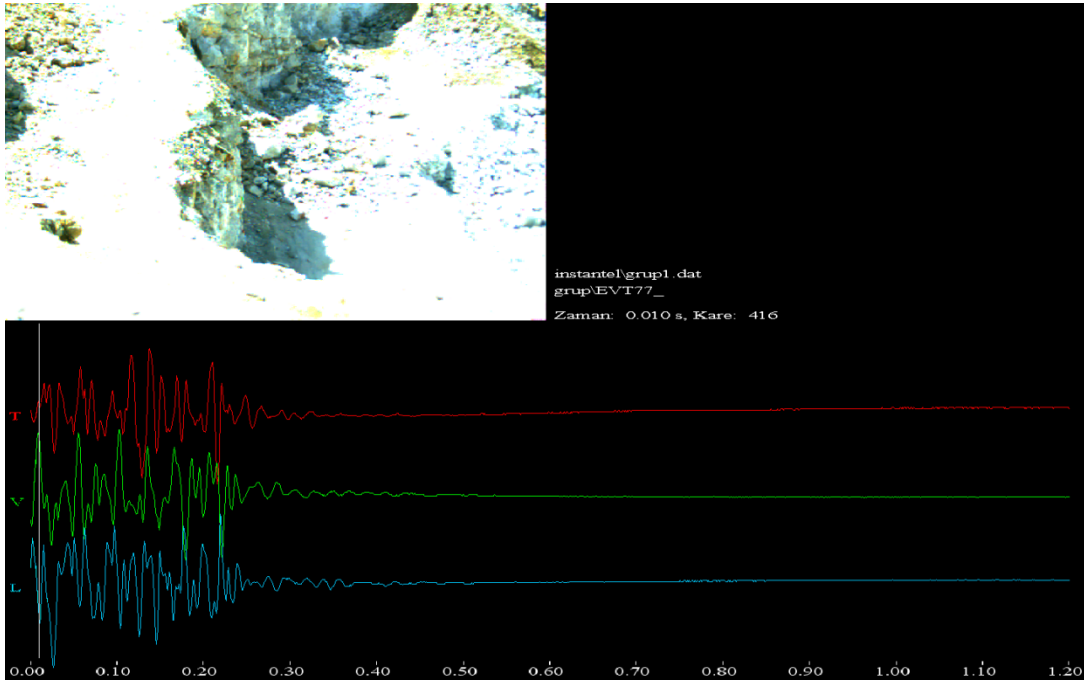
Değerlendirilmesi

Baştaş taş Ocağında 13.04.2009 tarihinde yapılan Pilot ve Grup patlatma görüntüleri 500 kare/saniye ile çekilmiştir. YHVK, 500 kare/saniye görüntü çekmek için ayarlandığından en fazla 4 saniye kayıt alabilmektedir. Video formatındaki (AVI) görüntüler, YHVK ile beraber alınan Blaster MAS software ile bmp formata dönüştürülmüştür. Bmp formata dönüştürülmesinin sebebi, titreşim verisini görüntü ile beraber analiz edebilmemiz için yazdığımız bilgisayar programının Fortran dilinde olması ve ancak bmp formatlı görüntüleri kullanabilmesidir. Pilot patlatmaya ait 2183 bmp dosyası, Grup patlatmaya ait 1517 bmp dosyası elde edilmiştir. Titreşim ve YHVK verilerini analiz edebilmemizi sağlayan programın ham halinden elde ettiğimiz ekran görüntüleri ve yorumları aşağıda verilmiştir.

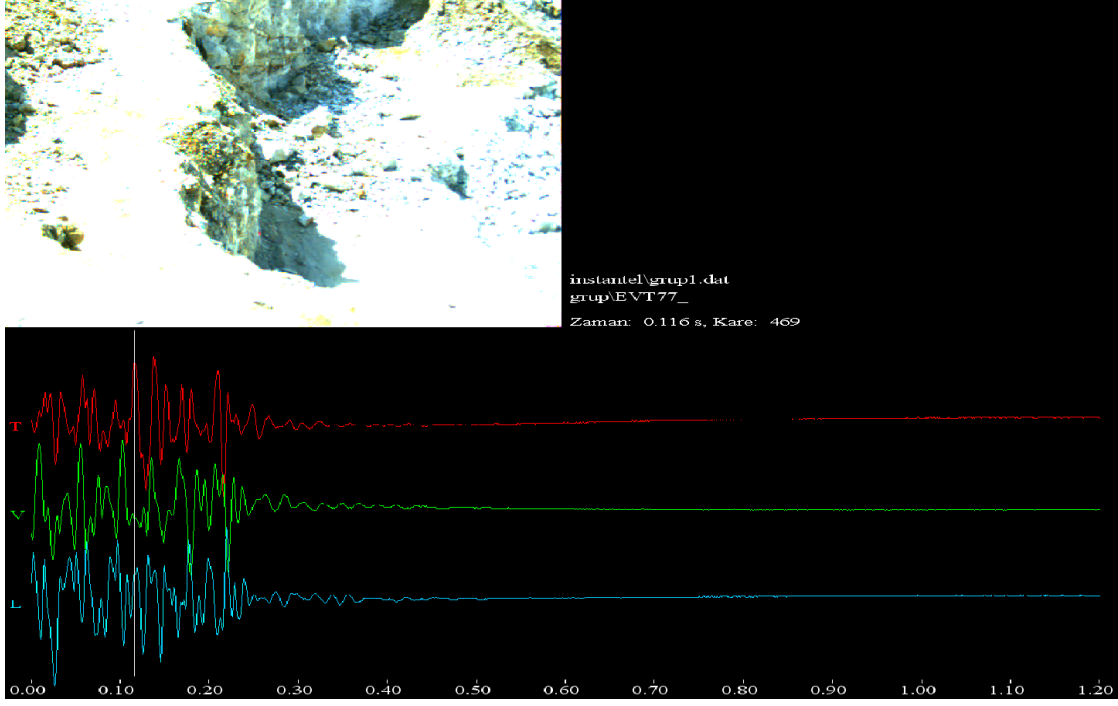
Şekil 5’de programın ekran görüntüsü verilmiştir. Program Grup patlatmasına ait bmp dosyalarını okumaktadır. Önce programda kare kare görüntüler incelenir ve patlamanın başladığı ilk andaki kare belirlenir. Programa giriş dosyası olarak okutulan dosyaya patlamanın başladığı anda çekilen kareye ait bmp dosyasının adı girilir. Baştaş Grup patlatmasından çekilen görüntüler incelendiğinde patlamanın başladığı karenin 411. Kare olduğu belirlenmiştir. Böylece program çalıştırıldığında Şekil 5 sol üstte görülen patlatma karesi 411. karedir. Bir başka deyişle sıfır zamanında, titreşimin başladığı anla görüntü karesi eşleştirilmiştir. Titreşim verisinin üç bileşeni ((T)ransversal, (V)ertical, (L)ongitudinal) Şekil 5’de YHVK görüntüsünün altındadır. En alttaki eksen zaman eksenidir. YHVK 4 saniye görüntü çekebilmektedir ancak titreşim verisi 1.10. saniyelerde bitmiştir. Titreşim verilerinin üzerindeki dikey çubuk, sağ-sol, yukarı-aşağı, page down-page up tuşlarıyla belirlenmiş zaman aralıkları içerisinde sağa sola ilerlemektedir. Dikey çubukla beraber YHVK görüntüleri de ilerlemektedir. Böylece titreşim verisindeki piklerin hangi görüntülerle eşleştiği analizi yapılabilmektedir. Şekil 5’de henüz sıfır zamanındaki titreşim ve patlamanın başladığı 411. kare görülmektedir. Bundan sonraki ardaşık şekillerde (Şekil 6’dan-Şekil 8’e) patlatma sırasında gelişen infilak dalgaları neticesinde yaratılan şok etkisiyle ana kayadan koparak parçalanma sırasında oluşan büyük titreşim genlikleri görülmektedir. Çünkü titreşimler kaya bloklarının ana kayadan ayrılması sırasında oluşmaktadır. Şekil 9’dan sonra, parçalanma ile beraber gelişen yarıktan itibaren kopma süreci tamamlanmıştır; artık patlayıcının şok etkisiyle kayadan ayrılan kütle, patlayıcının gaz etkisiyle ötelenmeye başlamaktadır. Şekil 10 ve Şekil 11’de gözlenen küçük genlikli titreşimler, ötelenen kütlelerin yere düşmeleriyle oluşan titreşimlerdir.



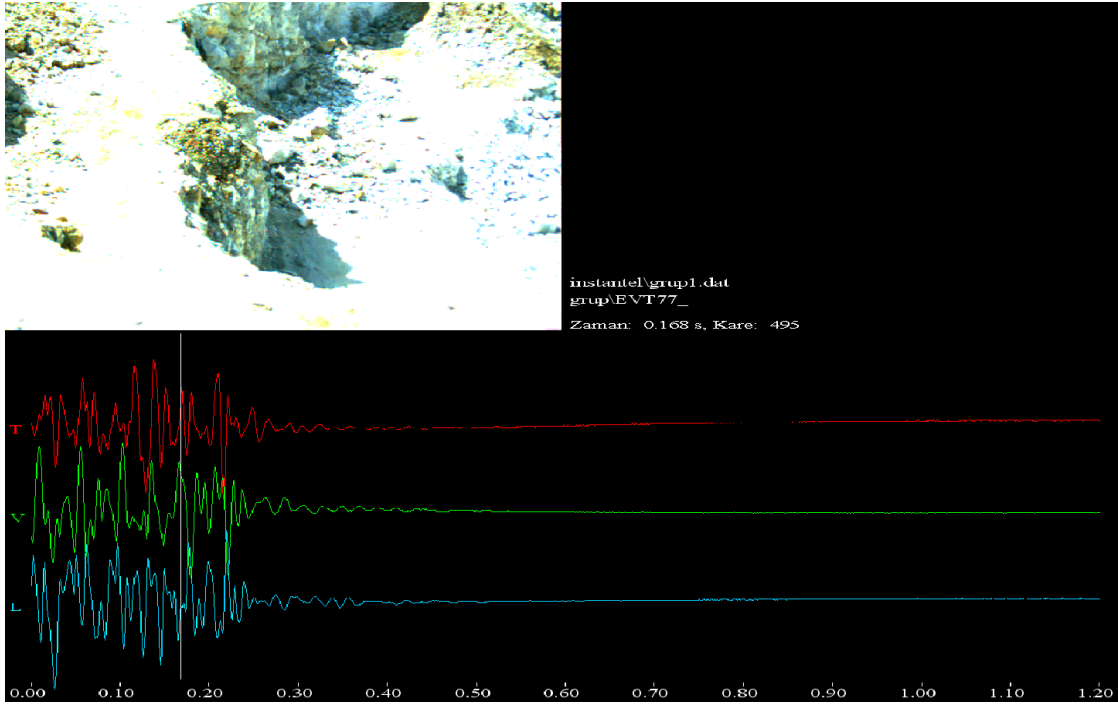
Şekil 5. Titreşimlerin başladığı YHVK görüntüsü (Kare 411)



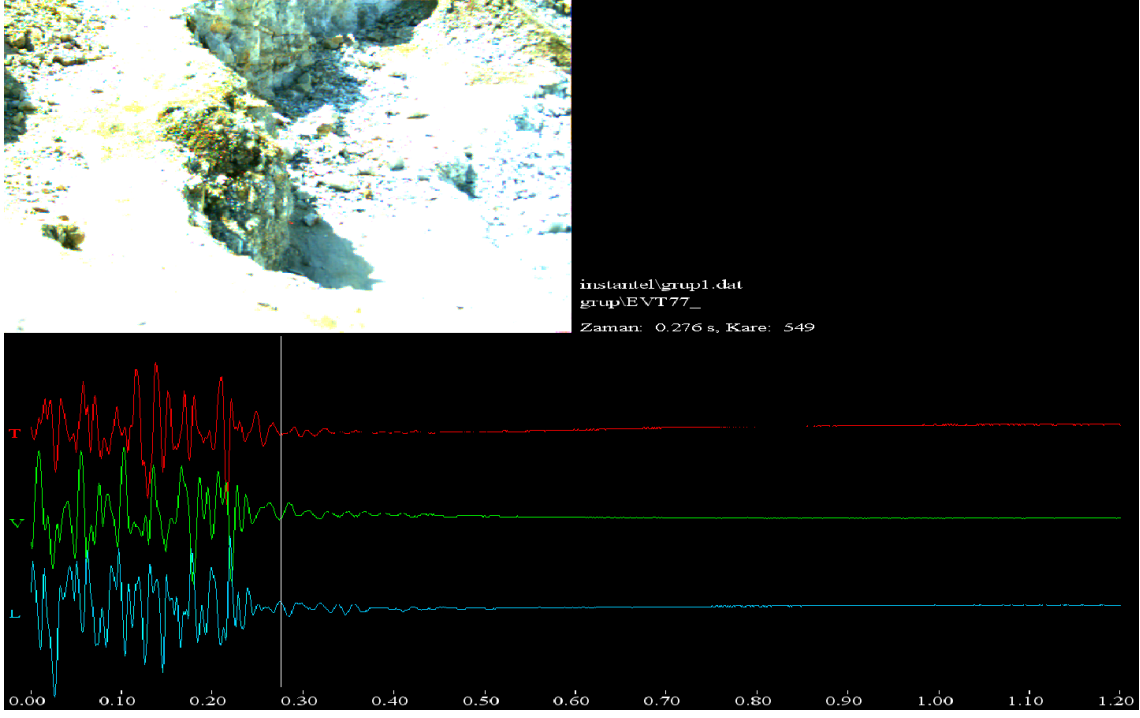
Şekil 6. Düşey bileşende ilk büyük genliğin görüldüğü patlama görüntüsü (Kare 416)



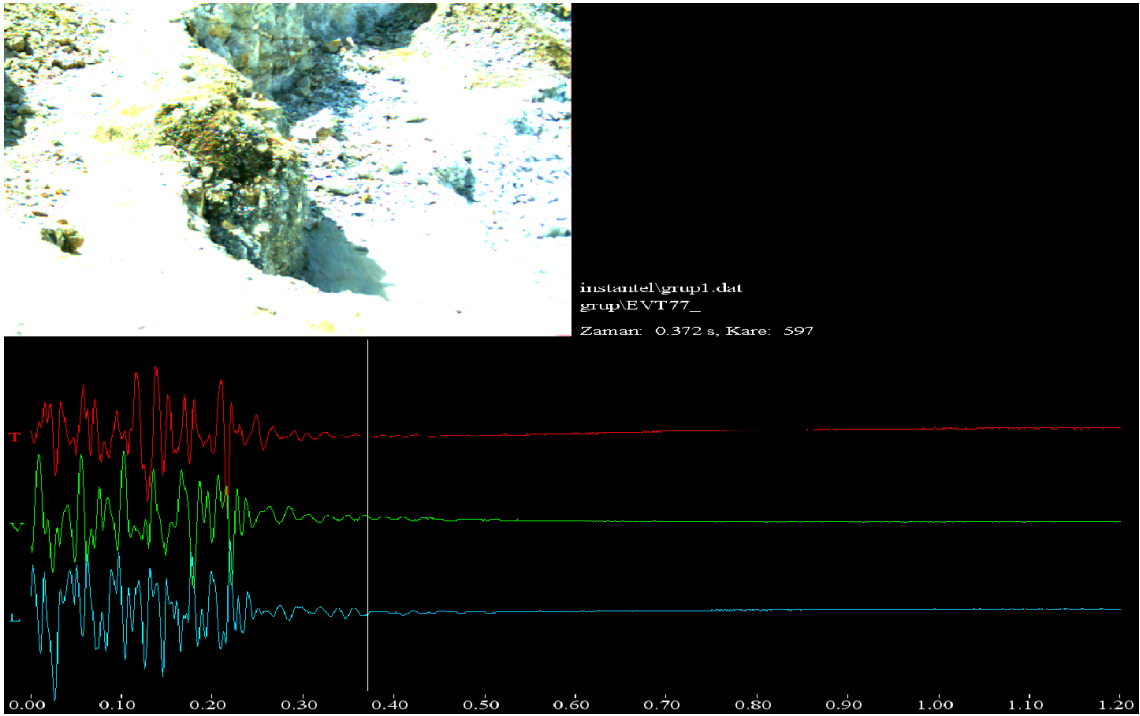
Şekil 7. Aynadan arkaya doğru yarık gelişmeye başlarken yanal bileşendeki genlik artması (Kare 469)



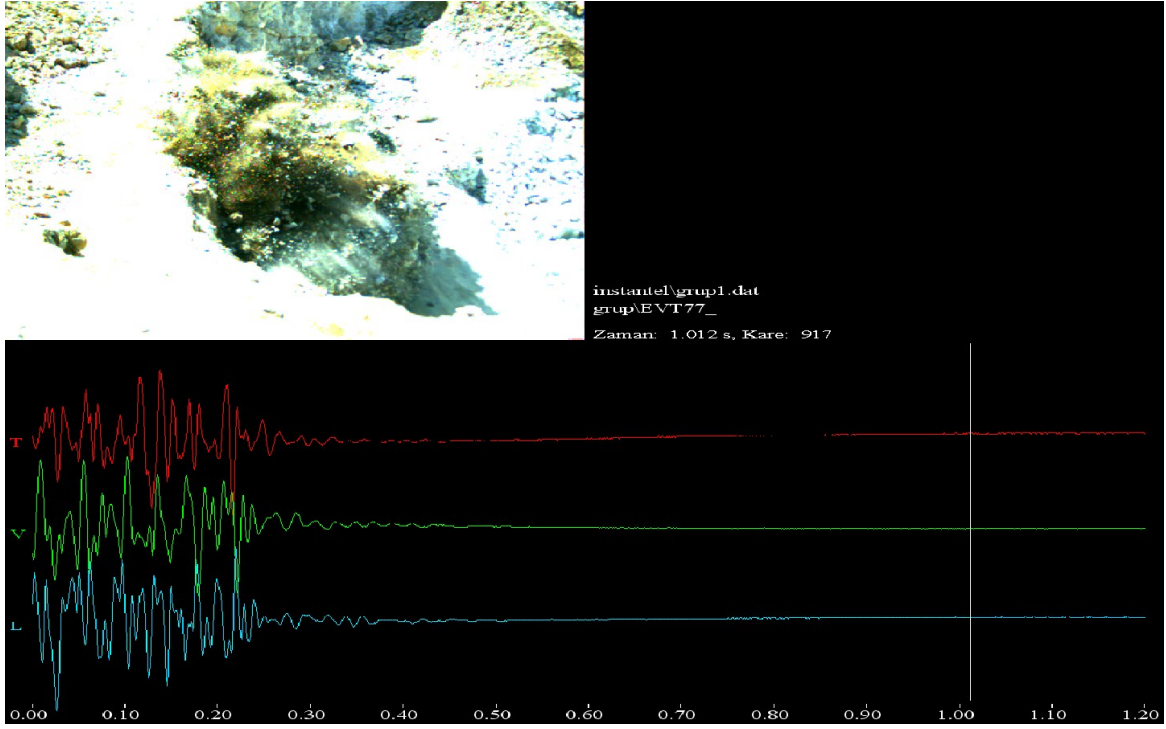
Şekil 8. Yarık gelişirken tüm bileşenlerde genliklerde görülen değişiklikler (Kare 495).



Şekil 9. Gelişen yarıkla beraber kütlelerin ana kayadan kopmaya başlaması ve titreşimlerin azalması (Kare 549)



Şekil 10. Ana kayadan ayrılan ve ötelenmeye başlayan kütlelerden yere düşen parçaların yarattığı titreşimler (Ana kayadan ayrılırken ortaya çıkan büyük genlikler gözlenmiyor) (Kare 597)



Şekil 11. Kopan kütlelerin yere düşerken yarattığı titreşimler (Kare 917)

TKİ GELİ Eskihisar Kömür Ocağı Çalışması

Baştaş Taş Ocağı patlatmalarının değerlendirilmesinde, YHVK ve sismik verilerin eş zamanlı gösterilmesini sağlayacak bilgisayar programı yazılarak kullanılmıştır. Bu yazılım, sismik verideki uzamanın ve girişimin engellenmesi için geliştirilmiş, bir çeşit ters evrişim (dekonvolusyon) yapılmıştır. Eskihisar'da yapılan deneme patlatmasında YHVK görüntüleri ve sismik sinyaller, bu yazılım ile değerlendirilmiştir.

3.1 Çalışma Alanı ve Jeolojisi

Şekil 12'de, TKİ GELİ Muğla ili Yatağan İlçesi Eskihisar kömür işletmesinin lokasyonu görülmektedir.

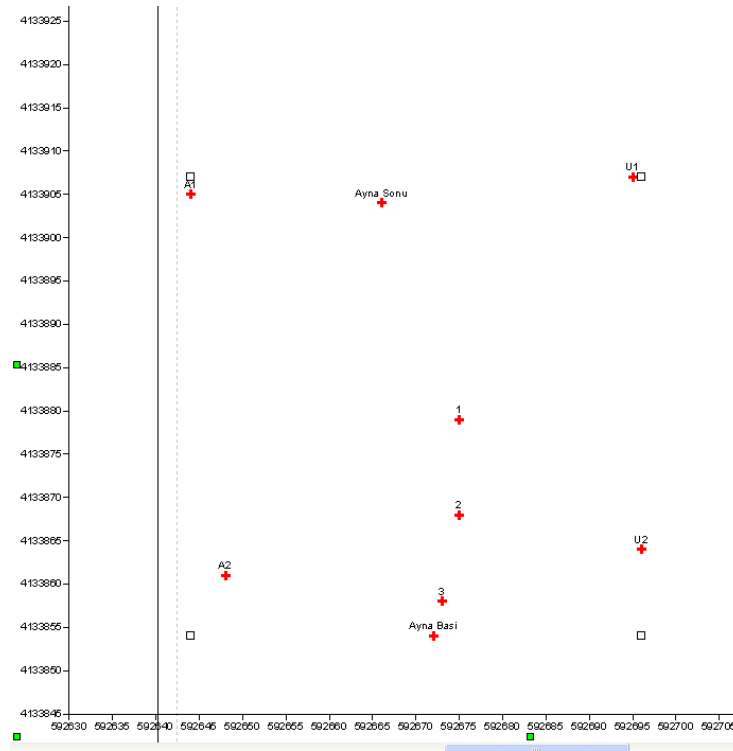


Şekil 12. Eskişehir Kömür İşletmesinin ve çalışma alanının yakın görüntüsü

Çalışma alanında bulunan temel kayaç olan mermer; Yeşilbağcılar'ın kuzeyinde belediye mezbananesinin yakınında ve çöküntü havzasını kuşatan yükseltilerde mostra verir. Eski çalışmalarda mermerlerin masif bir şekilde şistler üzerinde bulunduğuna da değinilmektedir (Ulusay ve Yoleri, 1990). Mermerlerin kesin yaşı hakkında kesin bir fikir olmamakla birlikte değişik araştırmacılar yaptıkları çalışmalarında bu kayaçların Paleozoyik ve Meseozoyik yaşlı olduğunu ifade etmişlerdir (Ulusay ve Yoleri,1990). Neojen yaşlı litolojik birimlerin özellikleri ise yaşlıdan gence doğru sırasıyla özetlenmiştir. Turgut Formasyonu: Etüt alanında mostra veren Neojen çökellerin en altında yer alır. Transgresif aşmayla temel kayaçlar üzerine uyumsuz olarak geldiğinden havza kenarlarında inceler. Formasyon öncel çalışmalarda tipik olarak çalışma alanının kuzeyinde yer alan Turgutlu beldesi yakın çevresinde gözlenerek isimlendirilmiştir. Sekköy Formasyonu: Formasyon linyit horizonu ile başlar, Turgut Formasyonun üst seviyesinde yer alan kömürlü killerin üzerinde uyumlu olarak gelir. Alttan kömürlü killere grift olan bu horizon üstünde Sekköy Formasyonu'nun marn ve kireçtaşları yer alır. Çökelim sürecinin başlangıcındaki kömürlü bataklık çökelleri ile başlayan Sekköy Formasyonu esas olarak marn ve kireçtaşlarının temsil ettiği gölsel çökelleri kapsar ve Turgut Formasyonun üzerine uyumlu olarak gelir. Yatağan Formasyonu: Yatağan Formasyonunu oluşturan karasal akarsu ortamlarına özgü çökeller Sekköy Formasyonunun gölsel dolguları üzerine uyumlu olarak gelir.

3.2 Deneme Patlatması

01.06.2009 tarihinde YHVK ve sismometreleri radio-link sistemi ile kullanarak eş zamanlı very toplanmış; ters-evrişim işlemi ile sinyaldeki uzama ve girişim etkisi giderilmiş; böylece YHVK görüntüleri ve sismik sinyaller eş zamanlı değerlendirilebilir hale getirilebilmiştir. Şekil 13, patlatmadaki arazi düzenini göstermektedir. 1, 2 ve 3 patlatma deliklerini göstermektedir. A1 ve A2 aynanın altındaki bölgeye yerleştirilen titreşim ölçerleri, U1 ve U2 ise aynanın üstündeki bölgeye yerleştirilen titreşim ölçerleri göstermektedir.



Şekil 13. 01.06.2009 patlatmasının arazi düzeni.

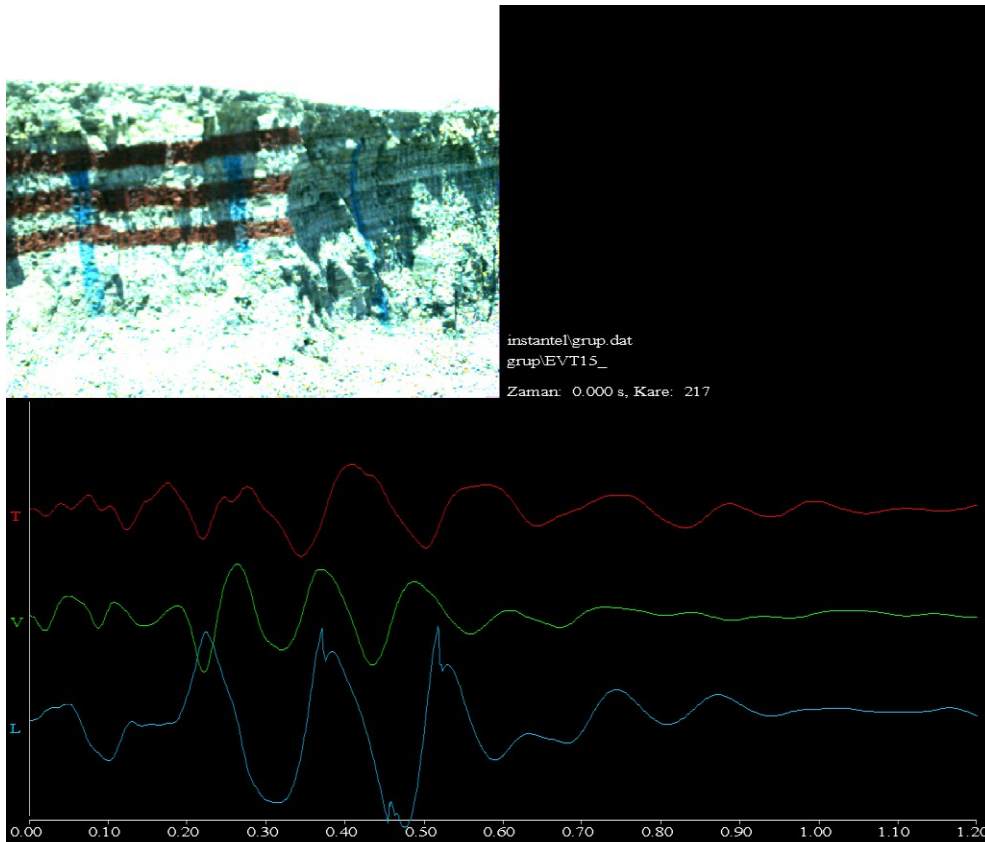
Bu patlatmada delik çapı 165mm, basamak yüksekliği 20 m, patlayıcı madde 100kg ANFO + 0.5kg yemleme, ateşleme sistemi infilaklı fitil gecikme rölesidir (delikler arası 50ms). YHVK kullanımında klasik olarak yapılan iş, renkli markör tahtaları ayna üzerine iple sarkıtma ve patlama sırasında onların hareketini izlemedir. YHVK aynanın yan tarafına konumlandırılan bir yerden markör hareketini izler. Bu çalışmada, aynayı renkli boya ile karelajlama biçiminde yeni bir uygulama başlatılmıştır. Bunun sebebi, ayna yüzeyine iplerle sarkıtılan markörlerin patlama sırasında aynadan bağımsız hareket etmesidir. Oysaki aynanın kendisini renkli boya ile boyarsak, ayna yüzeyinde gelişen olayların YHVK ile daha rahat izlenebileceği düşünülmüştür. Aynanın karelajlanması işi için sepetli vinç getirilmiş, içine giren bir işçi arkadaşımız kompresör ve pompa yardımıyla boyayı ayna püskürterek karelajlama işini

gerçekleştirmiştir. YHVK, aynanın karşısındaki ekskavatör üzerine konmuştur (Şekil 14). YHVK ve titreşim ölçerler radyo-telekomunikasyon sistem sayesinde eş zamanlı kayıt almışlardır.

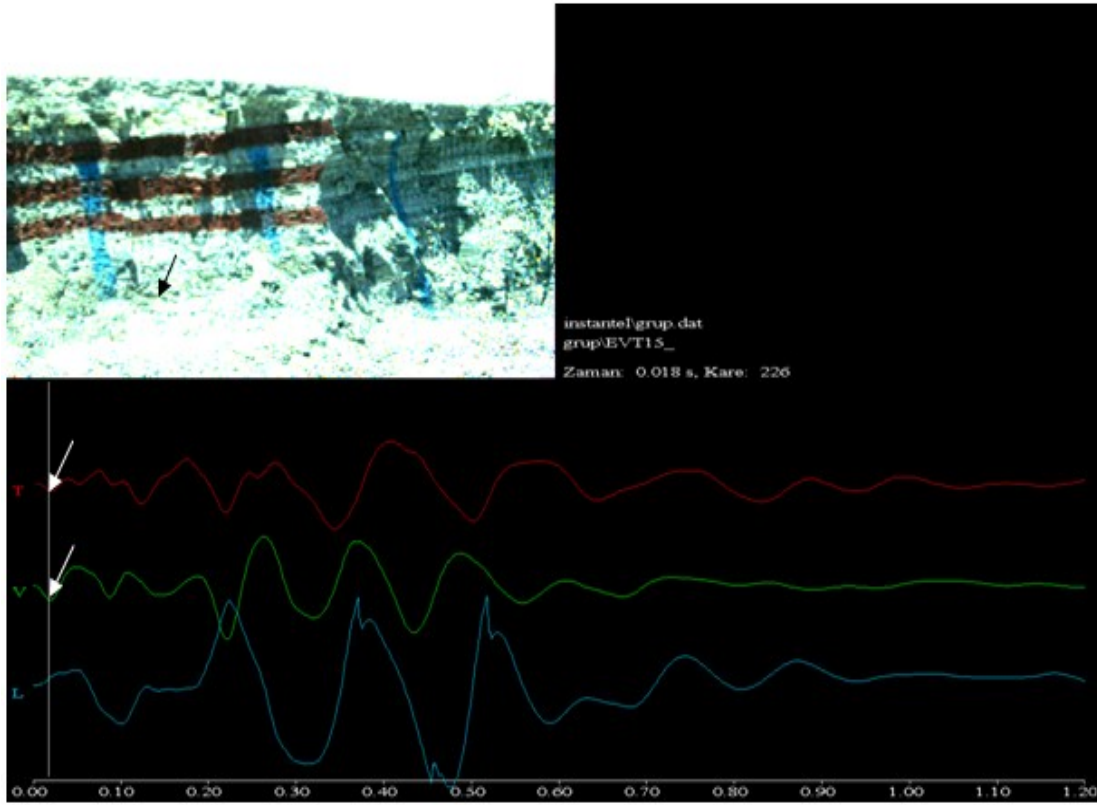


Şekil 14. Aynayı boyama işlemi ve YHVK lokasyonu

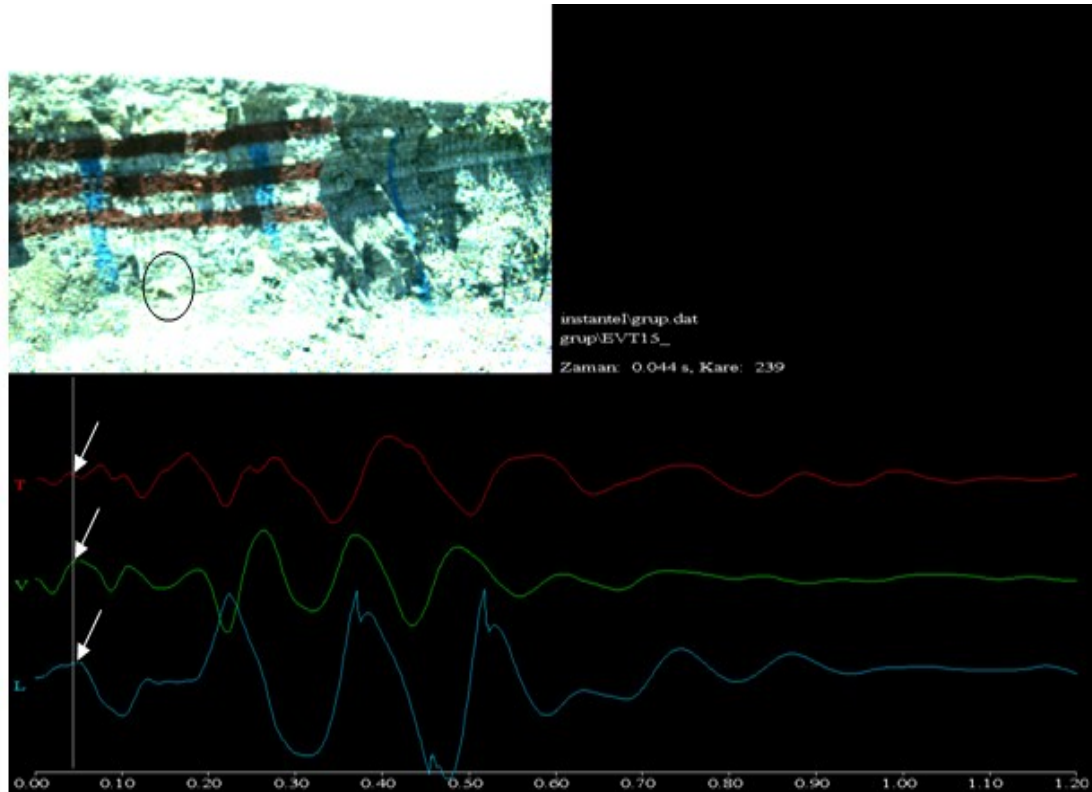
YHVK ve titreşim ölçer verileri, geliştirilen program sayesinde eş zamanlı biçimde değerlendirilecek veri işleme tabi tutulmuşlardır. Şekil 15 - 22 arasında YHVK ve titreşim verileri birlikte incelenmiştir.



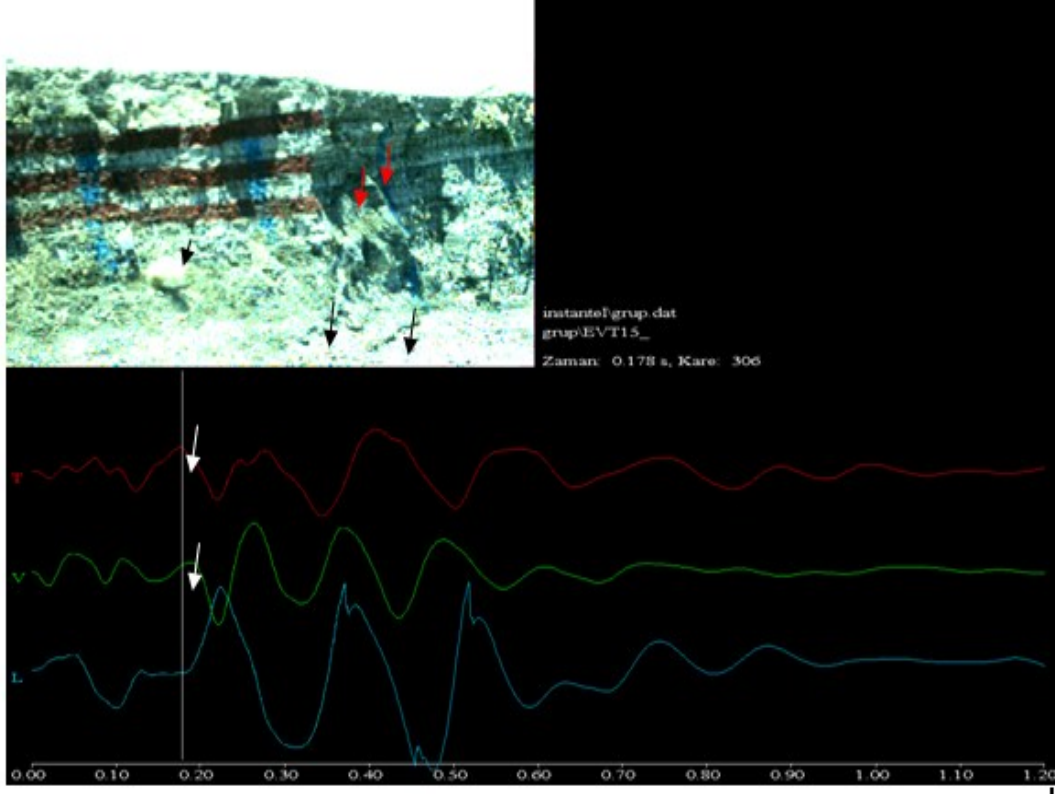
Şekil 15. Eş zamanlı yapılmış YHVK görüntüsü ve sismik veri (Kare 217).



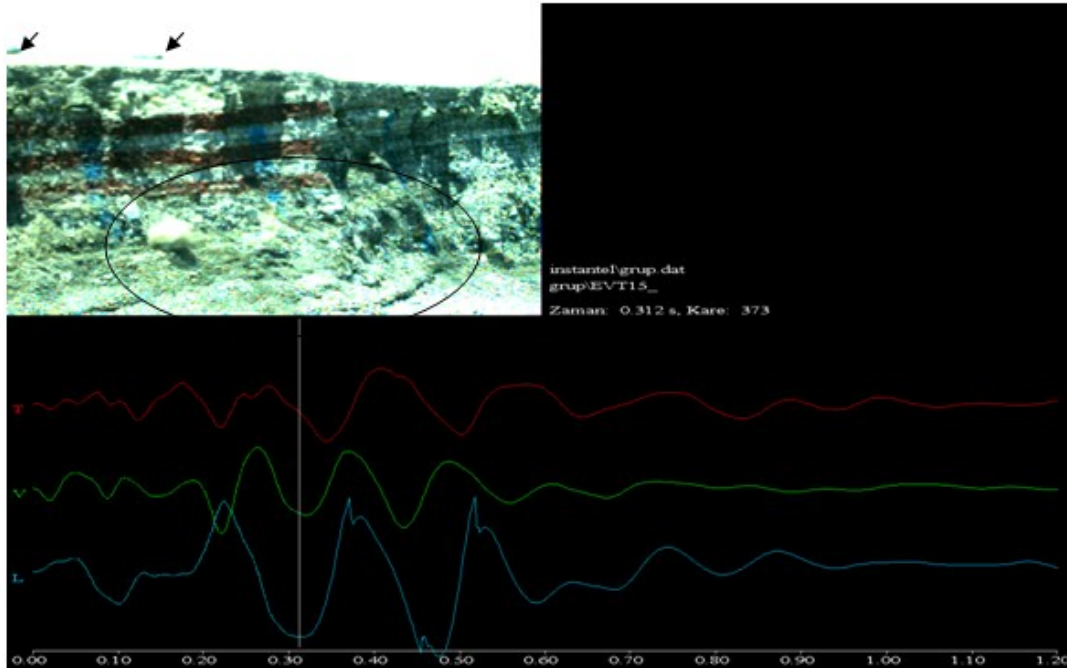
Şekil 16. Yanal ve düşey bileşen sismik veride görülen ilk negatif büyük pikler (beyaz ok), YHVK 'da okla gösterilen yerde, deliğin dibinden başlayıp ilerleyen bir yarıktır.



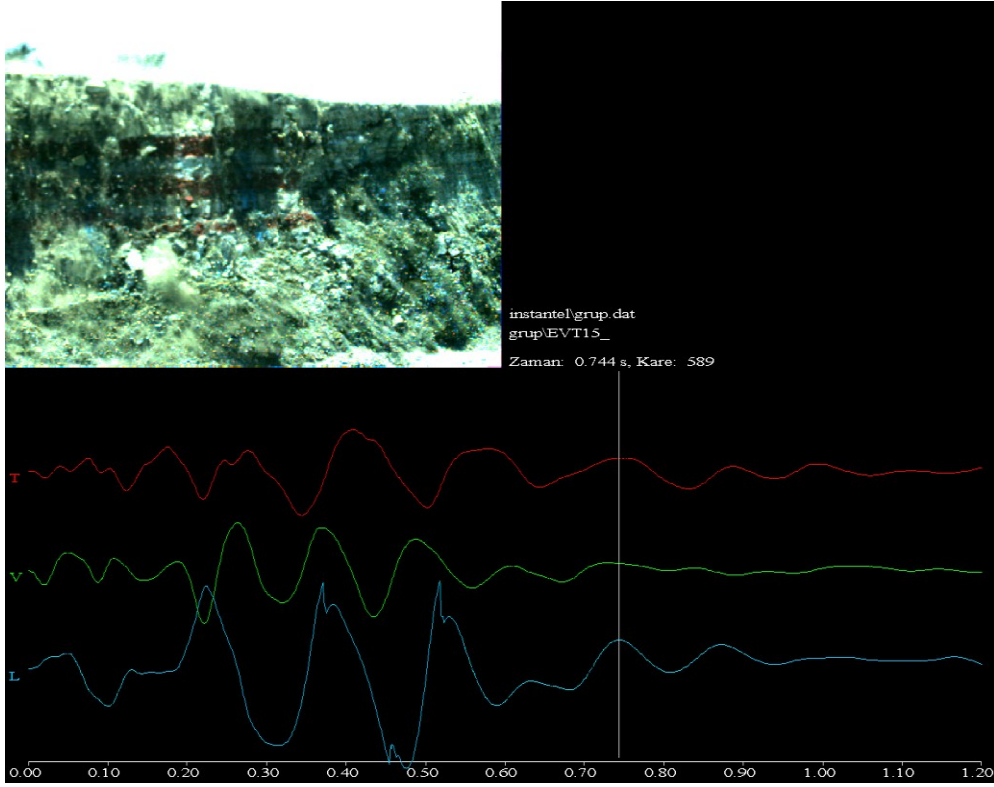
Şekil 17. Şekil 16'da gösterilen yarık ilerlemiş ve daire içinde gösterilen ilk püskürme görülmüştür. Bu püskürme sismik verinin 3 bileşeninde de büyük pozitif genlik olarak kendini göstermiştir.



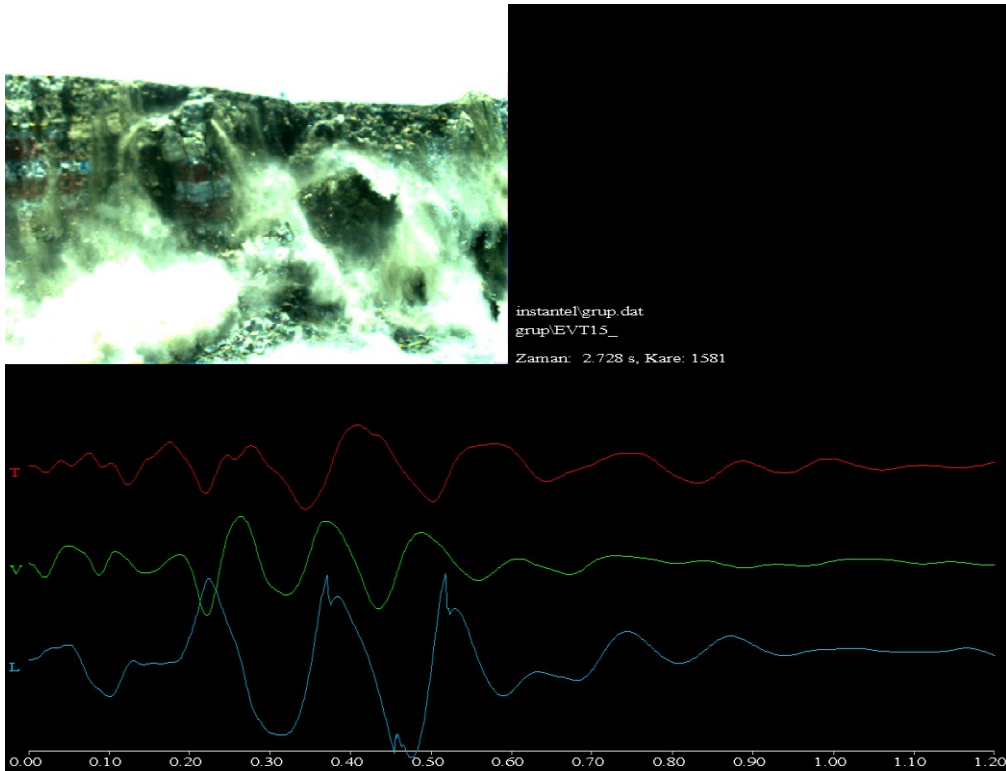
Şekil 18. Delik tabanından püsküren gaz ve toz bulutu artmış, öte yandan tabanda aynanın ötelenmesiyle oluşan malzeme ilerlemesi görülmüştür. Aynı zamanda, kırmızı oklar, delik tabanından yukarı doğru parçalanmayı göstermektedir. Bu durum yanıl ve düşey bileşende pik vermiştir.



Şekil 19. Patlayıcı enerjisi delik tabanından yukarı kadar çıkamadığı için, sadece deliklerin alt bölgelerinde parçalanma ve ötelenme oluşumu. Boyalı olan yerlerde henüz bir değişiklik yok. Ayrıca, okla gösterilen yerlerdeki deliklerden yetersiz sıkılamadan kaynaklanan gaz çıkışı, olmuştur.



Şekil 20. 0.744 saniyede 3 bileşende de genlik büyümesi vardır. Ancak bundan sonra iç öğütme ve parçalanma durmuş, dolayısıyla sismik veri sakinleşmiştir. Yere düşen parça ve bloklar sismik veride herhangi bir büyük genlik vermemektedir. Asıl titreşime neden olanlar, 0.744. saniyeden önce meydana gelen kopma, ayrılma, parçalanma sürecidir.



Şekil 21. Boyalı bölgeler parçalanmadan blok halinde düşmüştür.

3. Sonuçlar

Çalışma kapsamında, YHVK ve titreşim verilerinin bir arada eş zamanlı değerlendirilebileceği bir bilgisayar programı yazılmıştır. Titreşim verilerinin zamanda gecikmesinden kaynaklı, görüntü ile asenkronizasyon problemi ve girişim etkisinin giderilmesi için ters evrişim uygulanmıştır. Böylece, patlatmalara ait sismik sinyaller incelenirken, sinyallerde görülen ve anlamlandırılmayan büyük ya da küçük genlikler, onlarla eş zamanda kaydedilen YHVK görüntüleri incelenerek anlamlandırılmaya çalışılmıştır.

Baştaş Uygulamasında:

YHVK ve Titreşim verileri birlikte analiz edilmiş, patlatma ile birlikte ilk 25ms de patlayıcının yarattığı şok etkisiyle ana kayadan kopma ve parçalanma sürecinin geliştiği ve 3 bileşende de gözlenen büyük genliklerin bu süreç içerisinde olduğu gözlenmiştir. 25. ms den titreşimlerin bittiği 1.20. saniyeye kadar küçük titreşimler gözlenmiştir. Ancak bunlar, şok etkisiyle ana kayadan kopma sırasında olan titreşimler olmayıp, patlayıcının gaz etkisiyle ötelenenerek yere düşen kütlelerin yarattığı titreşimlerdir.

Eskihisar Uygulamasında:

İşletme yetkilileri, 500m kadar yakında olan Yeşilbağcılar beldesi ile olumsuzluk yaşamamak için her patlatmada 3, en fazla 5 delikli patlatmalar yapmaktadır. Bu patlatmada 3 delik kullanılmıştır. Ayrıca basamak yüksekliği fazladır (20 m). Delikler delinirken aynaya yakın delindiği de fark edilmiştir. Delici operatörün de delme sırasında biraz fazla öne doğru deldiği düşünülmektedir. Zira, Şekil 17-20 arasında görüleceği üzere, patlatmanın ilk saniyelerinde patlayıcı enerjisinin bir kısmı, gaz olarak delik dibinden püskürmüştür. Delik boyları uzun olduğu için yemleme miktarı, kolon boyunca infilakı devam ettirmeye yetmemiş, deliklerin tabanında başlayan infilak ortalarında bitmiş, dolayısıyla üst kısımlar parçalanmadan büyük bloklar olarak düşmüştür. Bu durumda, delik sayısını arttırarak deliklerin birbirleriyle yardımlaşmalarının sağlanması (İç öğütme) önerilmiş, titreşim probleminin uygun gecikme elemanları kullanarak çözülebileceği söylenmiştir. Araştırmacılar titreşimi en aza indirme konusunda, 2005-2007 yılları arasında aynı bölgede çalışmışlar ve yeni bir metot geliştirerek yayınlamışlardır (Aldaş ve Ecevitoglu, 2008).

Bazı deliklerde, sıkılama yetersizliğinden dolayı gaz püskürmesi olduğu tespit edilmiş (Şekil 19), bu konuda gereken bilgilendirme yapılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Tübitak tarafından desteklenen 108 M359 numaralı proje kapsamında yürütülmüştür. Çalışmanın arazi çalışmaları Baştaş Çimento'ya ait taş ocağı ve TKİ Eskişehir Kömür İşletmesi ocağında yapılmıştır. Yazarlar, her iki işletmenin yetkililerine ve delme-patlatma sorumlusu mühendislerine, projenin arazi çalışmalarına yaptıkları katkıdan dolayı teşekkür ederler. Ayrıca, çalışmalar sırasında yardımlarını esirgemeyen Aslı Z. Can ve Başak Toprak, Ezel babayiğit ve İsmail Ergüder'e de teşekkür ederler.

Kaynaklar

Adhikari G.J., Theresraj A.I., Venkatesh H.S., 2004. Ground Vibration Due to Blasting in Limestone Quarries, *Fragblast*, Vol.8, No.2.

Aldaş, G.G.U, Ecevitoglu, B., 2008. Waveform Analysis in Mitigation of Blast-Vibration. *Journal of Applied Geophysics*. Vol.66, pp 25-30.

Aldaş G.G.U., Esen S.,1999. Sivas Demir Export Kangal Kömür İşletmesinde Barutsan A.Ş. Patarge Projesi Kapsamında Araştırma Raporu.

Aldaş, G.U., Bilgin, H.A.,2004. Effect of Some Rock Mass Properties on Blasting Induced Ground Vibration Wave Characteristics at Some Open Pit Mines", *CIM Bulletin* Vol. 97. No:1079. pp.52-59

Aldaş G.G.U., Bilgin H.A., Esen S., 2001. Timing Simulation for the Selection of Optimum Delay Time, 17th International Mining Congress, Ankara Turkey, 317-322.

Blair D.P., 2008. Non-Linear superposition models of blast vibration. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 45. 235–247.

Blair D.P., 200. The frequency content of ground vibration. *Fragblast*, Vol.8, No:3, p.151-176.

Chiepetta R.F., 1998. Blast Monitoring Instrumentation and Analysis Techniques, with an Emphasis on Field Applications. *Fragblast*, Vol.2 No:2, 79-122.

Dowding, C.H., 1992. Monitoring and Control of Blast Effects, *SME Mining Engineering Handbook*, pp. 746-760.

Dowding, C.H., 1985. *Blast Vibration Monitoring and Control*, Prentice-Hall, 297 pages.

Konya, C.J., Walter, E.J., 1991. Rock blasting and overbreak control. *Precision Blasting Services*, Montville, Ohio, Report to U.S. Dept. of Transportation Federal Highway Administration, December, 415 pages.

Kuzu C., 2001, Nasuf E., Örgün Y., Yalçın T., Öztürk A., 2003. Büyükçekmece Gölü

Batısı Alanda İşletilen Taş Ocaklarındaki Üretim Atımlarından Kaynaklanan Sarsıntıların İncelenmesi, IV Kuvaterner Çalıştay.

Olofsson, S.O., 1998. Applied explosives technology for construction and mining. The publisher name is APPLEPLEX, P.O.Box 71 Sweden, pp.304.

Siskind, D.E., Crum, S.V., Plis, M.N., 1993. Blast Vibrations and Other Potential Causes of Damage in Homes Near a Large Surface Coal Mine in Indiana, RI 9455, Bureau of Mines, 62 pages.

Siskind, D.E., Crum, S.V., Otterness, R.E., Kopp, J.W., 1989. Comparative Study of Blasting Vibrations From Indiana Surface Coal Mines, RI 9226, Bureau of Mines, 41 pages.

Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H., 1980. Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration from Surface Mine Blasting, RI 8507, Bureau of Mines, 74 pages.

Ulusay R. ve Yoleri M.F., 1990. TKI Yatagan Slope Stability Report. MTA Report No: 9089.

Venkatesh H.S., 2005. Influence of Total Charge in a Blast on The Intensity of Ground Vibrations-Field Experiment and Computer Simulation, Fragblast, Vol.9, No.3.

Ankara - İstanbul Yüksek Hızlı Tren Demiryolunda Balast Hammaddesi Olarak Granit ve Bazaltın Birlikte Kullanılabilirliğinin Araştırılması ve Aşınma Dayanımlarına Etkisi

Investigation of the usability of granite and basalt as balast raw material in Ankara - İstanbul high speed railway project and the effect to the abrasion resistance

Kenan Oğul¹, İsmail Topal^{2*}, Evren Poşluk¹

¹ Ankara – İstanbul Yüksek Hızlı Tren Projesi 2.Etap Yapım Grup Müdürlüğü, Bozüyük/Bilecik

² Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya

*Sorumlu Yazar: itopal@hotmail.com

Özet

Ankara - Eskişehir Hızlı Tren Demiryolunda ilk yapım aşamasında balast hammaddesi olarak granit tercih edilmiştir. Yapım aşamasında fazla miktarda tüketim olacağı için granit ocağı işletilmiş ve ihtiyaç duyulan balast buradan sağlanmıştır. Demiryolu yapımı tamamlandıktan sonra balast talebi olmaması nedeni ile granit ocağı kapatılmıştır. Ancak demiryolunda bakım-onarım çalışmalarında sürekli olarak balast malzemesine ihtiyaç duyulmaktadır. Balast malzemesinin stoklardaki bulunan granitten temin edilmesi yoluna gidilmiştir. Stokların hızla tükenmesinden dolayı ilk yapım aşamasında granit olarak kullanılan balast malzemesinin demiryolu bakım-onarımı sırasında stoklarda bol miktarda mevcut olan bazalttan kullanımının uygunluğu her iki malzemenin birlikte kullanımı sırasında üzerlerine gelecek yük ile birbirlerini aşındırmaları açısından uygunluğu yapılan deneysel çalışmalarla araştırılmıştır. Yapılan deneysel araştırmalar sonucunda her iki balast malzemesinin birbirini aşındırmayacağı ve birlikte kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Balast hammaddesi, granit, bazalt, demiryolu.

Abstract

Granite has been preferred as ballast raw material in the first construction phase in Ankara-Eskisehir High Speed Railway Project. It has been thought that there will be too much consumption under construction and because of this reason, granite quarry has been operated and needed ballast has been provided from here. After completion of the railway construction, granite quarry has been closed due to the lack of demand for ballast. However, there is always needed for the ballast material in maintenance and repair works in the railway. It has been decided to provide the ballast material from the granite in the stocks. Due to the rapidly exhausted stocks, granite has been used as ballast material in the first construction phase and it has been investigated that it is ideal using the ballast material from basalt which is abundant in stocks during the railway maintenance and repair and they are also ideal in terms of abrasion each other with weight during the concomitant use of both material. As a result of experimental researches, it has been determined that both ballast materials will not abrasion each other and they can be used together.

Key Words: Balast material, granite, basalt, railway.

1. Giriş

Demiryolu, hat denilen özel bir yol üzerinde mekanik olarak hareket eden araçlarla çekilen yolcu ve yük taşıma sistemine verilen addır (Bozkurt, 1989). Bir demiryolunda altyapı platformu üzerine oturan yapı kısmına üstyapı denilmektedir. Üstyapıyı oluşturan elemanlar kabaca ray, travers, balast ve küçük yol malzemeleridir (Bozkurt, 1989).

Balast, traversler tarafından iletilen tüm etkileri kalıcı çökmelere uğramadan ve daneleri arasındaki sürtünme ile yayarak altyapıya ileten ve yol çerçevesine elastik bir yatak oluşturan; 30-60 mm. ebadında kırılmış, keskin köşeli ve keskin kenarlı sert ve sağlam taşlardır (Anonim,2008).

Yüksek standartlı demir yollarında (22,5 ton dingil yükü) balast malzemesi çatlaksız magmatik kayalardan konkasör yardımıyla tüm köşeleri kırılmış 22,4mm-63mm dane çapına sahip olmalıdır. Bunun yanında Los Angeles Aşınma değeri 1000 devir sonunda % 15'e eşit veya daha az olmalıdır. Su emme testinin sonucu % 1,5'e eşit veya daha az, Magnezyum sülfat testine göre 10 devir sonunda ağırlık kaybı % 5'i aşmamalıdır (Sözel, 1984).

Ankara-Eskişehir arasında inşası yapılan yüksek hızlı demir yolunda balast olarak granit kullanılmıştır. Demir yolu inşaatı bitiminden itibaren balast sağlanan ocak kapatılmış, bakım-onarım için gerekli olan balast malzemeleri stoklardan sağlanılmaya başlanmıştır. Stokların hızla erimesi ve granit ocağının kapatılmış olması stoklarda çokça bulunan bazalt kökenli balastın granit kökenli balastların birlikte kullanılıp kullanılamayacağından yola çıkılarak bu çalışma yapılmıştır.

1.1 Granit

Balast malzemesi olarak kullanılan granitler, Sivrihisar plütonundan elde edilmiştir. Sivrihisar çevresindeki felsik plutonik kayalar monzonit, kuvars-monzonit bileşiminde olup mafik ve felsik dayklar tarafından kesilmektedir (Kibar vd.,1992).

Granitler asit karakterde, açık renkte granüler dokuya sahip kayalardır. Kristalleri iri ve hemen hepsi aynı büyüklüktedir. Esas minerallerini kuvars, feldspat ve mika teşkil eder. Granitler sert ve dayanıklı kayalar olmakla beraber bir kısmı çeşitli nedenlerle kimyasal ayrışma ve fiziksel parçalanmaya uğrayarak *granit topografyası* adı verilen özel yer şekillerinin oluşmasına yol açarlar. Granitlerin dayanıksız olmalarında rol oynayan faktörler

şunlardır: biotit ile plajyoklaz tipi feldspatların bolluğu, diyaklazlı veya çatlaklı yapı, iri kristalli oluş. Bol miktarda biotit ve plajyoklaz tipi feldspat minerali içeren granitler bu minerallerin asitlerden kolay etkilenmeleri ve kimyasal ayrışmaya uğramaları nedeniyle çözülürler. Granitlerin nisbeten iri kristalli olanları diğerlerine nazaran daha dayanıksızdır. Çünkü iri kristaller kimyasal ayrışma ve fiziksel parçalanmaya karşı daha büyük bir yüzey teşkil ederler. Granitler diyaklazlı veya çatlaklı bir yapı gösteriyorlarsa, bu diyaklazlar veya çatlaklar boyunca kayacın derin kısımlarına sokulan aşındırma etmenleri onu parçalar.

1.2 Bazalt

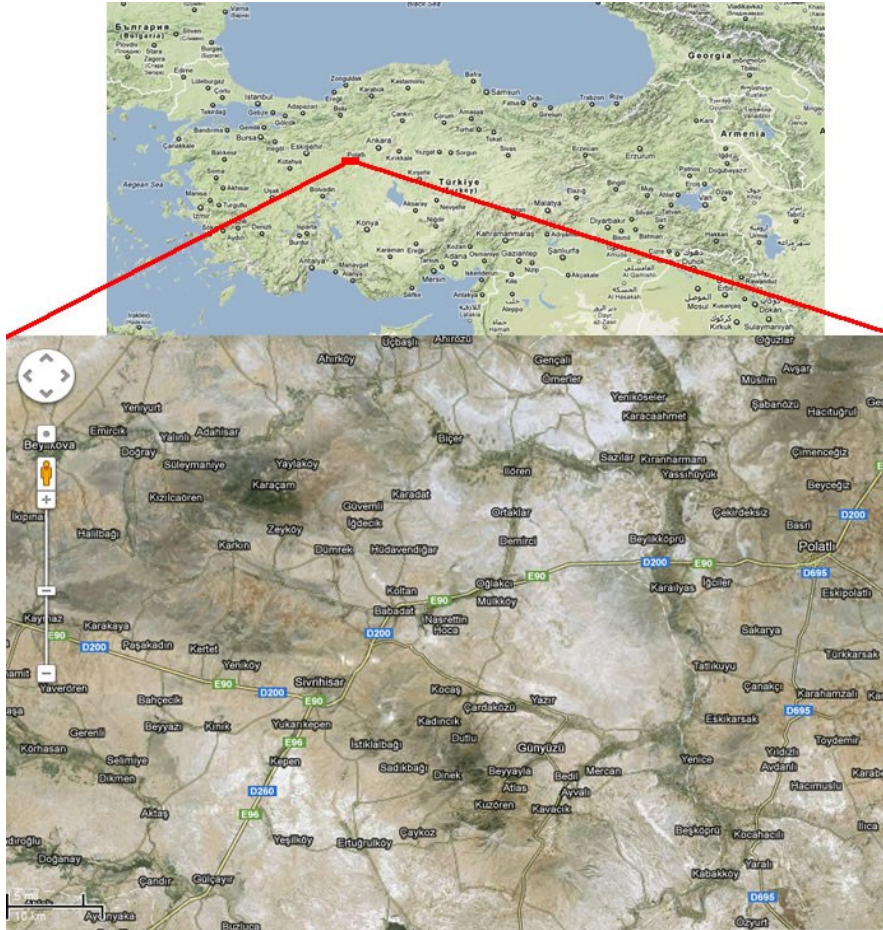
Balast olarak kullanılacak olan bazalt, Polatlı yakınlarındaki ocaktan temin edilmektedir. Bazalt genel olarak yerkabuğunun çatlaklarından dışarı çıkan, erimiş lavların soğuyup katılaşmasıyla oluşan volkanik bir kayaç türüdür. Bazaltların rengi kurşuni ya da siyah, yoğunluğu da öbür volkanik kayaçların çoğundan daha fazladır. Yapısındaki başlıca mineraller feldispat, piroksen, olivin ve demir oksitleridir. Bazalt kayaçlarının hemen hepsi kristalli yapıdadır; yalnız lavların hızla soğumasıyla oluşan bazaltlar camsı bir görünüm kazanır.

Bazalt lavları volkanlardan çıkarken içerlerindeki gazlar uçar ve taşın içinde boşluklar oluşur. Bu türlere boşluklu bazalt denir.

Bazaltlar yeryüzünde dayk, sil, örtü, akıntı gibi pek çok halde bulunur. Türkiye’de bazaltlara spilit, pilow lavı, akıntı veya geniş platolar ve örtüler halinde pek çok yerde rastlanır. Bunların büyük bir kısmı Miosen sonrası ve Kuvaterner başındaki püskürmelerle oluşmuştur (Ünsal, 1993).

Özellik	Bazalt	Granit
Darbe İş İndeksi (WI) (t/m ³)	20±4	16±6
Özgül Ağırlık (t/m ³)	2,9-3,0	2,7
Yoğunluk (t/m ³)	1,8	1,6
Aşınma İndeksi (AI)	0,2±0,1	0,55±0,1
Basınç Dayanımı (MPa)	300-400	200-300
Agrega Kırılma Değeri (ACV)	16	26
Agrega Darbe Değeri (AIV)	11	19
Elastik Modül (GPa)	56,1	52,7
Poisson Oranı	0,23	0,20

Çizelge 1. Bazalt ve Granit'in bilinen bazı özellikleri (Hudson 2005, Metso 2008)



Şekil 1. Balast ocakları yer bulduru haritası.

2. Deneysel Çalışmalar

Balast malzemesi olarak granit ve bazalttan elde edilen balastın birlikte kullanımının birbirlerinin aşınma dayanımlarına etkisinin tespit edilebilmesi için iki tür deney yapılmıştır. Bunlardan ilki Los Angeles aşınma dayanımı deneyidir. Los Angeles aşınma dayanımı deneyi AASHTO T 96-74 standardına göre yapılmıştır. Söz konusu standartta deneye tabi tutulacak numunelerle birlikte tambur içine 12 adet metal top atılmaktadır.



Şekil 1-Granit ve Bazalt

İkinci aşamada Los Angeles deneyi topsuz olarak yapılmıştır. Buradaki amaç deneyde aşındırma amaçlı kullanılan toplar olmadan (otojen olarak) numunelerin ayrı ayrı aşınma dayanımlarının tespiti ve iki numunenin birbirini aşındırması durumunun tespitidir.



Şekil 2. Aşındırma deneyi sonrası bazalt ve granit.

Yapılan iki tür deneylerde öncelikle ayrı ayrı balast numunelerine uygulanmış daha sonra aynı miktar ve boyutlarda karıştırılan granit ve bazalt numunelerine uygulanmıştır.

Deney sonuçları Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2’de verilmektedir.

Numune	Numune mik. (gr)	1,7 mm üstü mal. mik (gr)	Los Angeles Aşınma Değeri (LA)
Granit	10033	8690	13,38
Bazalt	10024	8840	11,80

Çizelge 2.1 Granit ve Bazalt numunelerinin Los Angeles Aşınma Dayanımı deney sonuçları (12 top 1000 devir)

Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi Granit’in LA değeri 13,38 iken Bazalt’ın 11,80 olarak bulunmuştur. Bu durumda Granit’in aşınma dayanımının Bazalttan daha düşük olduğu görülmektedir. İkinci aşamada eşit miktarda Granit ve Bazalt numunesi karıştırılarak Los Angeles deneyi yapılmıştır.

Numune	Numune mik. (gr)	1,7 mm üstü mal. mik (gr)	Los Angeles Aşınma Değeri (LA)
Granit	5052	4303	14,82
Bazalt	5048	4343	13,97
Granit + Bazalt	10100	8646	14,41

Çizelge 2.2 Granit ve Bazalt numunesinin birlikte Los Angeles Aşınma Dayanımı deney sonucu (12 top 1000 devir)

Çizelge 2.2’de görüldüğü gibi iki numune karıştırılarak yapılan deney sonucu toplam aşınma değeri (LA) 14,41 olmuştur. Ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise karışık numune içindeki Granit’in aşınma değeri 14,82, Bazaltın aşınma değeri ise 13,97 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar yapılmış olan ilk deney sonuçları ile karşılaştırıldığında hem ayrı ayrı Granit ve Bazaltın aşınma değerinin arttığı hemde birlikte değerlendirildiğinde arttığı görülmektedir. Ancak artış birlikte kullanılmalarının sakıncalı olabileceği düzeyde değildir. Burada aşınma dayanımı değeri daha yüksek olan bazaltın tek başına LA değeri 11,80 iken birlikte yapılan

deneyde 13,87'ye çıkmıştır. Granitin tek başına LA değeri 13,38 iken birlikte LA değeri 14,82 ye çıkmıştır. Deney sonuçlarına göre söz konusu demiryolunda kullanılmış olan granit in aşınma değeri önemli derecede değişmeyecektir.

Üçüncü aşamada Granit ve Bazalt numunelerinin ayrı ayrı Los Angeles deneyleri topsuz olarak yapılmıştır. Buradaki amaç kayaçların otojen aşınma dayanımı değerlerinin bulunabilmesidir.

Numune	Numune mik. (gr)	1,7 mm üstü mal. mik (gr)	Los Angeles Aşınma Değeri (LA)
Granit	10047	9152	8,91
Bazalt	10013	9140	8,72

Çizelge 2.3 Granit ve Bazalt numunelerinin ayrı ayrı otojen değirmen aşınma değerleri (topsuz 1000 devir)

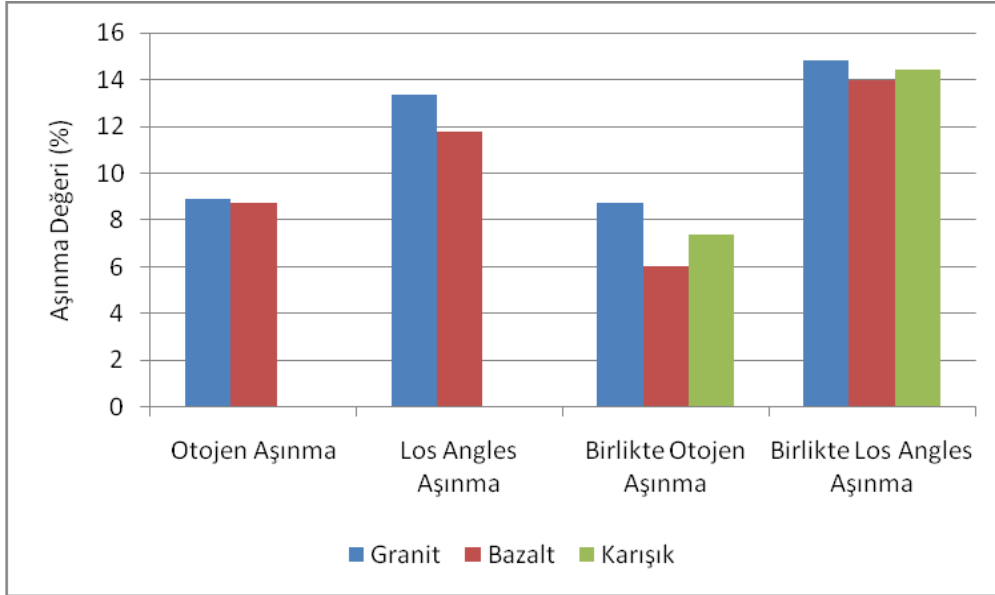
Çizelge 2.3'te görüldüğü gibi otojen olarak yapılan aşındırma işleminde Granit in aşınma dayanımı değeri 8,91 Bazaltın ise 8,72 dir. Bu sonuçlara göre kullanım bölgesinde birbirlerini aşındırabilme ihtimalleri düşünüldüğü için aşındırıcılık değerlerinin neredeyse aynı olduğu görülmektedir.

Dördüncü aşamada Granit ve Bazalt numuneleri eşit miktarlarda alınarak otojen aşındırmaya tabi tutulmuştur. Bu deneyin yapılma amacı ikisi birlikte kullanıldığında birbirlerinin aşınma dayanımlarına etkisinin tespit edilebilmesidir.

Numune	Numune mik. (gr)	1,7 mm üstü mal. mik (gr)	Aşınma Değeri
Granit	5070	4626	8,76
Bazalt	5072	4766	6,03
Granit + Bazalt	10142	9392	7,39

Çizelge 2.4 Granit ve Bazalt numunelerinin birlikte otojen değirmen aşınma değeri

Çizelge 2.4'te görüldüğü gibi granit ve bazalt karışımının birlikte otojen aşınma değeri 7,39 dur. Yani ayrı ayrı yapılan deneylerdeki aşınma değerlerinden düşüktür. Bunun manası birlikte kullanılmaları aşınma dirençlerini arttırmıştır. Karışımdaki granitin aşınma dayanımı değeri 8,76 tek başına yapılan deneyde 8,91'dir yani granitin aşınma direnci değeri artmıştır. Karışımdaki bazaltın aşınma dayanımı değeri 6,03 iken tek başına 8,72'dir. Yani bazaltın da aşınma dayanımı artmıştır.



Şekil 3. Deney sonuçları.

3. Sonuçlar ve Yorumlar

Her iki kayaç grubu da magmatik kayaç grubuna girmektedir. Bazalt gabronun (derinlik kayacı) yüzey kayacı olup, bazik bir kayaktır. Granit ise, derinlik kayacıdır ve asidik karakterdedir. Bazalt hızlı soğumanın bir ürünüdür ve ince tanelidir. Granit bazalt'a göre yüzey alterasyonu ile daha çabuk dağılıbilir.

Çalışmamız iki kayaç grubunun balast malzemesi olarak birlikte kullanılıp kullanılmayacağından yola çıkılarak hazırlanmıştır. Bazaltın ve Grantin birlikte kullanıldığında, birbirlerini aşındırma durumlarının belirlenmesi amacıyla deneyler yapılmıştır. Bu deneyler 4 aşamaya bölünmüş ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Bu veriler ışığında granit ve bazaltın birlikte kullanılmaları durumunda balastın L.A. değerinin standartlar içerisinde kaldığı tespit edilmiş olup balast malzemesi için granit ve balastın kullanılmasında herhangi bir sakınca olmadığı sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

AASHTO T 96-02 Standard Method of Test for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

Anonim, 2008, "TCDD İstatistik Yıllığı 2003-2007", TCDD APK Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Bozkurt, M., 1989, "Demiryolu I" İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Kibar M.,1992, Gökten E., Lünel T. ve Kadyoğlu Y.K., "Sivrihisar intruzif kompleksi ve civarının jeolojisi ve petrografisi" T.J.K Bülteni, 7: 78-86.

Sözel, S. S., 1984, "Demiryolu inşaatı ve Bakımı Ders Notları" Eskisehir Demiryolu cep kitabı sayfa 105.

ÜNSAL, N., 1993. İnşaat Mühendisleri İçin Jeoloji. Alp Yayınevi, s: 36, İstanbul.

Metso, 2008, Crushing and Screening Handbook, third edition, Metso Minerals.

Hudson, J.A., 2005, Engineering properties of rocks, volume 4, Elsevier, Published: NOV-2005

ISBN 10: 0-08-044672-8, ISBN 13: 978-0-08-044672-1

Makale Yazım Kuralları

1.Dergi Hakkında

MT Bilimsel, Türkiye'nin ilk ve tek madencilik ve yer bilimleri dergisi olan Madencilik Türkiye Dergisi'nin yayıncı şirketi MAYEB Madencilik ve Yerbilimleri Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti. tarafından çıkarılmaktadır.

MT Bilimsel'de yayınlanması için hazırlanan makaleler daha önce yayınlanmamış özgün yazı, derleme yazı, teknik notlar ve tartışma yazıları niteliğinde olmalıdır. Yazının MT Bilimsel'e gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığı kabulü anlamına gelmektedir.

Maden, petrol, doğal gaz, jeotermal gibi her türlü yer altı kaynakları konusunda ve alt dallarında; ilk kez yazarı tarafından açıklanan teorik ve pratik çalışmaları içeren yazılar **özgün yazı**, daha önce yapılmış çalışmaları eleştirel bir yaklaşımla derleyip o konuda yeni bir görüş ortaya koyan yazılar **derleme yazısı**, devam eden bir çalışmanın ön notları, önceden yapılmış bir çalışmanın uzantısı, sınırlı bir çalışmanın tam anlatımı, özel bir uygulamanın ya da uygulanan deneysel bir işlemin tanıtımı şeklinde çalışılan bilimsel içerikli yazılar **teknik not**, dergide daha önce yayımlanan yazılara okurlardan gelen eleştiriler, katkılar ve bu eleştirilere yazar tarafından verilen yanıtları içeren yazılar da **tartışma yazısı** olarak adlandırılır.

2.Yazıların Telif Hakları

MT Bilimsel'de yayınlanan makalelerin telif hakları MAYEB'e aittir. Yazının yayına kabulünün ardından Yayın İdare Merkezi (YİM) tarafından sorumlu yazara elektronik ortamda "telif hakkı devir sözleşmesi" gönderilir. Bu sözleşme ile dergide yayınlanan yazılar, yazarları adına koruma altına alınmış olur ve başka bir yayın organında yayınlanamaz. Telif hakkının devredildiğine ilişkin bu belgenin imzalanarak YİM'e gönderilmesiyle makale yayın için hazırlanır. Sözleşme YİM'e ulaşmadan, makale kabul edilmiş olsa bile dergide yayınlanmaz.

3.Yazıların Hazırlanması

MT Bilimsel Türkçe ve İngilizce yayınları kabul etmektedir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı, özeti, çizelge ve şekillerin açıklamaları editörlükçe Türkçe'ye çevrilir.

Makalelerin MS Word formatında ve aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanması gerekmektedir.

3.1 Makale Bölüm Sıralaması

Makaleler aşağıdaki başlık sıralamasına uygun bir biçimde hazırlanmalıdır.

- Özet
- Abstract
- Giriş
- Ana Başlık
- Alt Başlıklar

Sonuçlar ve Tartışma
Katkı Belirtme ve Teşekkür
Referanslar

3.1.2 Başlık

Yazının başlığı, olabildiğince kısa ve çalışmanın içeriğini net bir şekilde yansıtmalıdır. Başlığın mutlaka İngilizcesi de bulunmalıdır. Türkçe başlık 14 punto, koyu (bold), satır arası tek ve yalnızca kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde; İngilizce başlık ise 11 punto, italik, satır arası tek ve yalnızca kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde yazılmalıdır. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise yukarıda belirtilenlerin tersi uygulanmalıdır.

3.1.2 Yazarlar

Yazarların ad - soyadları açıkça ve yalnızca ilk harfler büyük olacak şekilde yazılmalı, çalışılan kuruluş isimleri, yazar soyadının sonuna konulacak bir numara ile bir alt satırda italik olarak belirtilmelidir. Birden fazla yazar bulunan makalelerde “Sorumlu Yazar” soyadının sonuna konulacak “ * ” işareti ile belirtilmelidir. Yazarların elektronik posta adresleri de italik olarak belirtilmelidir.

Sorumlu Yazar: Birden fazla yazara sahip makalelerde YİM ile iletişimde kalacak kişidir. Özellikle belirtilmediyse, yayına kabul aşamasında yazışmalar hangi yazar ile gerçekleştirildiyse, o kişi sorumlu yazar olarak kabul edilir. Sorumlu yazarın telefon, faks elektronik posta adresi ve posta adresi YİM’e bildirilmelidir. İletişim bilgilerinin, sorumlu yazar tarafından güncel tutulması gerekir.

Bu bölümdeki tüm karakterler 11 punto büyüklüğünde, tek satır arası bırakılarak hazırlanmalıdır. Yalnızca belirteçler üslû olarak yazılmalıdır. Örnek yazar adı yazımı aşağıdaki şekildedir:

C. Okay Aksoy^{1*}, Bülent Kaypak²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, İzmir

²Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bölümü, Ankara

* Sorumlu Yazar: okay.aksoy@deu.edu.tr

3.1.3 Özet, Abstract ve Anahtar Kelimeler

Özet ve Abstract bölümünün toplamı 400 kelimeyi geçmemelidir. Özet, araştırmanın amacını ve başlıca sonuçları belirtmelidir. Özette kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Ayrıca, standart olmayan ya da seyrek kısaltmalardan kaçınılmalıdır. Kısaltma kullanılması zorunlu ise özeti içinde tanımlanması gerekir.

Türkçe hazırlanmış yazılarda “Özet”ten sonra "Abstract (İngilizce Özet)" yer almalıdır. Abstract italik olmalıdır. İngilizce makalelerde Abstract önce, italik yazılmış Türkçe Özet sonra yer almalıdır.

Anahtar kelimeler/Key words, özeti ve abstract’ın ayrı ayrı hemen altında yer almalıdır. En az iki en fazla altı kelime kullanılmalıdır. Özet için Türkçe, Abstract için İngilizce olarak verilmelidir. Yalnızca alanıyla direkt ilgisi olan anahtar kelimeler uygun olabilir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla, küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik not ve tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

3.2 Makalenin Ana Gövdesi

A4 kağıdı boyutlarına (21,0 x 29,7 cm) ayarlanmış MS Word sayfası üzerindeki yazı alanı, tüm kenarlardan 2,5 cm boşluk bırakılarak düzenlenmelidir. Yalnızca yazının başlığının ve yazar isimlerinin bulunduğu ilk sayfada üstten 5,0 cm, sağ, sol ve alt kenarlardan yine 2,5 cm boşluk bırakılmalıdır. Bu şekilde ayarlanan ilk sayfaya başlık, yazar isimleri, çalışılan kurum, iletişim bilgileri, özet, abstract (özet ve abstract toplam 400 kelimeyi geçmemelidir) ve anahtar kelimeler sığmış olmalıdır. Yazarlara kolaylık olması açısından bu ilk sayfa ana yazıdan ayrıca hazırlanarak gönderilebilir.

Makale yazımında, Times New Roman yazı karakteri kullanılmalıdır. Karakterler 12 punto büyüklüğünde, satır aralıkları 1,5 nk olmalıdır. Sayfa yapısı tek kolon, yazı sayfanın her iki tarafına yaslanmış şekilde kaydedilmelidir. Ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

3.2.1 Başlıklar ve Bölüm Numaralandırmaları

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar aşağıdaki şartlarda ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Tüm başlıklar yalnızca ilk harfleri büyük ve koyu (bold) olarak yazılmalıdır,

Makale, açıkça tanımlanmış ve numaralandırılmış bölüm ve alt bölümlere ayrılmalıdır. Alt bölümler 1.1 (1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, vb. şekilde numaralandırılmalıdır. Özet, numaralandırılmış bölümlere dahil edilmemelidir. Herhangi bir alt bölüme kısa bir başlık verilebilir. Her başlık kendi başına ayrı bir satır üzerinde görünmelidir.

3.2.2 Giriş

Giriş bölümü, araştırmanın amacı ve konu ile ilgili geçmiş çalışmaların sunulduğu, yazıyı okumaya hazırlayan ve yazının genelini anlaşılmasını kolaylaştıran bilgilerden oluşmalıdır.

3.2.3 Gereç ve Yöntemler

Çalışmanın tekrarlanabilmesi için yeterli ayrıntıyı sağlayan bölümdür. Önceden yayınlanmış yöntemler referans olarak belirtilmelidir.

3.2.4 Tartışma ve Sonuçlar

Bu bölümde çalışmanın sonuçları ve önemi tartışılarak açıklanmalıdır.

3.2.5 Ekler

Birden fazla ek varsa, bunlar A, B, vb. şekilde belirtilmelidir. Formül ve denklemler için ayrı bir numaralandırma yapılmalıdır: Eş. 1, Eş. 2 vb. Aynı işlem tablo ve resimler içinde yapılmalıdır: Tablo 1; Şekil 1, vb.

3.2.6 Katkı Belirtme ve Teşekkür

Katkı belirtme ve teşekkür bölümü, makalelerin ilk gönderiminde belirtilmemeli, çalışma yayına kabul edildikten sonra son düzenlemeler yapılırken eklenmelidir. Teşekkür, referanslardan önce, makalenin sonunda ayrı bir bölüm olarak toparlanmalıdır. Teşekkür, araştırma sırasında yardım sağlayan (makaleyi okuma, yazma, dil yardımı vb.) bireylere ve/veya kuruluşlara, olabildiğince kısa ve öz bir şekilde belirtilmelidir.

3.3 Kaynaklar ve Atıflar

3.3.1 Metin İçinde Atıf

Metin olarak gösterilen her referans, aynı zamanda referans listesinde de bulunmalıdır (veya tam tersi). 'Baskıda' gibi bir referans, atfın yayına kabul edildiği anlamına gelmektedir.

3.3.2 Referans Şekli

Metin içinde atıfta bulunulan tüm yayınlar, metni takip eden referans listesinde sunulmalıdır.

3.3.3 Metin

Metin içinde her referansta bakılmalıdır:

1. Tek Yazar: yazarın soyadı ve yayın yılı;
2. İki yazarlı: iki yazarın soyadları ve yayın yılı;
3. Üç ya da daha çok yazarlı yayınlarda ilk yazarın soyadından sonra "ve ark." ve yayın yılı.

Atıflar doğrudan (ya da parantez) içinde yapılabilir. Kaynak grupları ilk olarak alfabetik sırayla, sonra kronolojik olarak listelenmiş olmalıdır.

Örnekler olarak; (Aksoy, 1999; 2004a; 2008b; Aksoy ve Köse, 1995; Geniş ve ark., 2010; Kramer ve ark., 2000).

3.3.4 Kaynakların Listelenmesi

Kaynaklar alfabetik olarak, gerekirse daha sonra kronolojik sıraya göre dizilmelidir. Aynı yıl aynı yazar (lar) 'dan birden fazla referans yayınlandığında, yayınlandığı yıldan sonra konulan "a", "b", "c", vb. harfleri ile gösterilmelidir. Kaynakça için bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

Basılmış Dergiye Referanslar

Aksoy, C.O., 2008b. Chemical injection application at tunnel service shaft to prevent ground settlement induced by ground water drainage: a case study. International Journal of Rock Mechanic and Mining Sciences. 45(3), 376-383.

Kitaba Referanslar

Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F., 1995. Support of Underground Excavations in Hardrock. Rotterdam, Balkema.

Düzenlenmiş Bir Kitaptaki Bölüme Referans

ISRM The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. Ulusay R, Hudson JA, editors. Ankara: Kozan Ofset; 2007.

Raporlar ve Tezler

Demirok, Y, 1978. Muğla-Yatağan Linyit Sahaları Jeoloji ve Rezerv Ön Raporu. MTA Derleme No:6234, 17 s (yayınlanmamış).

Tuna, K., 2011. Stratejik ve Kritik Madenlere İlişkin Küresel Politikalar Çerçevesinde Türkiye'deki Stratejik ve Kritik Madenlerin Ulusal Güvenliğe Etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı, Çanakkale, Yüksek Lisans Tezi, 240 s (yayınlanmamış).

Kişisel Görüşme

Aksoy, O., 2005. Kişisel görüşme. Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

İnternet Kaynakları

USGS, Chromium Statistics and Information, 2011.

www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/ (Erişim Tarihi: 01.01.2012)

4. Dikkat Edilmesi Gereken Diğer Konular

4.1 Kısaltmalar

Alanında standart olmayan kısaltmalar, makalenin ilk sayfasında yerleştirilmek üzere bir dipnot olarak tanımlanmalıdır. Kısaltmalarda metin içinde tutarlı olunması gerekmektedir.

4.2 Birimler

Uluslararası kabul görmüş kuralları ve gelenekleri izlenmelidir. Uluslararası birimler sistemi (SI) kullanılmalıdır. Diğer birimler belirtilmişse, lütfen SI birim sistemine eşitliğini veriniz.

4.3 Matematik Formüller

Mevcut basit formüllerde, normal metin içinde küçük kesirli koşullar için yatay bir çizgi yerine "solidus" (/) kullanılmalıdır. Örneğin, (X / Y). Prensiplerde, değişkenler italik olarak sunulur. e'nin kuvvetleri (exp) kullanılarak belirtilmelidir. Herhangi ardışık şekilde numaralandırılıp atıf yapılmış denklemler metinden ayrı bir şekilde belirtilir. Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin; CO₂, x²).

4.4 Dipnotlar

Dipnotlar gerekmedikçe kullanılmamalıdır. Makale boyunca sırayla üstsimge numaraları kullanarak sıralayınız.

4.5 Tablo Dipnotları

Bir tabloda her bir dipnotu üst simge küçük harf ile belirtiniz.

4.6 Şekil, Çizim ve Fotoğraflar

Tek tip yazı ve boyutlandırma kullanılmalıdır. Metin çalışmanın içine grafik olarak kaydedilmelidir. Sadece resimlerde belirtilen yazı tipini kullanılmalıdır; Arial, Courier, Times New Roman, Sembol. Çizimlerin metin içinde sıralandırılması gerekir. Çalışma dosyaları mantıksal bir adlandırma kuralı içinde adlandırılmalıdır. Çizimler için ayrı ayrı başlık verilmelidir. Her şekli ayrı bir dosya olarak gönderilmelidir.

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak "Şekil" başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır.

Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15,8 cm (genişlik) x 22,5 cm (uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin Dergi'nin tek kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması önerilir. Özellikle haritalar, araziyle ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çubuk ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Şekillerde açık, gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır.

Fotoğraflar mümkün olduğunca net ve aydınlık olmalıdır. Fotoğraflar ilk başvuruda normal çözünürlükte ve yazı içerisinde ilgili yerlerine yerleştirilerek gönderilmelidir. Makale yayına kabul edildikten sonra tüm fotoğraflar en az 300 dpi kalite ile makaleden ayrı bir şekilde gönderilmelidir.

4.7 Şekil Başlıkları

Her şekil ve resimde bir başlık olmalıdır. Başlıklar, şekillerin kaynağından ayrı olmalıdır. Bir başlık, kısa bir başlık ve şeklin bir açıklamasını içermelidir. Kullanılan tüm semboller ve kısaltmaları açıklanmalıdır.

4.8 Tablolar

Tablolar, ardışık şekilde numaralandırılmalıdır. Dipnotlar, tabloya gömülmeli ve üst simge küçük harfler ile belirtilmelidir. Dikey yazımdan kaçınılmalıdır.

5. Makalelerin Dergiye Gönderilmesi

Yazılar ikinci bir duyuruya kadar aşağıdaki editörlere elektronik posta yoluyla gönderilecektir.

Baş Editör: C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü)
o.aksoy@mtbilimsel.com

Madencilik Türkiye Dergisi Temsilcisi: Onur Aydın (Madencilik Türkiye Dergisi)
onur@mtbilimsel.com

6. Yayına Kabul Edilen Makaleler Hakkında

Makalelerin yayına kabul edilmesi halinde editörlük tarafından yazarla iletişime geçilecektir. Çalışmanın yayına kabulünün yazara bildirilmesinin ardından yazarlar, editörlük tarafından belirtilen süre içerisinde, makalelerinin bu yazım kılavuzuna göre düzenlendiği ve editörya tarafından istenen diğer düzenlemelerin yapıldığı son kopyasını YİM'e göndermelidir.

Article Writing Norms

1. About Journal

MT Scientific is published by Turkey's first and only mining and earth sciences journal Mining Turkey's publisher company MAYEB, Mining and Earth Sciences Publication Release Distribution Co. Ltd.

Articles which are prepared to be published in MT Scientific should be unpublished, research articles, edited articles, technical notes and discussion articles. Sending a paper to MT Scientific means the recognition that the paper has never been published or reviewed before in any other magazine.

Papers about any underground resources like mine, petrol, gas, geothermal or about their subfields; articles including theoretical and practical studies firstly mentioned by the author are called **Original Research Article**, articles editing earlier studies with a critical approach and giving new insights about the subject are called **Review Articles**, pre-notes of an ongoing study, extensions of earlier studies, whole presentation of a limited study, articles as an introduction of a specific application or an applied scientific operation are called **Technical Notes** and articles including critics or contributions made by readers on a paper published in a magazine and responses given by the author about those critics are called **discussion articles**.

2. Copyrights of Articles

Copyrights of the papers published in MT Scientific are owned by MAYEB. After the acceptance of the paper for publication, Publication Management Center (PMC) sends a "copyright transfer contract" to responsible author in electronically environment. With this contract, articles published in magazine are put under protection on behalf of the author and cannot be published in an another media organ. With signing this document, indicating the transfer of the copyright and sending it to PMC, the article is prepared for publication. Even if the article is accepted for publication, if the contract is not got through to PMC, the article cannot be published.

3. Preparation of the Articles

MT Scientific accepts papers written in Turkish and English. If the authors are not native Turkish speakers, headline of the article, summary, presentations of the tables and shapes are translated in Turkish by the editorship.

Articles should be written in MS Word format and within the scope of the orders given below.

3.1 Article Outline

- Summary
- Abstract
- Introduction
- Main Topic
- Subtitles
- Conclusion and Discussion

Contributions and Thanks References

3.1.2 Headline

Main headline should be as short as possible and should identify the content transparently. Headline should also be able to be translated into English. Turkish headline should be written in 14 font size, bold, single-spaced and only the word's first letters capitalized; English headline should be written in 11 font size, italics, single-spaced and only the word's first letters capitalized. In English articles, vice versa should be done.

3.1.2 Authors

Author's name and surname should be clearly written and first letters should be capitalized, firms worked in should be stated after author's surname with a number in low line with italics. If there are multiple authors, "Responsible Author" should be indicated by adding " * " symbol after his/her surname.

Responsible Author: In articles with multiple authors, he is the one who communicates with PMC. If not indicated specifically, the author with whom correspondences are made during the publication acceptance phase is considered responsible author. Responsible author's phone and fax number, e-mail address and postal address should be informed to PMC. Contact information of the responsible author should be kept up-to-date.

All characters in this section should be in 11 font size, single-spaced. Only the indicators should be written exponentially. Sample writer name and orthography should be as below:

C. Okay Aksoy^{1*}, Bülent Kaypak²

¹*Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Department of Mining Engineering, İzmir*

²*Ankara University,, Engineering Faculty, Department of Geophysical, Ankara*

* *Responsible Author: okay.aksoy@deu.edu.tr*

3.1.3 Summary, Abstract and Key Words

Summary and abstract part shouldn't consist of more than 400 words as a whole. Summary should indicate the author's aims and primary results. In summary, references shouldn't be addressed to. Non-standard and scarce abbreviations should also be avoided. If an abbreviation is compulsory, it should be identified.

In Turkish articles, after the "Summary", there should be an "Abstract". Abstract should be written in italics. In English articles, Abstract should be placed before Turkish Summary and be written in italics.

Key words should be placed just below the summary and abstract separately. There should be at least two and at most six keywords. Keywords should be in Turkish for summary and English for abstract. Only the subject related keywords can be appropriate. Keywords should be written in alphabetic order with lower case (first word's first letter is in upper case) and there should be a comma between them. In technical notes and discussion articles there is no need for keywords.

3.2 Outline of the Article

Writing field on MS Word page which is adjusted as an A4 paper (21,0 × 29,7 cm) should be organized with 2,5 cm margins from all sides. Only the first page on which the headline and the author names are written has 5,0 cm margin from the top and 2,5 cm margins from the other sides. Headline, authors' names, firms worked in, contact information, summary, abstract (summary and abstract should not exceed 400 words as a whole) and keywords should be fitted into this organized page. For convenience, the author can send this first page early on, separately from the main article.

Times New Roman font should be used for articles. Characters should be 12 font sized and line spacing should be 1,5 pt. Page setup should be single columned, and should be saved justified to both sides. Each page should be given a number as well.

3.2.1 Headings and Numbering the Sections

Diverse headings in an article should be given as below order and left justified. All headings should be written bold with only their first letters in upper case,

Article should be cut into transparently identified and numbered sections and sub-sections. Sub sections should be numbered as 1.1 (1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. Summary should not be attached to these numbered sections. Any sub-section can be given a short heading. Each heading should stand on it's own line separately.

3.2.2 Introduction

Introduction part should include information about the aim of the author and earlier studies on same subject and moreover should prepare the reader for the article by giving some general clues about the subject.

3.2.3 Instruments and Methods

This part supplies adequate detail to make the study quotable. Earlier published methods should be stated as reference.

3.2.4 Discussion and Conclusions

In this section conclusions and importance of the study should be mentioned argumentatively.

3.2.5 Appendixes

If there are multiple appendixes, those should be indicated as A, B, etc. Formulas and equations should be numbered separately: Eq. 1, Eq. 2 etc. Same should be done for tables and images too: Table 1; Image 1, etc.

3.2.6 Contributions and Thanks

Contributions and thanks section should not be attached to article at first post but after the acceptance of the article, it should be attached to article by making post normalizations.

Thanks should be stated separately at the last of the article before references. Thanks should be sent to aide (reading, writing and language help etc.) people or firms as short as possible.

3.3 Resources and References

3.3.1 Internal references in article

All internal references should be indicated in reference list as well (or vice versa). A reference as 'In-print' means the article is accepted for press.

3.3.2 Form of Reference

All internal references should also be indicated in reference list as well.

3.3.3 Text

These points should be taken into account at every internal reference:

1. One Author: author's surname and print year;
2. Two authors: two author's surnames and print year;
3. If there are three or more authors in an article, after the first author's surname "et al." and print year.

References can be done directly (or in brackets). Resource groups should firstly be listed alphabetically, then chronologically.

As a sample; (Aksoy, 1999; 2004a; 2008b; Aksoy ve Köse, 1995; Geniş et al., 2010; Kramer et al., 2000).

3.3.4 Listing of Resources

Resources need to be listed firstly alphabetically, then chronologically. If there are multiple author's quoted articles in same year, those should be indicated with "a", "b", "c", etc. letters after print year. Some samples for resources are listed below.

References Printed To Magazine

Aksoy, C.O., 2008b. Chemical injection application at tunnel service shaft to prevent ground settlement induced by ground water drainage: a case study. *International Journal of Rock Mechanic and Mining Sciences*. 45(3), 376-383.

References Printed To Book

Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F., 1995. *Support of Underground Excavations in Hardrock*. Rotterdam, Balkema.

References To An Edited Part Of A Book

ISRM The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. Ulusay R, Hudson JA, editors. Ankara: Kozan Ofset; 2007.

Reports and Thesises

Demirok, Y, 1978. Muğla-Yatağan Lignite Fields Geology and Reserve Pre-Report. MTA Compilation No:6234, 17 p (unpublished).

Tuna, K., 2011. Turkey's Strategic and Critical Ore's Effects on National Security within the Frame of Politics Related to Strategic and Critical Ores. Çanakkale Onsekiz Mart University, Institute of Social Sciences, Department of Internal, Çanakkale, Postgraduate Thesis, 240 p (unpublished).

Personal Dialogue

Aksoy, O., 2005. Personal Dialogue. Dokuz Eylül University, Department of Mining Engineering, İzmir, Turkey

Internet Resources

USGS, Chromium Statistics and Information, 2011.
www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/ (Erişim Tarihi: 01.01.2012)

4. Other Points to Take into Account

4.1 Abbreviations

Non-standard abbreviations should be placed at first page, defined as footnotes. Abbreviations should be coherent with the text.

4.2 Scales

Internationally accepted rules and customs should be followed. The International System of Units (SI) should be used. If there are different scales, please mention their SI equivalents.

4.3 Mathematical Formulas

In present basic formulas, for fractional expressions in text, “solidus” (/) should be used rather than a horizontal line. For example, (X/Y). In principles, variables are presented in italics. e's powers should be given with the use of (exp). Any referred, sequentially numbered equations are indicated separately from the text. Subscripts and superscripts used in equalities should be indicated explicitly and in lower character fonts (for example; CO₂, x²).

4.4 Footnotes

Footnotes shouldn't be used if unnecessary. List the footnotes in the course of article with superscript numbers.

4.5 Table Footnotes

In a table indicate each footnote with a superscript letter.

4.6 Image, Drawing and Photos

Writing font and size should be monotype. Text should be saved into article as a graph. Only the typefont mentioned in the image should be used; Arial, Courier, Times New Roman, Symbol. Drawings should be numbered in text. Working files should be named within a logical naming rule. Drawings should be headlined separately. Each graph should be sent as different files.

Images such as drawings, tables and photos, printed in high quality should be given under the title of “Image” and should be given according to their cited numbers in text. Image numbers should be written at the right top of the page, in addition images should be given shrinkable and extendable.

Maximum size for images with heading should be in 15,8 cm (width) x 22,5 cm (length). It is suggested that all images are prepared to be scaled-to-fit to a single column of the magazine. Especially the maps and drawings and photos of the lands should be given with linear scale suitable with metric system rather than numerical scale (1:25000 etc.). Northern direction should be indicated in all maps. In regional maps, if possible, national grid or latitude/longitude units should be given. Map explanations should be given above the image separately from image heading. Photos, drawings or images composed of each can be given as groups like (a), (b) etc. Toning the images with tinting and shading should be avoided, especially for the images generated from computers; this should be taken into account. All images should be numbered as cited in the text as Image 1 or Image 1 and 2 (if more than one image is mentioned).

Photos should be as explicit and bright as possible. Photos should be sent in normal quality and placed in it's related section at the first application. After the acceptance of the article for publishing, all photos should be sent separately from the article with at least in 300 dpi quality.

4.7. Image Headings

Each image and picture should have a heading. Headings should be different from the image's resources. A heading should include a short heading and an explanation of the image. All symbols and abbreviations used should be identified.

4.8 Tables

Tables should be named sequentially. Footnotes should be embedded into tables and should be mentioned with superscript lower case letters. Vertical writing should be avoided.

5. Posting the Article to Magazine

Articles should be sent to editors below with e-mail till further notice.

Editor in Chief: C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül University Department of Mining Engineering)
o.aksoy@mtbilimsel.com

Madencilik Türkiye Magazine Agent: Onur Aydın (Madencilik Türkiye Magazine)
onur@mtbilimsel.com

6. About the Articles Accepted for Printing

Editorship communicates with the author if the article is accepted for printing. After the acceptance of the article for the publication, the author should prepare the article according to this spell check, in time given by the editorship and send the last copy to PMC after doing other editings according to the other requirements of the editorship.