



1. MÜHENDİSLİK SİSMOLOJİSİ VE KENT JEOFİZİĞİ SEMPOZYUMU

BİLDİRİ ÖZETLERİ KİTABI

23-24 Ekim 2025

ERZİNCAN BİNALI YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
DEPREM TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ
ERZİNCAN

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Eren PAMUK
Doç. Dr. Ali SİLAHTAR
Doç. Dr. Aykut TUNÇEL
Doç. Dr. Mustafa ŞENKAYA
Dr. Öğr. Üyesi Özgenç AKIN
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin KORKUSUZ ÖZTÜRK
Arş. Gör. İbrahim SENCAR

1. Mühendislik Sismolojisi Ve Kent Jeofiziği Sempozyumu

Bildiri Özetleri Kitabı

ISBN: 978-625-92985-0-4

ONUR KURULU

Prof. Dr. Akın LEVENT
Prof. Dr. Adem BAŞIBÜYÜK
Prof. Dr. Ali Ercan EKİNCİ
Prof. Dr. Çağrı ÇIRAK

ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ DEPREM TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

Prof. Dr. Şevket ÖZDEN

DÜZENLEME VE YÜRÜTME KURULU BAŞKANI

Doç. Dr. Eren PAMUK

BİLİM KURULU

Prof. Dr. Asım Oğuz ÖZEL
Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ
Prof. Dr. Bülent ORUÇ
Prof. Dr. Cemil GÜRBÜZ
Prof. Dr. Eşref YALÇINKAYA
Prof. Dr. Fadime SERTÇELİK
Prof. Dr. Hakan KARSLI
Prof. Dr. Mehmet Emin
CANDANSAYAR
Prof. Dr. Osman UYANIK
Prof. Dr. Özcan BEKTAŞ
Prof. Dr. Serkan ÖZTÜRK
Prof. Dr. Şerif BARIŞ
Prof. Dr. Yusuf BAYRAK
Doç. Dr. Ali Erden BABACAN
Doç. Dr. Emre TİMUR
Doç. Dr. Hamdi ALKAN
Doç. Dr. Nevbahar EKİN
Doç. Dr. Savaş KARABULUT
Doç. Dr. Şenol ÖZYALIN
Doç. Dr. Muammer TÜN
Dr. Öğr. Üyesi Kaan Hakan ÇOBAN
Dr. Öğr. Üyesi Kenan AKBAYRAM
Dr. Öğr. Üyesi Nurettin Yıldırım
GÜNDOĞDU

DÜZENLEME KURULU

Prof. Dr. Şevket ÖZDEN
Doç. Dr. Fahriye AKAR
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Safa ARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi Metin KAHRAMAN
Dr. Öğr. Üyesi Seçkin Özgür ÇİTAK
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin KORKUSUZ
ÖZTÜRK
Arş. Gör. İbrahim SENCAR

YÜRÜTME KURULU

Doç. Dr. Ali SİLAHTAR
Doç. Dr. Aykut TUNÇEL
Doç. Dr. Çağlar ÖZER
Doç. Dr. Erdem BAYRAK
Doç. Dr. Mustafa ŞENKAYA
Dr. Öğr. Üyesi Özgenç AKIN

DANIŞMA KURULU

Prof. Dr. Bülent KAYPAK
Prof. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ
Prof. Dr. Funda BİLİM
Prof. Dr. Hülya KURT
Prof. Dr. İbrahim SERTÇELİK
Prof. Dr. İsmail AKKAYA
Prof. Dr. Murat UTKUCU
Prof. Dr. Nafiz MADEN
Prof. Dr. Nilgün Lütfiye SAYIL
Prof. Dr. Nurcan Meral ÖZEL
Prof. Dr. Nuri DOLMAZ
Prof. Dr. Oya ANKAYA PAMUKÇU
Prof. Dr. Zihni Mümtaz HİSARLI
Serdar KART

İÇİNDEKİLER

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık (M _w 7.7) ve Elbistan (M _w 7.6) Depremlerinin Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtlarının Karşılaştırmalı Analizi - Hakan Karslı, Muhammet Serdar Şahin, Ali Erden Babacan, Ebru Özcan . 6	
6 Şubat Depremleri Işığında Büyüklük ve Şiddet İlişkilerinin Hatay Örneği Üzerinden İncelenmesi- Burak Saraç, Mehmet Kamanlı, Abdulkadir Solak, Alptuğ Ünal.....8	8
Doğu Anadolu Fayı'nın Karmaşık Deprem Döngüsü:24 Ocak 2020 (M _w 6.8) Sivrice (Elazığ) ve 6 Şubat 2023 (M _w 7.8) Pazarcık Depremlerine Ait Yüzey Kırıklarının Kesişimi ve 16 Ekim 2024 (M _w 6.0) Kale Depremi - Figen Eskiköy, Ali Özgün Konca, Cengiz Zabcı, Semih Ergintav.....10	10
2023 M _w 7.6 Ekinözü-Kahramanmaraş Depremi: Kaynak Parametrelerinin Ampirik Green's Fonksiyonu Yöntemi ile Tahmini - Onur Batman, Gülüm Tanırcan.....12	12
Antakya Havzasında Mikrotremor Ölçümleri ve Deprem Kayıtlarından Elde Edilen Verilerle Yerel Etkilerin Belirlenmesi - Asım Oğuz Özel, Hiroaki Yamanaka, Nobuo Takai, Seiji Tsuno, Deniz Caka, Mehmet Safa Arslan, Pınar Duran.....14	14
Çetin Barajı (Siirt) Rezervuar Alanında Gözlenen Heyelanların Jeofiziksel ve Jeoteknik Açından Değerlendirilmesi - Ali Erden Babacan, Murat Karahan, Muhammet Oğuz Sünnetci, Zekai Angın, Arzu Fırat Ersoy, Hakan Ersoy.....16	16
Yakın Yüzey Jeofizik Yöntemler Kullanarak Elde Edilen Vs30 Değerlerinde Ortaya Çıkan Saçılmalar - Eşref Yalçinkaya, Hakan Karslı, Tahir Serkan Irmak, Ali Erden Babacan, Mustafa Şenkaya, Hakan Alp, Serhat Tekebaş, Mehmet Safa Arslan, Doğukan Durdağ, Kudret Tekin, Bilge Acar Bolat.....18	18
Eğimli Zeminlerde Potansiyel Kayma Yüzeylerinin Gelişiminde Kazı Sırasının Etkisi - Ömer Lütfü Aydın, Babak Karımı, İlker Kazaz.....20	20
İstanbul'da Dağıtılmış Akustik Algılama ile Kentsel Sismik İzleme - Ali Özgün Konca, Semih Ergintav, Daniel Bowden, Ebru Bozdağ, Ali Shaikhsulaiman, Andreas Fichtner.....22	22
Deniz Tabanı Sismometresi (OBS) Gözlemleriyle Marmara Fay Sistemi'nde Yüksek Çözünürlüklü Mikrosismisite Analizi - Tuğçe Ergün, Nurcan Meral Özel, Yojiro Yamamoto, Narumi Takahashi, Ahmet Anıl Dindar, Remzi Polat, Fatih Turhan, Uğur Mustafa Teoman, Yoshiyuki Kaneda, Kato Aitaro.....24	24
23 Nisan Depremi Sonrası Stres Değişimi ve Olası Marmara Depremi'nin İlk Dinamik Modellemeleri - Yasemin Korkusuz Öztürk.....26	26
2025 Sındırgı-Balıkesir Deprem Dizisinin Tektonik Açısından Değerlendirilmesi - Selda Altuncu Poyraz, Nurcan Meral Özel, Tuğçe Ergün, Yavuz Güneş, Kıvanç Kekovalı.....28	28
Orta-Batı Anadolu WGM12 Bouguer Anomalilerinden Tektonik Yatay Gerilmelerin Modellenmesi ve Depremsellik - Bülent Oruç.....30	30
Manyetik Kenar Algılama ve Derinlik Çözümleriyle Eğirdir Gölü'nün Yapısal Yorumu - Gülten Aktaş, Zihni Mümtaz Hisarlı, Erdiç Öksüm.....32	32
Orhanlı Fay Zonu ve Çevresine ait Gravite Verilerinin 2B irdelenmesi - Metehan Uluğtekin, Oya Ankara Pamukçu.....34	34
2020 Yılı ve Sonrasında Ege Denizi ve Batı Anadolu'da Meydana Gelen Depremlerin Jeodinamik Anlamı - Oya Ankara Pamukçu Ayça Çırmık, Metehan Uluğtekin, Fatih Uysal, Özkan Cevdet Özdağ, Fikret Doğru, Ekrem Tuşat, Fulya Özdemir, Ufuk Aydın, Zülfikar Erhan, Hasan Sözbilir.....36	36
Kuzey İskandinavya Dağ Kuşağının Üstmantoda Yeralan Anomali ile Desteklenmesi - Metin Kahraman.....38	38
İvme Genlik Fourier Spektrumları için Global Ampirik Model - Mustafa Birdal.....40	40
Yapı-Zemin Etkileşiminde Titreşim Kayıtlarının Analizi - Eşref Yalçinkaya, Kerim Avcı, Seyitali Akarer.....42	42
Türkiye için Makine Öğrenmesi Yaklaşımlarıyla PGV ve CAV Yer Hareketi Parametrelerinin Modellenmesi - Fahrettin Kuran, Gülüm Tanırcan, Elham Pashaei.....44	44
Sismik Dalga Hızlarından Türetilen Parametrelerle Kuzey İzmir'de Dinamik Zemin Özelliklerinin ve Yerel Tepki Göstergelerinin Sistematik Analizi - İlkin Özsöz.....46	46

1. Mühendislik Sismolojisi ve Kent Jeofiziği Sempozyumu Bildiri Özetleri Kitabı

Havza Yerleşimlerinde Sahaya Özel Analizler İçin Jeofizik Uygulamalar - Eren Pamuk.....	48
Trabzon-Değirmendere Vadisi'ndeki Heyelanlı Alanların Aktif Ve Pasif Yüzey Dalgası Yöntemleriyle İncelenerek Zemin Kayma Gerilmelerinin Hesaplanması - Özgenç Akın, Nilgün Sayıl.....	50
Sakarya Havzası Kayma Dalgası Hız Yapısının Bütüncül Yöntemlerle Değerlendirilmesi - Ali Silahtar, Mustafa Şenkaya, Hasan Karaaslan, Emrah Budakoğlu.....	52
2023 Kahramanmaraş Depremleri Hasarlarında Zemin ve Deprem Parametrelerinin Etkisi: Makine Öğrenmesi Yaklaşımları - Mustafa Şenkaya, Ali Silahtar, Hasan Karaaslan.....	54
Türkiye'deki Paleosismoloji Çalışmalarında Çoklu Tarihlendirme Yaklaşımlarının Önemi - Mustafa Softa, Hasan Sözbilir, Joel Q.G. Spencer.....	56
Erzincan'ın Yer Hareketleri ve Hidro-Meteoroloji Kökenli Afet Türlerinin Çeşitliliği - Sevda Özel.....	58
Erzincan ve Civarının Güncel ve Gelecek Deprem Potansiyeli/Tehlikesi Üzerine Çok Parametrelili Bir Analiz - Serkan Öztürk, Hamdi Alkan.....	60
Erzincan Kenedinin Tektonostratigrafisi - Ali Ergen, Ercan Tuncay, Alper Bozkurt, Ayhan Ilgar, Tolga Esirtgen, Emine Özkan.....	62
Afetlerin Kentsel Gelişime Etkileri ve Jeolojik-Jeofizik Verilerin İmar Planlarının Hazırlanmasındaki Önemi: Erzincan-Bolu Örnekleri - Binalı Tercan.....	64
Kültürel Miras Çalışmalarında Kent Arkeojeofiziği: Erzincan Örneği - Fethi Ahmet Yüksel.....	66
Erzurum Aziziye İlçesi'nde MASW ve ERT Yöntemleri ile Yer Altı Suyu ve Sıvılaşma Potansiyelinin İncelenmesi - Ali Albak, Erdem Bayrak.....	68
Farklı Ters Çözüm Yaklaşımlarıyla Sığ Zemin Kayma Dalgası Hızlarının Modellenmesi: Havran (Balıkesir) Örneği - Gizem Alagöz, Erdem Bayrak, Eren Pamuk.....	70
Türkiye'de Düşük Kayma Hızlı Doğrultu Atımlı Fayların Belirlenmesinde Yer Radarı (GPR) Tekniğinin Önemi - Sinan Koşaroğlu, Elif Akgün, Anil Can Birdal, Fikret Koçbulut, Mustafa Softa, Özlem Toprak Sarıgül, Hasan Sözbilir.....	72
Erzurum Abdurrahman Gazi Türbesi ve Çevresindeki Zemin Stabilitesinin Tümüleşik Jeofizik Yöntemler İle İncelenmesi - Mücahit Karakütük, Çağlar Özer, Eren Pamuk.....	74
Deprem Riskinin Çok Kriterli Önceliklendirilmesi: Antakya, Hatay Örneği – Defne Sanlı Sayan.....	76
Son Yıllarda Erzincan Çevresinde Meydana Gelen 5'ten Büyük Depremlerin Şiddet Dağılımının PGA Tabanlı Analizi - Fahriye Akar, İbrahim Sencar, Aydın Büyüksaraç.....	78
İzmir Körfezi Kuzeyinin Sıvılaşma Potansiyeli Dağılımının İrdelenmesi - Umut Yılmaz, Şenol Özyalın.....	80
Küçük Menderes Grabeninde Gravite Yöntemi ile Jeotermal Potansiyelin Araştırılması - Muhammed Kemal Fitozoğlu, Oya Ankaya Pamukçu.....	82
Bir Boyutlu Zemin Tepki Analizlerinin Lineer Varsayımlar Altında Parametrik İncelenmesi - İbrahim Can BEZİKLİOĞLU.....	84
Kocaçay Deresinde Gözlenen Yer Değiştirmenin Jeofizik Yöntemler ve Jeolojik Bulgularla İrdelenmesi - Aykut Tunçel, Bilal Sarı, Bora Uzel.....	86
Düşey Yer Hareketinin Yapısal Hasar Potansiyeli Açısından İncelenmesi: Ön Bulgular - Lütfü İhsan Akpunar, Mehmet Oruç, Ufuk Yazgan.....	88
Popülasyon Temelli bir Algoritma Kullanılarak Doğal Potansiyel Problemlerin Optimizasyonu - Rümeysa Merve Güçlü, Sanam Hosseinzadeh, Seçil Turan Karaoğlu.....	90
Long-Period Ground Motions and Structural Responses during the 2023 M6.2 Marmara Ereğlisi Earthquake - Hiroaki Yamanaka, Towa Ono, Mary Wenzel Andaya, Seiji Tsun.....	92

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık ($M_w7.7$) ve Elbistan ($M_w7.6$) Depremlerinin Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtlarının Karşılaştırmalı Analizi

Comparative Analysis of Strong Ground Motion Records of Kahramanmaraş-Pazarcık ($M_w7.7$) and Elbistan ($M_w7.6$) Earthquakes on the February 6, 2023

Hakan KARSLI¹, Muhammet Serdar ŞAHİN², Ali Erden BABACAN¹, Ebru ÖZCAN¹

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

E-posta: hkarqli@ktu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, 6 Şubat 2023'te Kahramanmaraş-Pazarcık ($M_w7.7$) ve Elbistan ($M_w7.6$) merkezli iki büyük deprem dizisinin kuvvetli yer hareketi kayıtlarının, her iki depremin sarsıntı güçlerini ve hasar oluşturma nedenlerini anlamak ve açıklamak için, uzaysal, zamansal ve spektral özellikler açısından karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, pik yer ivmelerin (PGA), episantra, yırtılma uzaklığına ve Vs30'a göre uzaysal değişimleri incelenmiş ve depremlerin enerjisini ve karakteristik davranışını tanımlayan bazı parametreler (Arias şiddeti, %5-95 etkin süre, ortalama periyot, sözde elastik tepki spektrumu-PSA, tasarım tepki spektrumu-DSA) hesaplanarak değerlendirilmiştir. PGA'ların uzaysal dağılımından, eşdeğer episantra uzaklıklarına sahip istasyonlarda, fayın hareket doğrultusu boyunca ölçülen PGA değerlerinin, bu doğrultuya dik veya açılı mesafedekilerden oldukça büyük olduğu görülmüştür. PGA ve PSA değerlerinin büyüklüğü ile istasyonların zemin sınıfları arasında uyumlu bir ilişki görülememiştir. Arias şiddeti, etkin süre ve ortalama periyot değerleri, $M_w7.7$ depreminin enerjisinin DAF'nın yırtılma yüzeyi boyunca kısa sürelerde yüksek frekanslı titreşimlerle güçlü-çok güçlü sarsıntılar, dik veya açılı mesafelerde ise, görece daha uzun sürelerde daha düşük frekanslı orta güçte sarsıntılarla boşaldığını, buna karşılık, $M_w7.6$ deprem enerjisinin Sürgü+Çardak Fayı zonu boyunca uzun sürelerde düşük frekanslı titreşimli sarsıntılarla boşaldığını göstermiştir. Deprem enerjisinin bu davranışı ileri yönelim etkisi ile ilişkilendirilmiştir. $M_w7.7$ depremi için hesaplanan PSA değerleri Hatay, Kahramanmaraş, Gaziantep ve Adıyaman İllerinde DAFZ ve Narlı Fayı Zonu boyunca DSA değerlerini plato ($M_w7.7$ için çoğunlukla kısa periyot 0.15-0.4s, $M_w7.6$ için 0.05-1.0s aralıklarında), sönüm ve yüksek periyot bölgesinde 1.0g'yi de aştığı gözlenmiştir. Ayrıca, $M_w7.7$ depreminde fay zonları boyunca düşey PSA değerlerinin kısa periyotlarda pik değerlere ulaştığı ve bunun fayların yakın çevresindeki yapıların ve zeminin düşey yönde çok güçlü sarsılmasına ve deformasyonuna neden olduğu değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, depremin yıkım gücünün sadece PGA ile değil, etkin yayılma süresi ve frekans özellikleri ile son derece ilişkili olduğu, dolayısıyla, depreme dirençli yapı tasarımı ve kentlerin planlanması kapsamında mevcut sismik tasarım kodlarının güncellenmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri, kuvvetli yer hareketi kayıtları ve parametreleri, spektral ivme

ABSTRACT

In this study, a comparative analysis of the strong ground motion records of two major earthquake sequences centered in Kahramanmaraş-Pazarcık (Mw7.7) and Elbistan (Mw7.6) on February 6, 2023, was carried out in terms of spatial, temporal and spectral features in order to understand and explain the shaking strengths and damage causes of both earthquakes. In this context, the spatial variations of peak ground accelerations (PGA) with respect to the epicenter, rupture distance and Vs30 were investigated and some parameters defining the energy and characteristic behavior of earthquakes (Arias intensity, 5-95% significant duration, mean period, pseudo elastic response spectrum-PSA, design response spectrum-DSA) were calculated and evaluated. From the spatial distribution of PGAs, it was observed that at stations with equivalent epicenter distances, the PGA values measured along the fault movement (or rupture) direction were considerably larger than those at perpendicular or angular distances to this direction. No coherent relationship was observed between the magnitude of PGA and PSA values and the soil classes of the stations. Arias intensity, significant duration and mean period values show that the energy of the Mw7.7 earthquake was released along the rupture surface of the EAF with short durations of strong to very strong shakes with high frequency vibrations, and at vertical or angled distances with relatively longer durations of lower frequency moderate strength shakes, whereas the energy of the Mw7.6 earthquake was released along the Sürgü+Çardak Fault zone with long durations of low frequency vibrations. This behavior of earthquake energy is associated with the forward directivity effect. It was observed that the PSA values calculated for the Mw7.7 earthquake exceeded 1.0g in the plato (mostly short period 0.15-0.4s for Mw7.7, 0.05-1.0s for Mw7.6) and in the damping and high period regions along the EAFZ and Narlı Fault Zone in Hatay, Kahramanmaraş, Gaziantep and Adıyaman Provinces. In addition, it was evaluated that the vertical PSA values along the fault zones reached peak values in short periods during the Mw7.7 earthquake, and this caused very strong shaking and deformation of the structures and ground in the close vicinity of the faults in the vertical direction. As a result, it is understood that the destructive power of the earthquake is highly related not only to the PGA but also to the effective propagation time and frequency characteristics, therefore, the existing seismic design codes should be updated within the scope of earthquake resistant building design and urban planning.

Keywords: February 6, 2023 Kahramanmaraş earthquakes, strong ground motion records and parameters, spectral acceleration

6 Şubat Depremleri Işığında Büyüklük ve Şiddet İlişkilerinin Hatay Örneği Üzerinden İncelenmesi

An Analysis Of The Relationship Between Magnitude And Intensity In The Context Of The February 6 Earthquakes: The Case Of Hatay

Burak SARAÇ¹, Mehmet KAMANLI¹, Abdulkadir SOLAK¹, Alptuğ ÜNAL¹

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bil. Fak., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye
E-posta: 1buraksarac@gmail.com

ÖZET

Depremler, doğası gereği öngörülemeyen ve etkileri itibarıyla çok boyutlu sonuçlar doğuran en yıkıcı doğal afetlerden biridir. Yapıların fiziksel bütünlüğünü tehdit etmenin yanı sıra, toplumsal yaşam üzerinde de ekonomik, sosyal ve psikolojik etkiler bırakmaktadır. Depreme bağlı oluşan yıkımın azaltılması için depremin temel parametrelerinin bilimsel olarak analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Pazarcık (Mw=7.7) ve Elbistan (Mw=7.6) merkezli depremler ile 20 Şubat 2023 Yayladağı (Mw=6.4) merkezli depremin oluşturduğu yer hareketlerinin Hatay ilinde meydana gelen etkileri incelenmiştir. Çalışmada büyüklük (magnitüd), şiddet, odak derinliği, episantr uzaklığı, ivme ve deprem süresi gibi parametreler arasındaki ilişkiler ampirik bağıntılar aracılığıyla analiz edilmiştir. Bu amaçla, literatürde daha önce çalışmalarda türetilen bağıntılar kullanılmıştır. Parametreler üç deprem için hesaplanmıştır. Ayrıca Hatay'ın tüm ilçeleri için episantr uzaklığı, şiddet ve odak derinliği karşılaştırmaları yapılmıştır. Analizler sonucunda bazı bağıntıların güvenilir ve tutarlı sonuçlar verdiği, bazı bağıntıların ise bölgesel koşullara bağlı olarak düşük uyum gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen ortalama şiddet değerleri, AFAD ve literatürden elde edilen veriler ile tutarlılık göstermiştir. Ayrıca Estava bağıntısıyla hesaplanan ivme değerlerinin, AFAD istasyon kayıtlarıyla benzerlik göstermesi nedeniyle bölgedeki zemin yapısı hakkında da çıkarımlarda bulunulmuştur. Bu çalışma, büyük depremlerin yerel etkilerini parametreler arası ilişkiler yoluyla analiz ederek, yapı tasarımı ve risk azaltma stratejilerine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Büyüklük, deprem, hatay, şiddet

ABSTRACT

Earthquakes are one of the most destructive natural disasters. They are inherently unpredictable and have multidimensional consequences. As well as threatening the physical integrity of structures, they also have economic, social and psychological impacts on society. Analysing the fundamental parameters of earthquakes scientifically is crucial for reducing earthquake-related destruction. This study examines the effects of ground motions generated by earthquakes centred in Pazarcık (Mw=7.7) and Elbistan (Mw=7.6) on 6 February 2023 and Yayladağı (Mw=6.4) on 20 February 2023 in Hatay province. The relationships between parameters such as magnitude, intensity, focal depth, epicentre distance, acceleration and earthquake duration were analysed through empirical correlations. To this end, correlations previously derived in related studies were employed. The parameters were calculated for the three earthquakes. Furthermore, comparisons were made of epicentre distance, intensity and focal depth for all districts of Hatay. The analyses revealed that some relationships yielded reliable and consistent results, while others showed low agreement depending on regional conditions. The average intensity values obtained were consistent with AFAD data and literature values. Furthermore, conclusions were drawn about the ground structure in the region based on the similarity between acceleration values calculated using the Estava relationship and AFAD station records. The aim of this study is to contribute to structural design and risk reduction strategies by analysing the local effects of large earthquakes through inter-parameter relationships.

Keywords: Magnitude, earthquake, hatay, earthquake intensity

Doğu Anadolu Fayı'nın Karmaşık Deprem Döngüsü: 24 Ocak 2020 (Mw 6.8) Sivrice (Elazığ) ve 6 Şubat 2023 (Mw 7.8) Pazarcık Depremlerine Ait Yüzey Kırıklarının Kesişimi ve 16 Ekim 2024 (Mw 6.0) Kale Depremi

Complex Seismic History of East Anatolian Fault: Intersection of the 24 January 2020 (Mw 6.8) Sivrice and 6 February (Mw 7.8) Pazarcık Earthquake Ruptures and the 16 October 2024 (Mw 6.0) Kale Earthquake

Figen ESKİKÖY¹, Ali Özgün KONCA¹, Cengiz ZABCI^{2,3}, Semih ERGİNTAV¹

¹ Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü

² İstanbul Teknik Üniversitesi, T. İş Bankası Marmara Aktif Fay Tehlike ve Risk Uygulama ve Araştırma Merkezi

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

E- posta: figen.eskikoy@bogazici.edu.tr

ÖZET

24 Ocak 2020 Mw 6.8 Sivrice Depremi sonrası DAF üzerinde oldukça yaygın ve yoğun bir sismik aktivite başlamıştır. Sivrice-Pütürge Segmenti üzerinde yaklaşık 45 km uzunluğunda kırık alan oluşturmuş olan depremin erken dönem artçıları kırık alan içerisinde sınırlı bir bölgede yoğunlaşırken zamanla güneybatıya doğru daha geniş bir zonda yayılım göstermiştir. Sivrice Depremi'nin öncesi ve sonrası gerçekleştirilen çok disiplinli çalışmalar, bu bölgede tespit edilen asismik kaymanın (krip) bu depremin kırık alanının mekanik özelliklerini kontrol ettiğini ve kayma dağılımı etkilediğini göstermiştir. 6 Şubat 2023 Pazarcık Depremi (Mw 7.8) güneybatıda Hatay Rifti'nin güney sınırı ile kuzeydoğuda DAF üzerinde 2020 Sivrice Depremi'nin oluşturduğu kırık alanın ~20 km güneybatısı arasında ~300 km'lik yüzey kırığı oluşturulmuştur. Pazarcık ve Sivrice depremlerinde iki kırık zonu arasında ~20 km'lik kırılmamış bir alan kalmıştır. 16 Ekim 2024 (Mw 6.0) Kale Depremi bu 'sismik boşluk' üzerinde yer almaktadır. Kale Depremi, DAF üzerinde meydana gelmiş doğrultu atımlı depremlere kıyasla çok daha düşük eğim açısına sahiptir. Depremin meydana geldiği bölgenin sahip olduğu karmaşık tektonik yapının anlaşılması için bu olay çok disiplinli (sismoloji, uydu jeodezisi) bir yaklaşımla incelenmiş ve 2020 Sivrice Depremi'nden günümüzde M>4.0 tüm deprem aktivitesi derlenerek analiz edilmiştir. Son deprem döngüsü içinde, Sivrice ve Pazarcık depremlerinin aynı segment üzerinde bu fay parçasının geometrisinden bağımsız sonlanması, DAF'ın bu kesiminin kinematiği ve yırtılma dinamiğinin daha iyi anlaşılması gerektiğine işaret etmektedir. Bu çalışma Kale Depremi'nin kinematiğinin analizi özelinde bu çabanın bir parçasıdır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, sismoloji, insar, daf

ABSTRACT

The 24 January 2020 Sivrice Earthquake ruptured a 45 km long section of the Sivrice-Pütürge Segment of the East Anatolian Fault, followed by significant earthquake activity. While early aftershocks were concentrated within the rupture zone, they gradually spread southwestward. Multidisciplinary studies indicate that aseismic slip (creep) plays a key role in controlling the mechanical properties and slip distribution along this segment. The Pazarcık Earthquake bilaterally ruptured ~300 km of the EAF, propagating southwestward to the Hatay Rift and northeastward until 20 km away from the Sivrice Earthquake rupture. This left an intervening ~20 km-long section unbroken within the same geometric segment. The Kale Earthquake subsequently occurred within this ‘seismic gap’. The fault plane solution of the Kale Earthquake displayed relatively shallow dip compared to the typical pure strike slip events along the EAF. In order to investigate to the complex tectonic setting of this region, we used a multidisciplinary approach that joined seismology and satellite geodesy to investigate the event. Our findings show that the Sivrice and the Pazarcık earthquakes ruptured adjacent but distinct fault segments, with rupture terminations independent of the geometry of the Kale Earthquake. These results highlight the need for improved understanding of the kinematics and rupture dynamics in this transitional section of the EAF. The present study contributes to this effort by providing a detailed kinematic analysis of the Kale Earthquake.

Keywords: Earthquake, seismology, insar, eaf

2023 Mw 7.6 Ekinözü-Kahramanmaraş Depremi: Kaynak Parametrelerinin Ampirik Green's Fonksiyonu Yöntemi ile Tahmini

The 2023 Mw 7.6 Ekinözü-Kahramanmaraş Earthquake: Estimation of Source Parameters Using the Empirical Green's Function

Onur BATMAN¹, Gülüm TANIRCAN²

¹ Deprem Mühendisliği Bölümü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

² Deprem Mühendisliği Bölümü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

E-posta: onur.batman@std.bogazici.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma DAFZ üzerinde gerçekleşen 2023 Ekinözü-Kahramanmaraş (Mw 7,6) depreminin kaynak karakterizasyonunu incelemektedir. Çalışmada geniş bantlı kuvvetli yer hareketi kayıtları kullanılarak, kuvvetli yer hareketini kontrol eden alanlar (KYHA), stres düşümü ve yükselme zamanı gibi temel kaynak parametrelerinin belirlenmesi amacıyla ampirik Green's fonksiyonu (AGF) yöntemi uygulanmıştır. Green's fonksiyonu olarak kullanılan Mw 5,6 büyüklüğündeki depremin ana şok ile aralarındaki uzaklığının 2 km olması, benzer kaynak özelliklerini sağlaması açısından tercih edilmiştir. Çalışmada, deprem çiftine 30 – 200 km mesafede konumlanan 15 ivme istasyonundan elde edilen kuvvetli yer hareketi kayıtları kullanılmıştır. Simülasyonlar 0,5 – 10 Hz frekans bandında gerçekleştirilmiştir. Gözlenen ve sentetik dalga formlarının uyumunun değerlendirilmesinde, tek parametreye dayalı yaklaşımların yetersizlikleri dikkate alınarak Anderson (2004) tarafından önerilen çok kriterli ortalama uyum derecesi (GOF) kullanılmıştır. Simülasyonlarda elde edilen GOF değerleri 8,0'ın üzerinde bulunmuş ve bu sonuçlar kaynak parametrelerinin güvenilir biçimde belirlendiğini göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, hem küresel kaynak ölçeklendirme ilişkileri hem de bölgeye ait literatürdeki verilerle yüksek düzeyde tutarlılık göstermiştir. Gerçek ve sentetik ivme, hız ve deplasman dalga formlarında ilgili frekans aralığında uyum sağlanmıştır. Çalışmada, Ekinözü-Kahramanmaraş depremi için stres düşümü 17,02 MPa, Green's fonksiyonu olarak kullanılan Mw 5,6 depremi için ise 5,87 MPa olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin geçmiş çalışmalarda elde edilen stres düşümü aralıklarıyla yakınlık göstermesi, sonuçların güvenilirliğini desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Ampirik Green's fonksiyonu (AGF), kuvvetli yer hareketi, stres düşümü, Doğu Anadolu Fay Hattı, kuvvetli yer hareketini kontrol eden alanlar (KYHA)

ABSTRACT

This study investigated the source characterization of the 2023 Ekinözü-Kahramanmaraş (Mw 7.6) earthquake that occurred along the East Anatolian Fault Zone (EAFZ). Broadband strong motion records were analyzed, and the empirical Green's function (EGF) method was applied to estimate key source parameters, including strong motion generation areas (SMGA), stress drop, and rise time. The Mw 5.6 earthquake, located 2 km away from the mainshock, was selected as the Green's function to ensure similarity in source characteristics. Strong motion data were obtained from 15 accelerometric stations located at epicentral distances between 30 and 200 km. Simulations were carried out in the frequency range of 0.5 – 10 Hz. To assess the agreement between observed and synthetic waveforms, the multi-criteria goodness-of-fit (GOF) proposed by Anderson (2004) was employed, as single-parameter comparisons often fail to capture waveform complexity. The simulations yielded GOF values exceeding 8.0, confirming the reliability of the estimated source parameters. The results demonstrate strong consistency with both global source scaling relations and previously reported regional values. A good agreement was observed between observed and synthetic acceleration, velocity, and displacement waveforms within the target frequency band. The stress drop was calculated as 17.02 MPa for the Ekinözü - Kahramanmaraş earthquake, while the Mw 5.6 event used as the Green's function yielded a stress drop of 5.87 MPa. These values are in close agreement with stress drop ranges reported in earlier studies, supporting the robustness of the findings.

Keywords: Empirical green's function method (EGF), ground motion, stress drop, East Anatolian Fault Zone, asperity area

Antakya Havzasında Mikrotremor Ölçümleri ve Deprem Kayıtlarından Elde Edilen Verilerle Yerel Etkilerin Belirlenmesi

Determination of Local Effects Using Microtremor Measurements and Earthquake Records in the Antakya Basin

Oğuz ÖZEL¹, Hiroaki YAMANAKA², Nobuo TAKAF³, Tsuno SEIJI², Deniz ÇAKA⁴, Mehmet Safa ARSLAN⁵, Pınar DURAN¹

¹ *Istanbul University-Cerrahpasa*

² *Tokyo Institute of Technology*

³ *Hokkaido University*

⁴ *Kocaeli University*

⁵ *Erzincan Binali Yıldırım University*

ÖZET

06.02.2023 tarihinde, Türkiye saatiyle 04:17 ve 13:24'te, merkez üsleri sırasıyla Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) olmak üzere 7,7 ve 7,6 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. Depremlerin ardından yaklaşık bir ay sonra, Japonya'dan "Japan Science and Technology (JST)" ve Türkiye'den TÜBİTAK kurumunun iş birliği çerçevesinde, Japon araştırmacılarla birlikte deprem sonrası artçı sarsıntı çalışması başlatılmıştır. Bu amaçla, çalışmanın ilk aşamasında, ağır hasarlı bölgeler olan Antakya, İskenderun, Adıyaman ve Kahraman Maraş'a üçer veya dörder ivmeölçer olmak üzere toplam 21 ivmeölçer yerleştirilmiştir. Eylül 2023'te başlayan bir sonraki aşamada, dört ivmeölçer hariç tüm ivmeölçerler Antakya havzasına ve çevresine taşınmıştır. Bu dönemde Antakya havzasına yaklaşık 300 km uzaklıkta $M_w = 5,3$ büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Şimdi ki ön çalışmada, 16 ivmeölçer ile kaydedilen bu deprem verileri analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, havza içerisine yerleştirilen ivmeölçerlerin havza dışındaki ivmeölçerlere kıyasla 10 kata varan büyütmeye sahip olduğu belirlenmiştir. Yaklaşık 300 km uzaklıkta olmasına rağmen, Kahramanmaraş depreminin Antakya'da meydana getirdiği büyük hasarın önemli nedenlerinden birinin havza içi etkilerden kaynaklandığı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Antakya, mikrotremor, büyütme

ABSTRACT

On 06 February 2023, at 04:17 and 13:24 Turkey time, two earthquakes with magnitudes of 7.7 and 7.6 occurred, with epicenters in Pazarcık (Kahramanmaraş) and Elbistan (Kahramanmaraş), respectively. Approximately one month after the earthquakes, a post-earthquake aftershock study was initiated in collaboration with Japanese researchers within the framework of the cooperation between “Japan Science and Technology (JST)” from Japan and TÜBİTAK from Türkiye. For this purpose, in the first phase of the study, a total of 21 accelerometers were installed—three or four in each of the heavily damaged regions of Antakya, İskenderun, Adıyaman, and Kahramanmaraş. In the next phase, which began in September 2023, all accelerometers except four were relocated to the Antakya basin and its surroundings. During this period, an earthquake with a magnitude of $M_w = 5.3$ was recorded approximately 300 km from the Antakya basin. In the present preliminary study, the earthquake data recorded by 16 accelerometers were analyzed. As a result of the analysis, it was determined that the accelerometers placed inside the basin exhibited amplification up to 10 times greater compared to those outside the basin. Despite being approximately 300 km away, it was understood that one of the major reasons for the severe damage caused by the Kahramanmaraş earthquake in Antakya was the basin effects.

Keywords: Antakya, microtremor, amplification

Çetin Barajı (Siirt) Rezervuar Alanında Gözlenen Heyelanların Jeofiziksel ve Jeoteknik Açısından Değerlendirilmesi

Geophysical and Geotechnical Assessment of Landslides Observed in the Reservoir Area of Çetin Dam (Siirt)

Ali Erden BABACAN¹, Murat KARAHAN², Muhammet Oğuz SÜNNETÇİ³, Zekai ANGIN⁴, Arzu FIRAT ERSOY³, Hakan ERSOY³

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon Meslek Yüksekokulu, İnşaat Teknolojisi Bölümü

³Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

⁴Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

E-posta: a.babacan@ktu.edu.tr

ÖZET

Dünya genelinde ve Türkiye’de, depremlerden sonra doğa olayları içerisinde en fazla can ve mal kaybına neden olan afetlerden birisi de, jeolojik, jeomorfolojik, iklimsel ve antropojenik etkenlere bağlı olarak meydana gelen heyelanlardır. Dolayısıyla, özellikle kritik mühendislik yapılarının bulunduğu ya da planlandığı alanlarda heyelanların içyapısının incelenmesi ve potansiyel risklerin ortaya konulması büyük önem taşımaktadır. Baraj gibi büyük mühendislik yapılarının rezervuar alanlarının taşıdığı su yükü ve hidrostatik basınç değişimleri gibi nedenler ile gelişebilecek heyelanlar ise, hem yapı güvenliği açısından hem de çevresel, yerleşim alanları ve sosyo-ekonomik etkiler yönünden önemli riskler oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Siirt ili Pervari ilçesinin sınırları içerisinde bulunan Botan Çayı (Uluçay) üzerinde inşa edilmiş Çetin Barajının rezervuar alanında meydana gelen heyelanlar jeofiziksel ve jeoteknik açıdan incelenmiştir. Çalışma alanı genel olarak metamorfik birimlerden oluşmaktadır. Çetin Barajı vadisinin her iki yamacındaki yüksek eğimler, bölgede eski ve güncel heyelan alanlarının oluşumunda başlıca etkenlerden birini teşkil etmektedir. Bu kapsamda ilk olarak bölgede dron uçuşları yapılmış ve elde edilen ortofotolar ve nokta bulutu verileri ile proje sahasının topografik haritası ve 3 boyutlu arazi katı modeli hazırlanmıştır. İkinci aşama da ise arazide 12 profilde elektrik özdirenç tomografi, sismik kırılma tomografisi ve çok kanallı yüzey dalgası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca muhtelif noktalarda sondaj çalışmaları yürütülmüştür. Bu sonuçlara göre yer yer değişmekle beraber 40 metreleri aşmayan bir yamaç molozu varlığı ve onun altında ise şist, fillat ve kuvarstan oluşan bir birim yer almaktadır. Arazi çalışmalarından elde edilen veriler ve ortofotolar birlikte değerlendirilerek rezervuar alanı çevresinde özellikle sol sahilde eski ve güncel heyelan konumları ve içyapıları belirlenmiş, mevcut yerleşim yerlerinin güncel ve/veya eski heyelanlara göre konumlarının ortaya konulmuştur. Son olarak ise limit denge analizleri yapılarak heyelanlar açısından riskli alanlar belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çetin Barajı, heyelan, jeofizik ve jeoteknik, stabilite analizi

ABSTRACT

Landslides, which occur due to geological, geomorphological, climatic, and anthropogenic factors, are among the most devastating natural disasters after earthquakes worldwide and in Turkey. Therefore, it is crucial to examine the internal structure of landslides and identify potential risks, particularly in areas where critical engineering structures are located or planned. Landslides that can develop as a result of factors such as water load and hydrostatic pressure changes in the reservoir areas of large engineering structures, such as dams, pose significant risks not only to structural safety but also to the environment, settlements, and socioeconomic conditions. This study examines landslides occurring in the reservoir area of the Çetin Dam, constructed on the Botan River (Uluçay) within the borders of the Pervari district of Siirt Province, from a geophysical and geotechnical perspective. The study area is generally composed of metamorphic units. The steep slopes on both sides of the Çetin Dam valley constitute a primary factor in the formation of paleo and active landslides in the region. In this context, drone flights were first conducted in the region, and a topographic map and 3D terrain model of the project area were prepared using the resulting orthophotos and point cloud data. In the second phase, electrical resistivity tomography, seismic refraction tomography, and multi-channel surface wave measurements were conducted along 12 profiles in the field. Boreholes were also carried out at various locations. These investigations revealed a slope debris, varying in thickness but not exceeding 40 meters, underlain by units composed of schist, phyllite, and quartz. By evaluating the data obtained from field surveys together with the orthophotos, paleo and active landslide locations and their internal structures were identified around the reservoir area, particularly on the left bank. The positions of existing settlements in relation to active and/or paleo landslides were also determined. Finally, limit equilibrium analyses were performed to identify landslide-prone areas.

Keywords: Çetin Dam, landslide, geophysics and geotechnics, stability analysis

Yakın Yüzey Jeofizik Yöntemler Kullanarak Elde Edilen Vs30 Değerlerinde Ortaya Çıkan Saçılmalar

Scattering in Vs30 Values Obtained Using Near-Surface Geophysical Methods

Eşref YALÇINKAYA¹, Hakan KARSLI², Tahir Serkan IRMAK³, Ali Erden BABACAN², Mustafa ŞENKAYA⁴, Hakan ALP¹, Serhat TEKEBAŞ⁵, Mehmet Safa ARSLAN⁶, Doğukan DURDAĞ³, Kudret TEKİN⁷, Bilge Acar BOLAT⁸

¹ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

³ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

⁴ Bursa Uludağ Üniversitesi, İnegöl MYO, İnşaat Teknolojisi Bölümü

⁵ Seismocode Mühendislik ve Bilişim Teknolojileri A.Ş.

⁶ Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Deprem Teknolojileri Enstitüsü

⁷ AFAD

⁸ İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü

E-posta: eyalcin@iuc.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada farklı zemin sınıflarına sahip, toplam 63 farklı noktada yakın yüzey jeofizik yöntemler kullanarak elde edilen Vs30 değerlerinde ortaya çıkan saçılmalar değerlendirilmiştir. Kullanılan yöntemler arasında aktif (MASW, sismik kırılma) ve pasif kaynak (ReMi, SPAC) yöntemlerin yanında, kuyu içi PS_Loading ölçümleri yer alır. Çalışmada üç farklı üniversite ekibi tarafından yaklaşık 1400 adet sismik kayıt analiz edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda genel olarak yöntemler arası Vs30 değerleri arasındaki uyumun yüksek olduğu görülmüştür. Yöntemler arası Vs30 değerleri arasında en düşük uyum ($R=0.81$) remiL ve maswR yöntemleri arasında, en yüksek uyum ise ($R=0.94$) maswR-remiR ve remiR-remiL yöntemleri arasında bulunmuştur. Genel olarak yüksek hızlı zeminlere doğru yöntemler arası Vs30 değerleri arasındaki uyum düşmekte, saçılmalar artmaktadır. Yöntemler arası Vs30 değerlerinde en yüksek standart sapma 325 m/s, en düşük ise 5.7 m/s olarak hesaplanmıştır. Değişim katsayısı değerlerine bakıldığında, Vs30 değerlerinde yüzde olarak sapmanın zemin sınıfı bağımlı olmadığı görülmektedir. En yüksek sapma yüzdesi %41.7 ile ZD zemin sınıfında ortaya çıkmıştır. Rayleigh ve Love dalgası analizine dayalı Vs30 değerleri arasında ilişki katsayısı $R=0.92$ 'dir. Aktif ve pasif kaynak verilerine dayalı Vs30 değerleri arasında ise ilişki katsayısı 0.96 olup, aralarında oldukça güçlü bir uyum olduğu açıktır. Çalışma kapsamında 7 kuyu noktasında yüzey ölçümleriyle kuyu içi PS_Loading ölçümleri karşılaştırılmıştır. Özellikle Rayleigh dalgası analizlerine dayanan maswR ve remiR yöntemlerinden elde edilen Vs30 değerlerinin çoğunlukla log ölçümlerinden elde edilen Vs30 değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, Love dalgası analizlerine dayanan maswL ve remiL yöntemleriyle log ölçümleri arasında ortaya çıkan farklar tek yönlü olmayıp, kısmen yüksek, kısmen düşük değerlerde saçılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Vs30, dispersiyon, zemin, deprem, jeofizik

ABSTRACT

This study evaluated the scatter in Vs30 values obtained using near-surface geophysical methods at 63 different locations in different soil classes. The methods used included active (MASW, seismic refraction) and passive source (ReMi, SPAC) methods, as well as downhole PS_Logging measurements. Approximately 1,400 seismic records were analyzed by three different university teams. The evaluations revealed that the agreement between Vs30 values was generally high. The lowest agreement ($R=0.81$) between the remiL and maswR methods, and the highest agreement ($R=0.94$) between the maswR-remiR and remiR-remiL methods. In general, the agreement between Vs30 values between methods decreases and scatter increases towards higher-velocity soils. The highest standard deviation in Vs30 values between methods was calculated as 325 m/s, and the lowest as 5.7 m/s. When the coefficient of variation values are examined, it is observed that the percentage deviation in Vs30 values is not dependent on the soil class. The highest deviation percentage, 41.7%, occurred in the ZD soil class. The correlation coefficient between Vs30 values based on Rayleigh and Love wave analysis is $R=0.92$. The correlation coefficient between Vs30 values based on active and passive source data is 0.96, and it is clear that there is a strong agreement between them. Within the scope of the study, surface measurements were compared with downhole PS_Logging measurements at seven well sites. In particular, it was observed that the Vs30 values obtained from the maswR and remiR methods based on Rayleigh wave analysis were mostly lower than the Vs30 values obtained from log measurements. On the other hand, the differences between the maswL and remiL methods based on Love wave analysis and the log measurements are not unidirectional, but are partially high and partially low scattered.

Keywords: Vs30, dispersion, soil, earthquake, geophysics

Eğimli Zeminlerde Potansiyel Kayma Yüzeylerinin Gelişiminde Kazı Sırasının Etkisi

Influence of Excavation Sequence on the Development of Potential Sliding Surfaces in Sloping Ground

Ömer Lütfü AYDIN^{1,2}, Babak KARIMI³, İlker KAZAZ⁴

¹ Civil Engineering Department, Erzurum Technical University, Erzurum, Türkiye.

² Metropolitan Municipality of Erzurum, Türkiye

³ Civil Engineering Department, Erzurum Technical University, Erzurum, Türkiye

⁴ Civil Engineering Department, Erzurum Technical University, Erzurum, Türkiye

E-posta: omerlutfuaydin@gmail.com

ÖZET

Heyelanlar, jeoteknik mühendisliğin en kritik tehlikelerinden biri olup özellikle şev topuğunda gerçekleştirilen kazılar duraysızlığı tetikleyebilmektedir. Bu çalışma, farklı kazı sıralarının şevli zeminlerde potansiyel kayma yüzeylerinin oluşumuna etkisini PLAXIS sonlu elemanlar yazılımı kullanarak incelemektedir. Belirli geometri ve zemin parametrelerine sahip bir şev, drenajlı koşullar altında modellenmiş ve şev topuğu bölgesinde uygulanan farklı kazı aşamaları analiz edilmiştir. Zemin davranışının temsilinde Mohr-Coulomb modeli kullanılırken, her kazı adımından sonra meydana gelen deplasmanlar ile kayma mekanizmaları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, tüm kazı senaryolarında nihai deplasman ve kayma yüzeylerinin benzer olmasına rağmen, şev hareketlerinin zamanlaması ve büyüklüğünün önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. Kazıya şeve yakın noktadan başlanması deplasmanların daha kontrollü ilerlemesini sağlarken, kazının uzak bölgelerden başlatılması kontrol dışı kayma riskini artırmaktadır. Çalışma bulguları, şevli zeminlerde güvenli kazı planlaması için mühendislik uygulamalarına önemli katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Şev duraylılığı, kazı sırası, sonlu elemanlar yöntemi (FEM), şev topuğu kazısı, kayma yüzeyleri

ABSTRACT

Landslides are among the most hazardous geotechnical problems, with excavation at the toe of slopes often playing a critical role in triggering instability. This study investigates the influence of excavation sequence on the development of potential sliding surfaces in sloping ground using finite element modeling in PLAXIS. A slope with defined geometry and soil properties was simulated under drained conditions, and different excavation sequences at the toe area were analyzed. The Mohr–Coulomb model was adopted to represent soil behavior, while slope displacements and shear failure mechanisms were evaluated after each excavation stage. Results indicate that although the final displacement and failure surfaces remain similar across different excavation sequences, the timing and magnitude of slope movements vary significantly. Excavation beginning near the slope leads to more controllable displacement patterns, while starting farther away increases the risk of uncontrolled sliding. The findings provide practical insights for safer excavation planning in sloping ground.

Keywords: Slope stability, excavation sequence, finite element method (FEM), toe excavation, sliding surfaces

İstanbul’da Dağıtılmış Akustik Algılama ile Kentsel Sismik İzleme

Urban Seismic Monitoring with Distributed Acoustic Sensing in Istanbul

Ali Özgün KONCA¹, Semih ERGİNTAV², Daniel BOWDEN³, Ebru BOZDAĞ⁴, Ali SHAIKHSULAIMAN³, Andreas FICHTNER³

¹ Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeofizik A.B.D.

² Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi A.B.D.

³ Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich

E-posta: ozgun.konca@bogazici.edu.tr

ÖZET

Fiberoptik kablolar dünyanın birçok bölgesinde telekomünikasyon amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Son dönemde gelişen Dağıtılmış Akustik Algılama (Distributed Acoustic Sensing – DAS) teknolojisi, yer altındaki fiberoptik kabloların yalnızca veri iletimi için değil, aynı zamanda yer hareketlerini algılayabilmesi için de kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu yöntemde kaynaktan gönderilen lazer darbelerinin (pulslarının) kablo boyunca geri saçılmasının algılanması sayesinde, kablo üzerinde metre altı çözünürlükte lokal gerinim ölçümleri yapılabilmektedir. Böylece mevcut fiberoptik altyapı, ek bir sensör ağına ihtiyaç duyulmadan kilometrelerce uzunluktaki sismik dizinler olarak işlev görebilmektedir. Bu çalışmada, 2023 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi’ne (İBB) ait yaklaşık 8 kilometrelik bir fiberoptik kablo kullanılarak hem yerel depremler hem de 2023 Mw 7.8 büyüklüğündeki Kahramanmaraş depremi sırasında kaydedilen gerinim sinyalleri incelenmiştir. İlksel analizler, fiberoptik yöntemlerin sismik izleme kapasitesini artırmanın yanı sıra, yerel sığ yapıların özelliklerinin belirlenmesinde de önemli bilimsel ve pratik avantajlar sağlayabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: DAS, dağıtılmış akustik algılama, deprem izleme

ABSTRACT

Fiber-optic cables are widely used for telecommunication purposes around the world. In recent years, the development of Distributed Acoustic Sensing (DAS) technology has enabled these underground cables to be used not only for data transmission but also for detecting ground motions. In this method, laser pulses sent from the source are partially backscattered along the cable, and the analysis of the returned signal allows for local strain measurements with sub-meter resolution. In this way, existing fiber-optic infrastructure can operate as a dense seismic array over many kilometers without the need for additional sensors. In this study, an approximately 8-kilometer-long fiber-optic cable belonging to the Istanbul Metropolitan Municipality (İBB) was utilized to record and analyze both local earthquakes and the seismic signals generated by the 2023 Mw 7.8 Kahramanmaraş earthquake. Preliminary analyses demonstrate that fiber-optic methods offer significant advantages for both seismic monitoring and the characterization of shallow subsurface structures, highlighting their potential for future urban seismic networks and hazard assessment.

Keywords: DAS, distributed acoustic sensing, earthquake monitoring

Deniz Tabanı Sismometresi (OBS) Gözlemleriyle Marmara Fay Sistemi'nde Yüksek Çözünürlüklü Mikrosismisite Analizi

High-Resolution Microseismicity Analysis of the Marmara Fault System from Ocean Bottom Seismometer Observations

Tuğçe ERGÜN¹, Nurcan MERAL ÖZEL¹, Yojiro YAMAMOTO², Narumi TAKAHASHI², Ahmet Anıl DINDAR³, Remzi POLAT¹, Fatih TURHAN¹, Uğur Mustafa TEOMAN¹, Yoshiyuki KANEDA², and Kato AITARO⁴

¹ Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE), Bölgesel Deprem İzleme Merkezi

² Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Yokohama, Japan

³ Gebze Technical University, Kocaeli, Türkiye

⁴ University of Tokyo, Tokyo, Japan

E-posta: afacan@bogazici.edu.tr

ÖZET

Marmara Denizi, Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) en karmaşık ve kritik kesimlerinden birini barındırmakta olup, burada gözlenen fay çatlama ve yüksek sismik tehlike İstanbul metropolü için doğrudan risk oluşturmaktadır. Bu çalışmada, KAF'nın İzmit Körfezi'nde kuzey ve güney kollara ayrıldığı bölgede 2023–2024 yılları arasında konuşlandırılan Deniz Tabanı Sismometresi (OBS) ağı tarafından kaydedilen mikrodprem verilerine dayalı yüksek çözünürlüklü sismisite analizi sunulmaktadır. On ay süreyle işletilen OBS ağı, 1.100'den fazla mikrodprem kaydetmiş, bu olayların önemli bir bölümü ($ML < 0.4$) karasal ağlar tarafından algılanamamıştır. Böylece, 8–18 km derinlik aralığında deformasyon süreçlerinin ayrıntılı özellikleri belirlenebilmiştir. GrowClust algoritması kullanılarak gerçekleştirilen deprem yeniden konumlandırmaları, maksimum olabilirlik yöntemine dayalı b-değeri analizleri ve zamana bağlı sismisite istatistikleri, kuzey ve güney kollar arasında davranış farklılıkları ortaya koymayı amaçlamaktadır. Kuzey kol, daha derin ve dağınık sismisite ile nispeten kararlı b-değerleri sergileyerek görece durağan stres koşullarını işaret etmektedir. Güney kol ise daha sık, mekansal olarak yoğun kümelenmiş olaylar ve dönemsel b-değeri dalgalanmalarıyla karakterize olup, bu durum akışkan göçü, aseismik sürünme ya da yavaş kayma gibi geçici süreçlere işaret etmektedir. Derinliğe bağlı b-değeri profilleri, üst 10 km'de heterojen stres koşullarından daha derin seviyelerde görece homojen kırılma özelliklerine geçişi göstermektedir. Bu bulgular, fay sistemi boyunca mekanik bölümlenmeye dair önemli kanıtlar sunmakta ve OBS ağlarının sismojenik zon geometrisinin çözülmesi, bölgesel stres alanı modellerinin geliştirilmesi ve deprem ile tsunami erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesi açısından kritik önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Marmara denizi, okyanus dibi sismometresi, mikrosismisite, Kuzey Anadolu Fayı

ABSTRACT

The Sea of Marmara encompasses one of the most critical and structurally complex segments of the North Anatolian Fault (NAF), where fault bifurcation and elevated seismic hazard pose a direct threat to the megacity of Istanbul. In this study, we present a high-resolution seismicity analysis based on data from a Ocean Bottom Seismometer (OBS) network focused on the Izmit Gulf, where the NAF splits into northern and southern strands. During a 10-month deployment between 2023 and 2024, the OBS network recorded over 1,100 microearthquakes, including many events undetected by the onshore networks ($ML < 0.4$), providing unprecedented insight into fine-scale deformation patterns at depths of 8–18 km. Using GrowClust-based earthquake relocation, maximum likelihood b-value analysis, and time-dependent seismicity statistics, we identify distinct differences in fault behavior between the two branches. The northern strand exhibits deeper, more diffuse seismicity with relatively stable b-values, suggesting steady stress conditions. In contrast, the southern strand shows shallower, spatially concentrated clusters and episodic fluctuations in b-values, implying localized stress accumulation and transient processes such as fluid migration, aseismic creep, or slow-slip phenomena. Depth-dependent b-value profiles indicate a transition from heterogeneous stress conditions in the upper 10 km to more uniform rupture characteristics at greater depths. These results provide evidence for mechanical segmentation along the fault system and highlight the critical contribution of OBS networks in constraining the geometry of the seismogenic zone, refining models of the local stress field, and enhancing earthquake and tsunami early warning capabilities.

Keywords: Marmara Sea, ocean bottom seismometer, microseismicity, North Anatolian Fault

23 Nisan Depremi Sonrası Stres Değişimi ve Olası Marmara Depremi'nin İlk Dinamik Modellemeleri

Stress Change after the April 23 Earthquake and Preliminary Dynamic Modeling of the Potential Marmara Earthquake

Yasemin KORKUSUZ ÖZTÜRK¹

¹Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Deprem Teknolojileri Enstitüsü, Yer Bilimleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yalnızbağ/Erzincan

E-posta: yasemin.korkusuz@erzincan.edu.tr

ÖZET

23 Nisan 2025 Marmara Denizi Depremi (M6.2), yaklaşık 260 yıllık bir sismik boşluk oluşturan Ana Marmara Fayı'nın Kumburgaz segmenti üzerinde meydana gelmiştir. Bu nedenle, 2025 depremi ile bölgedeki önceki büyük depremler olan 1999 İzmit (M7.4) ve 1912 Ganos (M7.4) depremlerinin olası bir Marmara Denizi depremine yönelik gerilme aktarımı ve kırılma dinamikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması kritik önem taşımaktadır. Bu çalışmada, söz konusu üç depremin toplamda oluşturdıkları kosismik etkiyi ve yalnızca 2025 depreminin kosismik etkisini inceleyen iki ayrı 3 boyutlu yarı-statik blok modellemesi gerçekleştirilmiştir. Modeller, bu depremlerin komşu segmentlerde oluşturduğu statik gerilme değişimlerini karşılaştırmalı olarak ortaya koymaktadır. Ayrıca yarı-statik hesaplamalardan bağımsız bir ilksel dinamik deprem senaryosu oluşturulmuş ve olası büyük Marmara depreminde kırılmanın batıya doğru tüm segmentleri geçebildiği; doğuda ise İzmit Fayı girişinde sönümlendiği gözlenmiştir. Bu bütünlük yaklaşım, 2025 depremi sonrası Marmara'daki gerilme birikimi, segment etkileşimleri ve potansiyel kırılma yayılımı hakkında önemli bir perspektif sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, sismoloji, dinamik modelleme, yarı-statik modelleme, Marmara

ABSTRACT

The 23 April 2025 Marmara Sea earthquake (M6.2) occurred on the Kumburgaz segment of the Main Marmara Fault, which has constituted a seismic gap for approximately 260 years. Therefore, investigating the effects of the 2025 event -together with the major regional earthquakes, the 1999 İzmit (M7.4) and 1912 Ganos (M7.4) earthquakes- on stress transfer and rupture dynamics relevant to a potential future Marmara Sea earthquake is of critical importance. In this study, two separate three-dimensional quasi-static block models are developed: one assessing the cumulative coseismic impact of all three earthquakes, and the other examining only the coseismic effect of the 2025 event. The models comparatively reveal the static stress changes induced by these earthquakes on neighboring fault segments. In addition, an initial dynamic earthquake scenario, independent of the quasi-static calculations, is constructed. This scenario suggests that, in a potential large Marmara earthquake, rupture could propagate westward across all segments, whereas it tends to terminate near the entrance of the İzmit Fault in the east. This integrated approach provides an important perspective on post-2025 stress accumulation, segment interactions, and potential rupture propagation along the Marmara Fault system.

Keywords: Earthquake, seismology, dynamic modelling, quasi-static modeling, Marmara.

2025 Sındırgı-Balıkesir Deprem Dizisinin Tektonik Açidan Değerlendirilmesi

Tectonic Evaluation of the 2025 Sındırgı–Balıkesir Earthquake Sequence

Selda ALTUNCU POYRAZ¹, Nurcan MERAL ÖZEL¹, Tuğçe ERGÜN¹, Yavuz GÜNEŞ¹, Kıvanç KEKOVALI¹

¹ Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE), Bölgesel Deprem ve Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM)
E-posta: selda.altuncu@bogazici.edu.tr

ÖZET

10 Ağustos 2025 tarihinde, merkez üssü Sındırgı (Balıkesir) olan, yerel saat ile 19:53'te meydana gelen deprem aletsel olarak ML 6.0 – Mw 6.1 büyüklüklerinde kaydedilmiş ve odak derinliği 7.7 km olarak belirlenmiştir. Sığ odaklı bu deprem, Batı Anadolu'nun güncel tektonik rejimini karakterize eden önemli bir olaydır. Deprem, geçmişte bölgede gözlenen deprem dizileri ile benzer özellikler taşımaktadır. Özellikle 2009–2012 yıllarında Kütahya-Simav ve 2017'de Ayvacık-Çanakkale'de meydana gelen diziler gibi, Sındırgı depremi de tali fay zonlarında gelişen çok segmentli kırılmaların tipik bir örneğini sunmaktadır. Bu tür dizilerde birden fazla aktif fay parçası, dinamik gerilme aktarımı sonucunda birbirini tetiklemekte ve bu süreç sismik etkinliğin zamansal olarak uzamasına yol açmaktadır. Sındırgı-Balıkesir dizisi de bölgedeki karmaşık fay yapısını ve segmentler arası etkileşim mekanizmalarını açık biçimde yansıtmaktadır. 10 Ağustos'taki ana şoktan sonra 22 Eylül 2025 tarihine kadar, büyüklükleri M 0.5–5.0 arasında değişen yaklaşık 10.100 artçı deprem kaydedilmiştir. Bu artçı yoğunluğu, Batı Anadolu'da kabuğun ince, kırılğan ve yüksek ısı akısına sahip yapısının doğal bir sonucudur. Bu tür tektonik ortamlarda depremler genellikle sığ odaklıdır ve çok sayıda kırık parçasının birbirini tetiklemesiyle oluşan deprem dizileri, günlerce hatta aylarca devam edebilmektedir. Nitekim Sındırgı deprem dizisi, içinde birden fazla “deprem fırtınası” barındıran karakteristik bir oluş düzeni sergilemektedir. Odak mekanizması çözümleri ($M \geq 4.5$) incelendiğinde, depremlerin baskın olarak normal faylanma ile meydana geldiği görülmektedir. Bu durum, Batı Anadolu'da hâlen etkin olan kuzey-güney yönlü genişleme rejiminin günümüzde de sürdüğünün önemli bir göstergesidir. Ayrıca, bölgedeki artçıların mekânsal ve zamansal dağılımı, tali fay zonlarındaki çok sayıda kırık parçasının devreye girdiğini doğrulamaktadır. Dolayısıyla, 2025 Sındırgı-Balıkesir deprem dizisi, Batı Anadolu'nun çok segmentli faylanma ve dinamik gerilme aktarım mekanizmalarının güncel ve çarpıcı bir örneğini oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Deprem dizileri, normal faylanma, odak mekanizması

ABSTRACT

On 10 August 2025, at 19:53 local time, a strong earthquake with a magnitude of ML 6.0 – Mw 6.1 struck near Sındırgı (Balıkesir), Türkiye. With a focal depth of 7.7 km, the event was shallow in origin and represents an important case for understanding the present-day tectonic regime of Western Anatolia. The Sındırgı earthquake shows similarities with past seismic sequences in the region, such as those observed in Kütahya-Simav (2009–2012) and Ayvacık-Çanakkale (2017). Like these examples, it illustrates the typical pattern of multi-segment ruptures along secondary fault zones. In such sequences, several active fault segments are successively triggered by dynamic stress transfer, extending the duration of seismic activity. The Sındırgı-Balıkesir sequence clearly reflects the complex fault system of the region and the interaction mechanisms among different segments. By 22 September 2025, nearly 10,100 aftershocks with magnitudes between M 0.5 and 5.0 had been recorded following the mainshock. This exceptionally high aftershock productivity is linked to the thin, brittle crust and elevated heat flow that characterize the tectonic framework of Western Anatolia. In such environments, earthquakes are typically shallow, and sequences involving multiple fault segments may continue for days to months. The Sındırgı sequence, in particular, displays a characteristic pattern marked by distinct earthquake swarms. Focal mechanism solutions for events with $M \geq 4.5$ indicate that the earthquakes are predominantly normal faulting. This observation provides further evidence that the north–south extensional regime, which has long shaped Western Anatolia, remains active today. Moreover, the spatial and temporal distribution of the aftershocks confirms the involvement of multiple fault segments within secondary fault zones. Therefore, the 2025 Sındırgı-Balıkesir earthquake sequence constitutes a striking and contemporary example of multi-segment faulting and dynamic stress transfer in Western Anatolia.

Keywords: Earthquake sequences, normal faulting, focal mechanisms

Orta-Batı Anadolu WGM12 Bouguer Anomalilerinden Tektonik Yatay Gerilmelerin Modellenmesi ve Depremsellik

Modeling of Tectonic Horizontal Stresses from WGM12 Bouguer Anomalies in Central-Western Anatolia and Seismicity

Bülent ORUÇ¹

¹Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü
E-posta: bulent.oruc@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Tektonik yatay gerilmeler levha hareketleri ve levha içi yoğunluk dağılımlarına bağlı olarak ortaya çıkar. Bu çalışmada Orta-Batı Anadolu bölgesi WGM12 Bouguer anomalileri ve litosfer yoğunluklarından levha içi yatay gerilmelerine yönelik bilgiler elde edilmiştir. Bölgenin gerilme yönelimleri levhanın B-GB doğrultulu kaçış mekanizmasıyla uyumlu olmakla birlikte, grid boyutuna indirgenen gerilme alanı modellenmesiyle oldukça ayrıntılı çözümler elde edilmiştir. Yatay gerilmelerin doğrultu ve büyüklüklerinden hareketle daha önce gözlenmemiş olan tektonik yapıların gelişimi ve bunların depremsellikle ilişkilerine yönelik yeni yaklaşımlar da ortaya çıkarılmıştır. Orta-Batı Anadolu’da gerilme alanı genel olarak bölgenin bilinen tektonik çizgisellikleriyle uyumludur. Bununla birlikte Sındırgı-Simav Fay Zonu ve Havran-Balıkesir Fay Zonu’nu içine alan iç içe elipsoidal gerilme alanı modellemeleri ilgi çekici olmuştur. 10 Ağustos 2025 tarihinde Sındırgı’da tam normal faylanma mekanizması ile meydana gelen Mw6.1 büyüklüğündeki ana şoktan sonra sıra dışı bir etkinlik olarak bir ay içinde dokuz bin civarında artçı deprem meydana gelmiştir. Magma indüklemeli depremler sık ve küçük enerjili depremlerin kümelenmesiyle karakterize edilirler. Bu özellikle ilişkili olarak, elipsoidal gerilme alanının güney kesiminde kümelenen artçıların kabuk içi magma dinamikleri ile ilişkili olabileceği göstermektedir. Bu durum tektonik kökenli ana şok sonrası oluşan artçılara, ana şokun etkisiyle gerilen kabuk magma dinamiklerinin de eşlik edebileceğini düşündürmektedir. Bölgede erken miyosen döneminde gelişen volkanik etkinlik dikkate alındığında kabuk magma dinamiklerinin bölgesel gerilme alanına katkı yaptığı sonucuna ulaşılabilir. Genel olarak yatay gerilme alanında bölgenin doğusunda yüksek gerilme zonları, orta ve batı kesiminde ise görece düşük zonlar gözlenmektedir. Bölgenin düşük gerilme zonları, kabuk incilmesiyle ve kabuğun magma odaları ile termal özellikler kazanmasıyla açıklanabilir. Bununla birlikte Sındırgı-Simav fay zonunun Simav’a doğru olan parçasında ve kuzeyde geniş bir alanda gerilme artışları dikkat çekmektedir. Bunun yanı sıra İzmir körfezi, Çandarlı körfezi, Edremit körfezi ve yakın civarında yatay gerilmelerde yerel artışlar gözlenmesi de bu kesimlerde kabuğun güçlü deprem üretme potansiyelini ortaya koymaktadır. Orta-Batı Anadolu’nun son 125 yıllık 4 ve 4’den büyük deprem etkinliği ile bölgenin yatay gerilme modeli uyumludur.

Anahtar Kelimeler: WGM12 Bouguer, Orta-Batı Anadolu, yatay gerilmeler, magma dinamikleri, deprem

ABSTRACT

Tectonic horizontal stresses arise from plate movements and intraplate density distributions. This study provides information on intraplate horizontal stresses from the WGM12 Bouguer anomalies and lithospheric densities in the Central-Western Anatolia region. While the stress trends in the region are consistent with the plate's W-SW escape mechanism, quite detailed solutions have been obtained through grid-scale stress field modeling. The direction and magnitude of horizontal stresses have also yielded new approaches to the development of previously unobserved tectonic structures and their relationship to seismicity. The stress field in Central-Western Anatolia is generally consistent with the known tectonic lineaments of the region. Furthermore, nested ellipsoidal stress field models encompassing the Sındırgı-Simav Fault Zone and the Havran-Balıkesir Fault Zone have been of interest. Following the Mw6.1 main shock, which occurred in Sındırgı on August 10, 2025, due to a fully normal faulting mechanism, approximately nine thousand aftershocks occurred within a month, an extraordinary event. Magma-induced earthquakes are characterized by clustering of frequent, low-energy earthquakes. This suggests that the clustering of aftershocks in the southern part of the ellipsoidal stress field may be related to crustal magma dynamics. This suggests that aftershocks occurring after the tectonic main shock may also be accompanied by crustal magma dynamics stressed by the main shock. Considering the volcanic activity that developed in the region during the early Miocene, it can be concluded that crustal magma dynamics contribute to the regional stress field. Generally, high stress zones are observed in the eastern part of the horizontal stress field, while relatively low zones are observed in the central and western parts. The low stress zones in the region can be explained by crustal thinning and the crust gaining thermal properties through magma chambers. However, stress increases are noted along the Sındırgı-Simav fault zone toward Simav and across a wide area to the north. Furthermore, local increases in horizontal stresses observed in the Gulf of İzmir, the Gulf of Çandarlı, the Gulf of Edremit, and their surrounding areas demonstrate the crustal potential to generate strong earthquakes in these areas. The horizontal stress pattern of the region is consistent with the magnitude 4 and greater earthquake activity in Central-Western Anatolia over the last 125 years.

Keywords: WGM12 Bouguer, Central-Western Anatolia, horizontal stresses, magma dynamics, earthquake

Manyetik Kenar Algılama ve Derinlik Çözümleriyle Eğirdir Gölü'nün Yapısal Yorumu

Structural Interpretation of Lake Eğirdir Using Magnetic Edge Detection and Depth Solutions

Gülten AKTAŞ¹, Z. Mümtaz HİSARLI² Erdinç ÖKSÜM³

¹ Gümüşhane Üniversitesi

² İstanbul Üniversitesi

³ Süleyman Demirel Üniversitesi

E-posta: gultenaktas@gumushane.edu.tr

ÖZET

Eğirdir Gölü ve yakın çevresindeki başlıca yapısal unsurların sınırlarını ortaya koymak amacıyla yüksek çözünürlüklü manyetik verilerine gelişmiş kenar algılama teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan manyetik veriler öncelikle günlük düzeltme ve yön düzeltmesine tabi tutulmuştur. Toplam alan manyetik anomali kutba indirgenmiş (RTP) ve ardından çeşitli kenar algılama filtreleri uygulanmıştır. Jeolojik yapıların sınırlarının daha yüksek doğrulukla belirlenmesi açısından kenar algılama yöntemleri önemli bir katkı sunmaktadır. Bu kapsamda, hem klasik hem de gelişmiş yaklaşımlar olmak üzere Tilt Açısı (TA), Toplam Yatay Gradyanın Tilt Açısı (TAHG) ve Toplam Yatay Gradyan Tabanlı Kenar Algılama (THGED) filtreleri uygulanmış ve kapsamlı bir çizgisellik analizi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu yöntemler, manyetik anomali kaynaklarının sınırlarının daha güvenilir biçimde belirlenmesine olanak tanımıştır. Ayrıca sınır ve derinlik analizlerinde kullanılan Euler Dekonvolüsyon tekniği de uygulanmıştır. Elde edilen bulgular, gölün kuzey ve özellikle güney kesiminde belirgin çizgiselliklerin varlığına işaret etmekte olup bu yapıların özellikle Kuzeydoğu-Güneybatı (KD-GB), Kuzeybatı-Güneydoğu (KB-GD) ve Doğu-Batı (D-B) doğrultulu fay sistemlerinden etkilendiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, Eğirdir Gölü çevresinde farklı deformasyon rejimlerinin ve fay zonlarının manyetik alan üzerine yansımalarını ortaya koymakta ve bölgenin tektonik evrimini anlamaya yönelik önemli ipuçları sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Eğirdir Gölü, manyetik, tilt açısı, yapısal çizgisellikler

ABSTRACT

High-resolution magnetic data from Lake Eğirdir and its surrounding area were analyzed using advanced edge-detection techniques to delineate the major structural boundaries. The magnetic dataset was first subjected to diurnal and heading corrections. Subsequently, the total magnetic anomaly field was reduced to the pole (RTP), and various edge-detection filters were applied. Edge-detection methods significantly contribute to the more accurate delineation of geological structures. In this framework, both classical and advanced approaches, including the Tilt Angle (TA), the Tilt Angle of the Total Horizontal Gradient Amplitude (TAHG), and the Total Horizontal Gradient-Based Edge Detection (THGED), were employed to conduct a comprehensive lineament analysis. These methods allowed for a more reliable identification of the boundaries of magnetic anomaly sources. In addition, the Euler Deconvolution technique was applied for boundary and depth estimation. The results indicate the presence of prominent lineaments in both the northern and, more distinctly, the southern parts of the lake, revealing that these structures are mainly influenced by northeast–southwest (NE–SW), northwest–southeast (NW–SE), and east–west (E–W) trending fault systems. These findings highlight the reflections of different deformation regimes and fault zones on the magnetic field around Lake Eğirdir, providing important insights into the tectonic evolution of the region.

Keywords: Lake Eğirdir, magnetic, tilt angle, structural lineaments

Orhanlı Fay Zonu ve Çevresine ait Gravite Verilerinin 2B irdelenmesi

2D Investigation of Gravity Data of the Orhanlı Fault Zone and Its Surroundings

Metehan ULUĞTEKİN¹, Oya ANKAYA PAMUKÇU²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İzmir

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İzmir

E-posta: metehan.ulugtekin@gmail.com

ÖZET

Batı Anadolu bölgesi açılma bölgesi litosferik ölçekte pek çok kuvvet etkisinde deformasyona uğramış içerisinde doğrultu atımlı, normal faylar ve transfer zonları gibi pek çok önemli tektonik elemanı barındırmaktadır. Bu karmaşık tektonik yapı ve beraberinde bölgede yakın geçmişte meydana gelen can ve mal kaybına sebep olan Samos ve Buca depremleri, bölgedeki en büyük metropol olan İzmir ve yakın çevresindeki tektonik elemanların incelenmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Bu çalışma kapsamında bölgedeki aktif faylardan biri olan yaklaşık K-G uzanımlı, sağ doğrultu atımlı ve karada gözlenebilen uzunluğu 45 km olan Orhanlı (Tuzla) Fay zonu gravite verileri ile incelenmiştir. Çalışma kapsamında DEÜ (BAP) 2018.KB.FEN.010, TUBITAK 106G159 and TUBITAK 108Y285 numaralı projelerinden elde edilen veriler birleştirilerek alana ait Rezidüel Bouguer gravite anomali haritası elde edilmiştir. Sonraki aşamada gravite verilerine Güç spektrumu yöntemi uygulaması ile ortalama derinlikler elde edilmiştir. Son olarak D-B uzanımlı profil hatları boyunca gravite verilerine Normalize tam gradyen uygulamaları yapılarak kabuk içi süreksizlik sınırları incelenmiş ve bölge depremselliği ile birlikte yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Gravite, NTG, güç spektrumu

ABSTRACT

The Western Anatolia extensional region has undergone deformation under the influence of numerous forces at the lithospheric scale, it also has significant tectonic elements such as strike-slip faults, normal faults, and transfer zones. This complex tectonic structure, along with the recent destructive Samos and Buca earthquakes that caused significant loss of life and property, highlights the necessity of investigating the tectonic elements in İzmir — the largest metropolitan area of the region — and its surroundings. Within the scope of this study, the Orhanlı (Tuzla) Fault Zone, an active fault in the region that trends approximately N-S, exhibits right-lateral strike-slip motion, and has an observable length of 45 km on land, was examined using gravity data. The gravity data used were collected within the scope of DEU SRP (BAP) project no 2018.KB.FEN.010, TUBITAK project no 106G159 and TUBITAK project no 108Y285. Data set were combined to produce the Residual Bouguer gravity anomaly data of the area. Subsequently, the power spectrum method was applied to the gravity data in order to estimate average depths. Finally, normalized full gradient analyses were performed on gravity data along E-W oriented profile lines to investigate intracrustal discontinuity boundaries, which were then interpreted in relation to the seismicity of the region.

Keywords: Gravity, NFG, power spectrum

2020 Yılı ve Sonrasında Ege Denizi ve Batı Anadolu’da Meydana Gelen Depremlerin Jeodinamik Anlamı

Geodynamic Meaning of the Earthquakes in the Aegean Sea and Western Anatolia Since 2020

Oya ANKAYA PAMUKÇU¹, Ayça ÇIRMIK¹, Metehan ULUĞTEKİN², Fatih UYSAL³, Özkan Cevdet ÖZDAĞ¹, Fikret DOĞRU⁴, Ekrem TUŞAT³, Fulya ÖZDEMİR³, Ufuk AYDIN⁵, Zülfikar ERHAN¹, Hasan SÖZBİLİR⁶

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İzmir

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İzmir

³ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya

⁴ Atatürk Üniversitesi, Oltu Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Erzurum

⁵ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum

⁶ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir

E-posta: oya.pamukcu@deu.edu.tr

ÖZET

İzmir ilinin yer aldığı Batı Anadolu ve Ege Denizi; Hellenik dalma-batma zonu, Batı Anadolu’nun genişlemeli tektonik rejimi ve Kuzey ile Doğu Anadolu fay zonlarının karmaşık blok hareketleri nedeniyle Doğu Akdeniz’in en aktif sismik bölgelerindendir. 30 Ekim 2020 tarihinde meydana gelen İzmir–Seferihisar açıkları (Sisam) depremi (Mw 6.9), İzmir ve çevresinde can ve mal kayıplarına yol açmış, bölgenin sismik açıdan detaylı incelenmesinin önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Bu deprem ile birlikte 2020 yılı sonrasında Ege Denizi ve Batı Anadolu’da gerçekleşen diğer depremlerin jeodinamik anlamı bu bildiride tartışılmıştır. Bu çalışmada, söz konusu depremler sismolojik veriler ile sabit ve kampanya tipi GNSS gözlemleriyle incelenmiştir. Elde edilen hız alanları ve deformasyonlar, gerilme birikiminin dağılımı ve stres transferi hakkında önemli ipuçları sunmuştur. Bulgular, hem eşzamanlı (coseismic) hem de deprem sonrası (postseismic) süreçlerin yerel deformasyon alan değişimi nedeniyle heterojen hız dağılımlarına neden olduğunu ve hem deniz açıklarında hem de karada meydana gelen depremlerin bölgesel tektonik sistem içindeki yerini ortaya koymuştur. Bu bağlamda bu çalışma; 2020 yılı ve sonrasında gerçekleşen depremlerin, İzmir ve çevresinin jeodinamik çerçevesi nasıl şekillendiğini göstermekte, ayrıca Batı Anadolu ve Ege Denizi’ndeki deprem tehlikesinin değerlendirilmesinde jeodezik ve sismolojik verilerin bütüncül biçimde kullanılmasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: İzmir, Batı Anadolu, Ege Denizi, deprem, deformasyon

ABSTRACT

Western Anatolia and the Aegean Sea, where the city of Izmir is located, are among the most seismically active regions of the Eastern Mediterranean due to the influence of the Hellenic subduction zone, the extensional tectonic regime of Western Anatolia, and the complex block movements along the North and East Anatolian fault zones. The Izmir–Seferihisar offshore (Samos) earthquake (Mw 6.9), which occurred on October 30, 2020, caused casualties and damage in Izmir and its surroundings, once again highlighting the importance of detailed seismic investigations in the region. Along with this earthquake, the geodynamic significance of other earthquakes that have occurred in the Aegean Sea and Western Anatolia since 2020 is discussed in this study. These events were analyzed using seismological data together with continuous and campaign-type GNSS observations. The velocity fields and deformation patterns obtained provide important insights into the distribution of strain accumulation and the transfer of stress. The findings indicate that both coseismic and postseismic processes, through changes in the local deformation field, may due to heterogeneous velocity distributions and revealed the role of both offshore and inland earthquakes within the regional tectonic framework. In this context, this study demonstrates how earthquakes that have occurred since 2020 have been shaped by the geodynamic framework of Izmir and its surroundings, and further emphasizes the necessity of integrating geodetic and seismological data for the assessment of seismic hazard in Western Anatolia and the Aegean Sea.

Keywords: Izmir, Western Anatolia, Aegean Sea, earthquake, deformation

Kuzey İskandinavya Dağ Kuşağının Üstmantoda Yeralan Anomali ile Desteklenmesi

The Northern Scandinavian Mountain Belt is Supported by Low Density Keel in the Upper Mantle

Metin KAHRAMAN¹, Hans THYBO^{1,2}, Irina ARTEMIEVA^{2,3,4}, Alexey SHULGIN⁵, Peter HEDIN⁶, and Rolf MJELDE⁷

¹Deprem Teknolojileri Enstitüsü, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

²Çin Jeoloji Bilimleri Üniversitesi, Yer Bilimleri Fakültesi, Wuhan, Çin

³GEOMAR Helmholtz Okyanus Araştırmaları Merkezi, Deniz Jeodinamiği Bölümü, Kiel, Almanya

⁴Stanford Üniversitesi, Jeofizik Bölümü, CA 94305, ABD

⁵Oslo Üniversitesi, Dünya Evrimi ve Dinamikleri Merkezi, Oslo, Norveç

⁶İsveç Jeoloji Araştırmaları, Uppsala, İsveç

⁷Bergen Üniversitesi, Yer Bilimleri Bölümü, Bergen, Norveç

E-posta: metin.kahraman@erzincan.edu.tr

ÖZET

Lofoten kıta sahanlığı, Baltık denizinin açıklarında yer alır ve Kuzey Atlantik Okyanusu'nun kıta kenarı tarafından deforme edilmiştir. Eosen döneminin başlarında Kuzey Atlantik'te kıta ayrışması ile oluşmuş ve ardından yoğun volkanizma ile bazaltik malzeme çıkışı ile olmuş ve Senozoik sedimanların altına yerleşmiştir. Yer kabuğu yapısı, Lofoten sahanlığı ve okyanus bölümünde reoloji ve kalınlık açısından farklılıklar gösterir. Baltık Kalkanı'nın kuzeydoğusunda BKB-DGD yönünde uzanan Silver Road profilinin modelleme sonuçlarını sunuyoruz. Bu profil, Lofoten kıyı şeridinde dik olup, ~300 km'lik kıyı kesiminde kuzeybatı yönünde devam etmekte ve 630K ile 710K arasındaki kuzey İskandinavya'da ~300 km'lik açık deniz kesiminde aynı yönde devam etmektedir. Geniş açı sismik veriler, Hakon Mosby gemisinden hava tabancası atışları ile tüm açık deniz profili boyunca ve sığ deniz tabanı, sığ deniz tabanından derin okyanus tabanına geçiş ve derin okyanus tabanındaki 16 deniz tabanı sismometresinden elde edilmiştir. Karada ise 280 km ve ortalama 1.2 km aralıklı alılar ile 5 noktada patlama ile elde edilmiştir. Yeni açık deniz kabuk hızı ve derinlik modeli, Kuzey Atlantik Okyanusu çevresindeki kendi kendine okyanus litosferinden kaynaklanan yüksek anormal ve heterojen batimetriyi çözmeye yardımcı olacaktır. Sonuçlar, açık deniz profili boyunca kabuk kökü ve magmatik intrüzyonların varlığını test edecektir. Kara kısmında ise Kuzey İskandinavya dağ kuşağının üstmantoda konumlanmış düşüş yoğunluklu yapı ile desteklendiği görülmektedir.

Anahtar kelimeler: İskandinavya, kırılma, geniş açılı sismik veriler, kontrollü kaynak profilleri

ABSTRACT

The Lofoten continental shelf is located on offshore section of the Baltic Shield and bordered by continental margin of North Atlantic Ocean. It was formed by the continental break up on the North Atlantic in early Eocene and followed by intense volcanism where basaltic material extruded and located under Cenozoic sediments. The crust presents variation in its rheology and thickness in Lofoten shelf and oceanic section. We present results of ray tracing model of Silver Road profile which extends in a WNW to ESE direction in the northeastern Baltic Shield. It is perpendicular to the coastline of Lofoten and it continued northwest direction along ~300km onshore section and again continues with the same direction along with ~300km offshore section in northern Scandinavia between 63°N and 71°N. Wide-angle seismic data obtained from air gun shots from the vessel Hakon Mosby along the whole offshore profile and recordings from 16 ocean bottom seismometers on the shelf, slope and oceanic environment. Onshore section, it was obtained by detonation at 5 points with 280 km and an average interval of 1.2 km. The new offshore crustal velocity and depth model will help to solve high anomalous and heterogeneous bathymetry from shelf to oceanic lithosphere around the North Atlantic Ocean. The results will test existence of crustal root and magmatic intrusions along the offshore profile. Onshore section, it can be seen that it is supported by a structure with a low density located in the upper mantle of the North Scandinavian mountain belt.

Keywords: Scandinavia, refraction, wide angle seismic data, controlled source profiles

İvme Genlik Fourier Spektrumları için Global Ampirik Model

A Global Empirical Model for Fourier Amplitude Spectra of Acceleration

Mustafa BİRDAL¹

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul*
E-posta: birdal23@itu.edu.tr

ÖZET

Mühendislik sismolojisinde yer hareketi tahmin modelleri (GMM), sismik tehlike analizlerinde kullanılarak tasarım tepki spektrumlarının türetilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Literatürdeki yer hareketi modelleri ağırlıklı olarak tepki spektral parametrelerini (ivme, hız, deplasman) tahmin etmeye yönelik geliştirilmiştir; ancak bu parametreler yer hareketinin kendisini doğrudan temsil etmemektedir. Öte yandan, Fourier Genlik Spektrumu (FAS), sismoloji teorisine göre beklenen yer hareketinin karakteristik özelliklerini daha gerçekçi bir şekilde yansıtmaktadır. Bu nedenle, gelecek yıllarda yer hareketi tahmini araştırmalarında FAS modelleme çalışmalarına yönelik bir trend öngörülmektedir. Ayrıca FAS modelleri, stokastik yer hareketi simülasyonlarında kullanılabilir ve çeşitli korelasyonlar aracılığıyla tepki spektral parametreleri türetilir. Bu motivasyonla, bu çalışmada spektral parametreler yerine yer hareketinin Fourier Genlik Spektrumu'nu (FAS) tahmin eden bir ampirik model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, çıktı parametresi olarak Efektif Genlik Spektrumu'nu (EAS) tahmin etmektedir. EAS, deprem ivme kayıtlarının yatay bileşenlerinin Fourier genlik spektrumunu yönden bağımsız olarak temsil eden bir parametredir. Modelleme için küresel ölçekte bir veri seti hazırlanmıştır. Hazırlanan veri seti, moment büyüklüğü (M_w) 5.8-7.9 ve istasyon-fay düzlemi mesafesi (RRUP) 0-80km aralığında değişen 72 farklı depremden elde edilmiş 3225 adet ivmeölçer kaydından oluşmaktadır. Model geliştirme aşamasında, 0.1-30Hz aralığı için 100 farklı frekans değeri (frekans noktası) belirlenmiş ve her bir frekans için ayrı ayrı regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Regresyon analizleri sonucunda model değişkenlerine ait katsayılar ve standart sapmalar raporlanmıştır. Geliştirilen modelin performansı, sonuçların literatürdeki benzer modellerle karşılaştırılması yoluyla değerlendirilmiş ve modelin tutarlılığı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yer hareketi modelleri, Fourier Genlik Spektrumu, kuvvetli yer hareketi

ABSTRACT

In engineering seismology, ground motion models (GMMs) play a crucial role in seismic hazard analysis for deriving design response spectra. Commonly, the ground motion models in the literature have been developed to predict response spectral parameters (acceleration, velocity, displacement); however, these parameters do not directly represent the ground motion itself. On the other hand, the Fourier Amplitude Spectrum (FAS) more realistically represents the expected characteristic features of the ground motion according to seismological theory. Therefore, a trend towards FAS modeling in ground motion prediction researches is expected in the upcoming years. Furthermore, FAS models can be used in stochastic ground motion simulations, and response spectral parameters can be derived using various correlations. Motivated by this, an empirical model that predicts the Fourier Amplitude Spectrum (FAS) of ground motions, instead of spectral parameters, has been developed in this study. The developed model targets to predict the Effective Amplitude Spectrum (EAS). EAS is a parameter that represents the Fourier amplitude spectrum of the horizontal components of earthquake acceleration records independently of orientation. A global-scale dataset was prepared for the modeling. The compiled dataset consists of 3225 accelerometer records obtained from 72 different earthquakes, with moment magnitudes (M_w) ranging from 5.8 to 7.9 and rupture distances (RRUP) varying from 0 to 80km. During the model development phase, 100 different frequency values (or frequency point) were defined for the 0.1-30Hz range, and separate regression analyses were conducted for each frequency point. Consequently, the coefficients and standard deviations of the model variable obtained from the regression analyses are reported. The performance of the developed model was evaluated by comparing the results with similar models in the literature, and its accuracy was discussed.

Keywords: Ground motion model, Fourier amplitude spectrum, strong motion

Yapı-Zemin Etkileşiminde Titreşim Kayıtlarının Analizi

Analysis of Vibration Records in Soil-Structure Interaction

Eşref YALÇINKAYA¹, Kerim AVCI¹, Seyitali AKARER¹

¹ *İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü
E-posta: eyalcin@iuc.edu.tr*

ÖZET

Bu çalışmada İstanbul'da çok katlı betonarme bir yapı üzerinde titreşim kayıtları toplanarak bazı yapı dinamiği parametrelerinin analizi yapılmıştır. Bunun için farklı katlara dağılan 9 noktada üç bileşen sismometreler kullanarak eş zamanlı mikrotremörler (titreşimcikler) kaydedilmiştir. Aynı zamanda, yapı dışında serbest zemin üzerinde zemin doğal titreşim (rezonans) frekansını belirleme amaçlı mikrotremör kayıtları toplanmıştır. Tüm noktalarda kayıt süreleri 1 saatin üzerindedir. Sismometrelerde kullanılan örnekleme aralığı saniyede 250 örnektir. Ölçümler nispeten insan hareketliliğinin az olduğu bir zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Ancak, asansör kullanımı, hidrofor benzeri motorlar, etraftaki trafik hareketliliğinin ürettiği titreşimler kayıtlar içinde dağılmış halde gözlenmektedir. Yapı titreşim modlarının belirlenmesinde Fourier veya Güç Yoğunluğu Spektrumları kullanılmıştır. Spektrum hesaplamaları 100 sn uzunluğunda çok sayıda zaman penceresi kullanarak hesaplanmıştır. Yapıya ait birinci (temel) eğilme mod frekansı her iki yatay ekseninde 1.33 Hz'te olarak bulunmuştur. Temel eğilme moduna ait sönümlenme oranlarının her iki ekseninde %1.17-%1.66 arasında değiştiği görülmüştür. Çok sayıda sismometre kullanımı, birinci ve ikinci eğilme modu yer değiştirme şekillerinin hesaplanmasına izin vermiştir. Yapı kayma dalga hızı katlardaki sismik kayıtların bodrum kattaki kayıtla çapraz korelasyonu ile hesaplanır. Buna göre KG bileşende kayma dalga hızı 432 m/sn, DB bileşende ise 397 m/sn bulunmuştur. Bunlara ek olarak, yapı zemininde bir balyoz ile oluşturulan sismik sinyalin kolon boyunca seyahatinden hesaplanan P dalga hızları 1800 m/sn civarında olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yapı dinamiği, yapı jeofiziği, mikrotremör, mod, sönüm

ABSTRACT

In this study, vibration recordings were collected on a multi-story reinforced concrete building in Istanbul to analyze some structural dynamic parameters. For this purpose, microtremors were recorded simultaneously using three-component seismometers at nine locations distributed across different floors. Microtremor recordings were also collected outside the building on free ground to determine the natural ground vibration (resonance) frequency. Recording durations at all locations exceeded one hour. The seismometer sampling rate was 250 samples per second. The measurements were conducted during a period of relatively low human activity. However, vibrations generated by elevator use, hydrophore-like engines, and surrounding traffic were observed scattered throughout the recordings. Fourier or Power Density Spectra were used to determine the structural vibration modes. Spectrum calculations were performed using multiple 100-second time windows. The structure's first (fundamental) bending mode frequency was found to be 1.33 Hz along both horizontal axes. The damping ratios for the main bending mode were found to vary between 1.17% and 1.66% along both axes. The use of multiple seismometers allowed the calculation of the first and second bending mode displacement shapes. The building shear wave velocity was calculated by cross-correlating the seismic recordings from the floors with the basement recordings. Accordingly, the shear wave velocity for the NS component was found to be 432 m/s and for the DB component, 397 m/s. Additionally, P-wave velocities calculated from the seismic signal generated by a sledgehammer at the building's foundation traveling along the columns were found to be around 1800 m/s.

Keywords: Structural dynamics, structural geophysics, microtremor, mode, damping

Türkiye için Makine Öğrenmesi Yaklaşımlarıyla PGV ve CAV Yer Hareketi Parametrelerinin Modellenmesi

Machine Learning-Based Modeling of PGV and CAV Ground Motion Parameters for Türkiye

Fahrettin KURAN¹, Gülüm TANIRCAN², Elham PASHAEI³

¹ Üniversite İleri Araştırmalar Okulu - IUSS Pavia, İtalya

² Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, Türkiye

³ Indiana Üniversitesi Tıp Fakültesi, Indianapolis, ABD

E-posta: birgore@bogazici.edu.tr

ÖZET

Deprem mühendisliğinde önemli yer hareketi göstergeleri olan tepe yer hızı (PGV) ve kümülatif mutlak hız (CAV), yapısal hasar potansiyelinin değerlendirilmesinde kritik öneme sahiptir. Makine öğrenmesi teknikleri, doğrusal olmayan ilişkilerin ele alınması, değişen koşullara uygulanabilirlik, otomasyon, verimlilik ve gerçek zamanlı tahmin potansiyeli sayesinde PGV ve CAV parametrelerinin daha doğru ve güvenilir tahminlerini sağlayabilir. Bu çalışmada, Türkiye’ye veri seti ile makine öğrenmesi (ML) tabanlı PGV ve CAV tahmin modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Türkiye’de 1983–2023 yılları arasında meydana gelen 950’den fazla deprem kaydı ile birlikte, 24.667 ivme kaydını içeren güncel güçlü yer hareketi veri tabanları kullanılarak çeşitli gözetimli makine öğrenmesi algoritmalarının (Destek Vektör Makineleri, Doğrusal Regresyon, Rastgele Orman, Yapay Sinir Ağı, Bayesyen Ridge Regresyonu ve Gradient Boosting) performansları değerlendirilmiştir. Modellerin başarımını artırmak amacıyla öznitelik seçimi (LASSO, RFE, Pearson korelasyonu) gibi ön işleme yöntemleri uygulanmıştır. Model sonuçlarının başarısı performans ölçütleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Gradient Boosting algoritmasının hem PGV hem de CAV tahmininde diğer yöntemlere kıyasla üstün performans gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle $M_w \geq 5.5$ büyüklüğündeki depremlere ait veri setleri ile eğitilen modeller, daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen ML tabanlı yer hareketi modelleri, mevcut geleneksel yer hareketi denklemleri (GMM) ile karşılaştırılmış ve yeterli kayıt verisi sağlandığında ML tabanlı modellerin en az GMM’ler kadar güvenilir tahminler sunduğu belirlenmiştir. Makine öğrenmesi yöntemleri, Türkiye’de sık kabukta meydana gelen doğrultu atımlı ve normal faylanma kaynaklı depremler için PGV ve CAV tahmininde güçlü bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Deprem parametrelerinin tahmini, en büyük yer hızı (PGV), kümülatif mutlak hız (CAV), makine öğrenmesi

ABSTRACT

Peak ground velocity (PGV) and cumulative absolute velocity (CAV), important ground motion parameters in earthquake engineering, play a critical role in assessing the potential structural damage. Machine learning (ML) techniques can provide more accurate and reliable predictions of PGV and CAV due to their ability to handle nonlinear relationships, adaptability to changing conditions, automation, efficiency, and potential for real-time forecasting. This study aims to develop ML-based PGV and CAV prediction models using Turkish earthquake datasets. Using the latest strong-motion databases, which include over 950 earthquakes from 1983 to 2023 and 24,667 acceleration records, the performance of various supervised machine learning algorithms—Support Vector Machines, Linear Regression, Random Forest, Artificial Neural Networks, Bayesian Ridge Regression, and Gradient Boosting—was evaluated. Preprocessing methods such as feature selection (LASSO, RFE, Pearson correlation) were applied to enhance model performance. The models' success was assessed using standard performance metrics. The results indicate that the Gradient Boosting algorithm outperforms the other methods in predicting both PGV and CAV. Models trained on datasets with $M_w \geq 5.5$ earthquakes achieved particularly higher accuracy. The ML-based ground motion models developed in this study were compared with existing traditional Ground Motion Models (GMMs), results indicated that, with sufficient training data, ML-based models provide predictions at least as reliable as GMMs. Machine learning approaches thus emerge as a powerful alternative for predicting PGV and CAV for shallow crustal strike-slip and normal-fault earthquakes in Türkiye.

Keywords: ground motion prediction, peak ground velocity (PGV), cumulative absolute velocity (CAV), machine learning

Sismik Dalga Hızlarından Türetilen Parametrelerle Kuzey İzmir’de Dinamik Zemin Özelliklerinin ve Yerel Tepki Göstergelerinin Sistematiik Analizi

Systematic Analysis of Dynamic Soil Properties and Local Response Indicators in Northern İzmir Based on Parameters Derived from Seismic Wave Velocities

İlkin ÖZSÖZ^{1,2}

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz Araştırmaları Dairesi

² Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği

E-Posta: ilkin.ozsoz@mta.gov.tr

ÖZET

Bu çalışmada, İzmir ili Karşıyaka, Bayraklı, Bornova ve Çiğli ilçelerini kapsayan bölgelerde dinamik zemin koşulları, sismik kırılma ve çok kanallı yüzey dalgası (MASW) yöntemleriyle elde edilen 278 profilin değerlendirilmesiyle incelenmiştir. Ölçümlerden tabaka kalınlığı (h), P- ve S-dalgası hızları (V_p , V_s) ile 30 m derinlik içim ortalama kayma dalgası hızı (V_{s30}) belirlenmiştir; bu temel parametrelerden maksimum kayma modülü (G_{max}), elastisite modülü (E), Poisson oranı (ν), hacimsel modül (K), zemin hakim titreşim periyodu (T_0), serbest basınç dayanımı (q_u) ve göreceli zemin büyütmesi türetilmiştir. Ayrıca, zeminlerin rezonans davranışını tetikleyebilecek eşik deprem büyüklükleri de hesaplanarak mühendislik açısından kritik değerler ortaya konmuştur. Dinamik zemin parametreleri, sahil kesimleri boyunca sismik duyarlılık indeksi yorumlanarak en riskli alanların belirlenmesine imkân tanımıştır. Temsili kesitler için radar diyagramları oluşturularak Karşıyaka ve Bayraklı ilçeleri, geniş veri tabanı bağlamında karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bunun yanı sıra, yapıların yatay deplasman talepleri, sayısal deprem-zemin-yapı etkileşimi analizleri aracılığıyla değerlendirilmiş ve farklı kat yüksekliklerine sahip tipik binaların olası davranışları öngörülmüştür. Çalışmanın özgün yönü, kuzey İzmir bölgesinde geniş bir sismik veri setinden hareketle çok sayıda yerel zemin yanıtının dinamik parametreler kullanılarak sistematik biçimde türetilmesi ve bu yaklaşımın jeofizik uygulamalarda kullanılabilecek güvenilir ve sistematik bir yol haritasının ortaya konmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Dinamik zemin parametreleri, deprem-zemin-yapı etkileşimi, dinamik zemin davranışı,

ABSTRACT

In this study, the dynamic soil conditions of the regions covering the Karşıyaka, Bayraklı, Bornova, and Çiğli districts of İzmir province were examined through the evaluation of 278 profiles obtained by seismic refraction and multichannel analysis of surface waves (MASW). From the measurements, layer thickness (h), compressional- and shear-wave velocities (V_p , V_s), and the average shear-wave velocity for 30 m depth (V_{s30}) were determined; from these fundamental parameters, the maximum shear modulus (G_{max}), elastic modulus (E), Poisson's ratio (ν), bulk modulus (K), predominant soil period (T_0), unconfined compressive strength (q_u), and relative soil amplification were derived. In addition, threshold earthquake magnitudes capable of triggering the resonance behavior of soils were calculated, thereby revealing critical values from an engineering perspective. The dynamic soil parameters were interpreted along the coastal sections by means of the seismic susceptibility index, enabling the identification of the most risk-prone areas. For representative sections, radar charts were prepared and the Karşıyaka and Bayraklı districts were comparatively evaluated within the context of the larger database. Furthermore, horizontal displacement demands of structures were assessed through numerical earthquake–soil–structure interaction analyses, and the possible behavior of typical buildings with different story heights was predicted. The originality of this study lies in the systematic derivation of numerous local soil responses from a large seismic dataset in the northern İzmir region using dynamic parameters, and in presenting a reliable and systematic roadmap applicable to geophysical practices.

Keywords: Dynamic soil parameters, earthquake–soil–structure interaction, dynamic soil behavior

Havza Yerleşimlerinde Sahaya Özel Analizler İçin Jeofizik Uygulamalar

Geophysical Applications for Site-Specific Analyses in Basin Settlements

Eren PAMUK¹

¹Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Deprem Teknolojileri Enstitüsü
E-posta: eren.pamuk@erzincan.edu.tr

ÖZET

Ülkemiz, bilindiği gibi, depremsellik açısından dünyanın en aktif bölgelerinden biridir. Son 50 yıl incelendiğinde, sonuncusu Kahramanmaraş depremleri olmak üzere, çok sayıda yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Ülkemizin tektonik yapısı ve jeomorfolojik özelliklerine bağlı olarak çok sayıda geniş havza bulunmaktadır. Örneğin, Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca gelişen ve üzerinde yerleşim bulunan birçok havza (Erzincan Havzası, Niksar Havzası, Bolu–Gerede Havzası vb.) mevcuttur. Bu tip havzalar çok derin ve yumuşak sedimanlarla kaplanmış olup, zemin büyütmesinin yüksek olabileceği alanlardır. Yıkıcı depremler öncesinde, havzaların zemin davranışlarının doğru bir şekilde belirlenebilmesi için, derin havza yapısının parametrelerinin elde edilmesi ve bu parametrelere göre sahaya özel dinamik davranış analizlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu tür alanlarda depreme dayanıklı yapı tasarımı için sahaya özel tasarım ivme spektrumlarının belirlenmesi zorunludur. Bu analizler için anakayaya kadar V_s –derinlik kesitlerinin belirlenmesi elzemdir. Ek olarak, mikrogravite çalışmaları da havza analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, ülkemizin farklı bölgelerinde ve farklı projeler kapsamında gerçekleştirilen havza modelleme çalışmaları derlenmiş ve sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Havza modelleme, jeofizik, V_s , sahaya özel analizler, mikrogravite

ABSTRACT

As is well known, our country is one of the most seismically active regions in the world. An examination of the past 50 years reveals that numerous destructive earthquakes have occurred, the most recent being the Kahramanmaraş earthquakes. Due to the tectonic structure and geomorphological characteristics of our country, many large basins are present. For instance, several basins have developed along the North Anatolian Fault Zone and host settlements, such as the Erzincan Basin, Niksar Basin, and Bolu–Gerede Basin. These types of basins are covered by very deep and soft sediments, making them areas where high soil amplification can be expected. In order to accurately determine the soil behavior of basins prior to destructive earthquakes, it is necessary to obtain the parameters of the deep basin structure and to perform site-specific dynamic response analyses based on these parameters. For earthquake-resistant structural design in such areas, it is essential to determine site-specific design acceleration response spectra. For these analyses, the determination of V_s –depth profiles down to the bedrock is of vital importance. In addition, microgravity surveys are widely used in basin analyses. Within the scope of this study, basin modeling studies carried out in different regions of our country under various projects have been compiled and presented.

Keywords: Basin modeling, geophysics, V_s , Site-specific analyses, microgravity

Trabzon-Değirmendere Vadisi’ndeki Heyelanlı Alanların Aktif Ve Pasif Yüzey Dalgası Yöntemleriyle İncelenerek Zemin Kayma Gerilmelerinin Hesaplanması

Investigation of Landslide-Prone Areas in the Değirmendere Valley, Trabzon, Using Active and Passive Surface Wave Methods and Calculation of Soil Shear Stresses

Özgenç AKIN¹, Nilgün SAYIL¹

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü
E-posta: ozgencakin@ktu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Trabzon ili Ortahisar ilçesinin 10 km güneyinde yer alan Değirmendere Vadisi’nin bir bölümünde, zeminlerin statik ve dinamik yükler altındaki davranışlarını ve zemin-yapı etkileşimini belirlemek amacıyla çoklu jeofizik yöntemler uygulanmıştır. Bu kapsamda, aktif ve pasif kaynaklı yüzey dalgası yöntemleri kullanılmıştır. Özellikle saha içinde yer alan geçmişte meydana gelmiş paleo heyelanlar ve güncel aktif heyelanlar detaylı olarak incelenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, kesme dalgası hızı, zemin baskın periyodu ve zemin büyütmesi gibi parametreler elde edilmiş ve heyelan duyarlılığında kritik öneme sahip olan zemin kayma gerilmeleri hesaplanmıştır. Sonuçlara göre, heyelanlı bölgelerde zemin sınıfı ZD (TDBY), D (NEHRP) ve C (Eurocode 8) olarak belirlenmiş; zemin baskın periyodu 0.8-1.3 sn, zemin büyütmeleri 5-6, Vs30 değerleri 278-460 m/sn ve zemin kayma gerilmesi 10^{-1} – 10^{-2} aralığında bulunmuştur. Heyelansız bölgelerde ise zemin sınıfı ZC (C, B), zemin baskın periyodu 0.1-0.5 sn, zemin büyütmeleri 1-2, Vs30 değerleri 301-780 m/sn ve zemin kayma gerilmesi 10^{-3} – 10^{-4} aralığında tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüzey dalgası, mikrotremor, MASW yöntemi, Zemin parametreleri, GSS

ABSTRACT

In this study, geophysical methods were applied to a section of the Değirmendere Valley, located 10 km south of Ortahisar district in Trabzon, to determine the behavior of soils under static and dynamic loads and the soil-structure interaction. Both active and passive source surface wave methods were employed for this purpose. In particular, paleo-landslides that occurred in the past and current active landslides within the study area were investigated in detail. Measurements provided parameters such as shear wave velocity, soil predominant period, soil amplification, and ground shear strain, which play a critical role in landslide susceptibility, were calculated. According to the results, in landslide-prone areas, the soil class was determined as ZD (TDBY), D (NEHRP), and C (Eurocode 8); the soil predominant period ranged between 0.8–1.3 s, soil amplification values were 5–6, V_{s30} ranged from 278–460 m/s, and ground shear strain values were between 10^{-1} – 10^{-2} . In non-landslide areas, the soil class was ZC (C, B), dominant soil period 0.1–0.5 s, amplification 1–2, V_{s30} 301–780 m/s, and shear stress 10^{-3} – 10^{-4} .

Keywords: Surface wave, microtremor, MASW Method, Soil Parameters, GSS

Sakarya Havzası Kayma Dalgası Hız Yapısının Bütüncül Yöntemlerle Değerlendirilmesi

Assessment of the Shear Wave Velocity Structure of the Sakarya Basin Using Integrated Methods

Ali SİLAHTAR¹, Mustafa ŞENKAYA², Hasan KARAASLAN³, Emrah BUDAKOĞLU⁴

¹ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

² Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

³ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

⁴ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

E-posta: asilahtar@sakarya.edu.tr

ÖZET

Türkiye’de 2020 Samos ve 2023 Kahramanmaraş depremleri, zemin özelliklerinin ve özellikle alüvyon havzalarının karmaşık üç boyutlu yapısının kuvvetli yer hareketi üzerindeki belirleyici etkisini açık bir şekilde ortaya koymuştur. Deprem dalgalarının havza geometrisi, sediman kalınlığı ve kayma dalgası hız kontrastlarına bağlı olarak önemli ölçüde değişim göstermesi, yer hareketi tahminlerinin güvenilirliğini doğrudan etkilediğinden bölgesel Vs yapısının ayrıntılı biçimde ortaya konulması kritik bir gereklilik hâline gelmiştir. Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun aktif segmentleri tarafından sınırlanan Sakarya Havzası, genç alüvyon birimleri ve yüksek sismisite potansiyeli nedeniyle bu tür çalışmalar için karakteristik bir örnek teşkil etmektedir. Bu çalışmada, Sakarya Havzası’nın kayma dalgası hız yapısını ayrıntılı biçimde ortaya koymak amacıyla aktif ve pasif kaynaklı sismik yöntemlerden oluşan bütüncül bir yaklaşım uygulanmıştır. Bölge genelinde 316’sı yeni olmak üzere toplam 533 noktada MASW ve ReMi ölçümleri gerçekleştirilmiş; buna ek olarak 54 istasyonda dizilim mikrotremor kayıtları alınmış ve SPAC yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu ölçümlerden elde edilen bir boyutlu Vs profilleri, mevcut jeolojik-jeofizik verilerle karşılaştırılmış ve coğrafi bilgi sistemi ortamında bütünleştirilerek havzanın sığ ve derin yapı özelliklerini temsil eden kapsamlı bir hız modeli oluşturulmuştur. Bu model, düşük hızlı sedimanların dalga yayılımını yavaşlatıp belirli frekanslarda genlikleri artırdığı durumları analiz etme imkânı sağlamış, böylece havza içerisinde potansiyel risk bölgelerinin belirlenmesine katkı sunmaktadır. Bu çalışma, Sakarya Havzası’nda zemin sınıflaması, yerel zemin etkisi analizleri ve deprem tehlikesi değerlendirmeleri için güncel, yüksek çözünürlüklü ve güvenilir bir kayma dalgası hız yapısının oluşturulmasını sağlamıştır. Çalışma, TÜBİTAK destekli 124Y188 numaralı proje kapsamında yürütülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sakarya, Yüzey dalgaları analizi, SPAC, Kuzey Anadolu Fay Zonu

ABSTRACT

The 2020 Samos and 2023 Kahramanmaraş earthquakes in Türkiye clearly demonstrated the decisive influence of soil properties, particularly the complex three-dimensional configuration of alluvial basins, on strong ground motion. Since seismic wave behavior varies significantly depending on basin geometry, sediment thickness and contrasts in shear wave velocity, the accurate characterization of the regional Vs structure has become essential for improving the reliability of ground motion estimates. Bounded by the active segments of the North Anatolian Fault Zone, the Sakarya Basin, with its young alluvial deposits and high seismic potential, represents a characteristic environment for such investigations. In this study, an integrated approach using both active and passive seismic methods was applied to delineate the shear wave velocity structure of the Sakarya Basin in detail. Across the region, a total of 533 surface wave measurements, including 316 newly acquired MASW and ReMi data, were conducted. In addition, array microtremor recordings were collected at 54 stations and analyzed using the SPAC method. The one-dimensional Vs profiles obtained from these measurements were compared with existing geological and geophysical information and combined in a geographic information system to construct a comprehensive velocity model representing the shallow and deep structural features of the basin. This model enabled the examination of conditions in which low-velocity sediments slow wave propagation and increase motion amplitudes at specific frequencies, thereby contributing to the identification of potentially risk-prone areas within the basin. This study makes an important contribution to developing a current, high-resolution, and reliable shear wave velocity structure for soil classification, site response analyses, and seismic hazard assessment in the Sakarya Basin. The work was carried out within the scope of the TÜBİTAK-supported project numbered 124Y188.

Keywords: Sakarya, Surface wave analysis, SPAC, North Anatolian Fault Zone

2023 Kahramanmaraş Depremleri Hasarlarında Zemin ve Deprem Parametrelerinin Etkisi: Makine Öğrenmesi Yaklaşımları

The Effect of Soil and Earthquake Parameters on Damage from the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes: Machine Learning Approaches

Mustafa ŞENKAYA¹, Ali SİLAHTAR², Hasan KARAASLAN²

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa

² Sakarya Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Sakarya

E-posta: mustafasenkaya@uludag.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, 44 lokasyonda gözlenen hasar durumlarını ve 2023 Kahramanmaraş depremlerinde meydana gelen yapısal hasarları, yer koşulları ve kuvvetli yer hareketi parametreleri kullanılarak makine öğrenimi temelli modeller aracılığıyla kapsamlı biçimde değerlendirmektedir. Kullanılan yer koşulu değişkenleri arasında Vs30, mühendislik anakaya derinliği (EBd), baskın frekans (f0) ve yatay/düşey spektral oran değeri (A0) yer alırken; deprem kaynaklı parametreler olarak PGA, episantr uzaklığı (R_{epi}) ve kırılma uzaklığı (R_{rup}) dikkate alınmıştır. Çalışmada lojistik regresyon, CART, rastgele orman, destek vektör makineleri, k-en yakın komşu ve yapay sinir ağları gibi çeşitli denetimli yöntemlerin yanı sıra denetimsiz yöntemler de uygulanmıştır. Sonuçlar, modellerin yüksek başarımlara ulaştığını göstermektedir. Denetimli yöntemlerde hasarlı yapıları tespit etmede %94, hasarsız yapıları belirlemede %92 duyarlılık sağlanmış ve genel doğruluk %93'e ulaşmıştır. En düşük doğruluk seviyesi ise %80 olarak kaydedilmiştir. Denetimsiz yöntemlerde doğruluk %86–90 aralığında elde edilmiştir. Tüm yöntemler arasında EBD'nin en kritik parametre olduğu açık biçimde ortaya konmuştur; değişken öneminin denetimli senaryolarda %100'e ulaştığı belirlenmiştir. f0, Vs30 ve A0 değerlerinin göreceli etkileri ise sırasıyla %24, %18 ve %6'dır. Ayrıca hem denetimli hem denetimsiz modellerde EBD ve f0'nın belirgin ayrım kümeleri oluşturduğu görülmüştür. Bu bulgular, geleneksel deprem tehlikesi değerlendirmelerinde kullanılan kaynak parametrelerinin genel bir çerçeve sunmakla birlikte, yerel zemin koşullarının—özellikle EBD ve f0—hasar oluşumunun temel belirleyicileri olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, yer temelli detaylı parametrelerin sismik risk analizlerine entegre edilmesi, tahmin doğruluğunu artırmak ve deprem mühendisliği uygulamalarını geliştirmek açısından kritik önemdedir.

Anahtar Kelimeler: Hasar Tahmini, Makine Öğrenmesi, Kahramanmaraş Depremleri

ABSTRACT

This study provides a comprehensive evaluation of the damage patterns observed at 44 locations and those recorded during the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes by utilizing machine-learning-based models built on ground condition parameters and strong-motion indicators. The considered geotechnical variables include V_{s30} , engineering bedrock depth (EBd), predominant frequency (f_0), and horizontal-to-vertical spectral ratio (A_0), while seismic parameters such as PGA, epicentral distance (R_{epi}), and rupture distance (R_{rup}) were also incorporated. Various supervised learning methods—logistic regression, CART, random forest, support vector machines, k-nearest neighbors, and artificial neural networks—alongside unsupervised approaches were employed. The results demonstrate that the models achieve high predictive performance. In supervised analyses, recall values reached 94% for damaged structures and 92% for undamaged structures, yielding an overall accuracy of 93%, with the minimum accuracy recorded at 80%. Unsupervised approaches achieved accuracies between 86% and 90%. Across all methods, EBd emerged as the most influential parameter, exhibiting a normalized importance of up to 100% in supervised scenarios. The relative contributions of f_0 , V_{s30} , and A_0 were determined as 24%, 18%, and 6%, respectively. Moreover, both supervised and unsupervised models revealed that EBd and f_0 form distinguishable clustering boundaries, reinforcing their prominent role in structural vulnerability assessments. These findings collectively indicate that while earthquake-source parameters provide a broad framework for seismic hazard evaluation, local site conditions—particularly EBd and f_0 —serve as the primary drivers of building damage. Therefore, integrating detailed site-specific geotechnical parameters into seismic risk assessments is essential for enhancing predictive accuracy and advancing practical applications in earthquake engineering.

Keywords: Damage Prediction, Machine Learning, Kahramanmaraş Earthquakes

Türkiye’deki Paleosismoloji Çalışmalarında Çoklu Tarihlendirme Yaklaşımlarının Önemi

Significance of multi-method dating approaches in paleoseismological research in Türkiye

Mustafa SOFTA¹, Hasan SÖZBİLİR¹, Joel Q.G. SPENCER²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir, 35390

² Kansas State University, Department of Geology, Manhattan, Kansas, 66502

E-posta: mustafa.softa@deu.edu.tr

ÖZET

Deprem tehlikesinin doğru biçimde değerlendirilebilmesi, geçmiş depremlerin zamanı, yeri ve büyüklüğünün güvenilir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Bu doğrultuda 1990’lı yıllardan günümüze Türkiye’de paleosismoloji çalışmaları yoğunlaşmış; fayların Geç Kuvaterner–Holosen dönemindeki deformasyon özellikleri, deprem tekrarlanma aralıkları, kayma hızları ve son yıkıcı depremlerden bu yana geçen süreler ortaya konulmuştur. Bu amaçla hendek kazıları, denizaltı karotları, speleosismoloji ve fay yüzeyi yaşlandırma yöntemleri kullanılmakta; tüm bu çalışmaların temelini ise depremle ilişkili seviyelerin güvenilir biçimde tarihlendirilmesi oluşturmaktadır. En yaygın kullanılan yöntem radyokarbon olup, kolay uygulanabilirliği ve hassasiyeti nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak organik materyal yetersizliği, taşınma ihtimali ve sediman kaynaklı belirsizlikler yöntemsel sınırlılıklar yaratmaktadır. Bu eksikleri gidermek amacıyla lüminesans tarihlendirme giderek daha yaygın hale gelmiş; kuvars, feldspat ve kalsit minerallerinden elde edilen veriler, radyokarbon sonuçlarını destekleyerek hata paylarını azaltmıştır. Uygulama zorluklarına rağmen mineral çeşitliliği ile birlikte radyoaktivite ve nem parametrelerinin dikkatle değerlendirilmesi yöntemin güvenilirliğini artırmıştır. Bunun yanı sıra kozmojenik izotop ve yüzey lüminesans analizleri fay yüzeylerinin günlenme yaşlarını; uranyum–toryum tarihlendirme mağara speleotemlerindeki deprem kayıtlarını; tefrakronoloji ise volkanik tüf seviyelerinin stratigrafik zamanlamasını belirlemede önemli katkılar sağlamaktadır. Türkiye’de 1993’te başlayan hendek çalışmalarında özellikle son sekiz yılda çoklu tarihlendirme yaklaşımı yaygınlaşmış; Batı Anadolu Graben Sistemi, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Orta Anadolu Fay Sistemi ve Doğu Anadolu Fay Sistemi üzerinde yürütülen araştırmalarda radyokarbon ve lüminesans yöntemlerinden elde edilen bulgular birbirini tamamlamıştır. Bu bildiri, tek başına uygulanan yöntemlerin sınırlılıklarını aşmada çoklu tarihlendirme yaklaşımının önemini ve Türkiye’deki paleosismolojik araştırmalara sağladığı katkıları tartışmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Paleosismoloji, Radyokarbon, Lüminesans, Tarihlendirme, Türkiye

ABSTRACT

A reliable assessment of seismic hazard requires accurate determination of the timing, location, and magnitude of past earthquakes. Since the early 1990s, paleoseismological research in Türkiye has intensified, aiming to resolve deformation patterns of faults during the Late Quaternary–Holocene time period, earthquake recurrence intervals, slip rates, and the elapsed time since the most recent large events. To achieve this, a range of techniques such as trench excavations, subaqueous paleoseismology, speleoseismology, and fault-surface dating have been employed, with the critical foundation being robust chronological control of earthquake-related stratigraphic horizons. Radiocarbon dating is the most commonly applied method, preferred for its ease of use and high precision. However, limitations arise from insufficient organic material, the potential reworking of sediments, and associated uncertainties. To address these shortcomings, luminescence dating has become increasingly widespread. Data obtained from quartz, feldspar, and calcite minerals have supported radiocarbon results and reduced error margins. Despite certain practical challenges, careful evaluation of mineral diversity together with parameters such as radioactivity and moisture has significantly enhanced the reliability of the method. In addition, Cosmogenic nuclide and surface Luminescence dating are used to constrain fault-scarp exposure ages; Uranium–Thorium dating offers age control of seismically disturbed speleothems; while tephrochronology enables temporal calibration of volcanic ash horizons within stratigraphic sequences. Applying multiple techniques together minimizes method-specific uncertainties and significantly enhances chronological reliability. Since the initiation of trenching studies in 1993, a multi-dating approach has increasingly been adopted in Türkiye, particularly over the last eight years. Research conducted across the Western Anatolian Graben System, Central Anatolian Fault System, North Anatolian Fault Zone, and East Anatolian Fault System demonstrates that radiocarbon and luminescence methods provide mutually supportive, consistent, and complementary chronological results. This paper highlights the methodological significance of multi-dating strategies, discusses the limitations of single-method approaches, and evaluates their contributions to advancing paleoseismological research in Türkiye.

Keywords: Paleoseismology, Radiocarbon, Luminescence, Dating, Türkiye

Erzincan’ın Yer Hareketleri ve Hidro-Meteoroloji Kökenli Afet Türlerinin Çeşitliliği

Diversity of Earth Movements and Hydro-Meteorological Disaster Types in Erzincan

Sevda ÖZEL¹

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas, Türkiye
E-posta: sozel@cumhuriyet.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, kurumsal ve akademik olarak, Erzincan iline ilişkin yapılmış çalışmalara ait afet ve ilgili haritaları, raporları, makaleleri ve sayısal verileri incelenerek, Erzincan’ın afet çeşitliliği, yer hareketleri ve hidro-meteorolojik kökenli afetler olarak irdelenmiştir. Bunlara göre, en etkili afetlerinin, doğa kaynaklı afetler olduğu, en sık oluşan afet türlerinin ise heyelan, kaya düşmesi, sel, çığ ve deprem olduğu ifade edilmiştir. Tekli afetler dışında, az sayıda ve çoğunlukla heyelan+kaya düşmesi olarak çoklu afetlerin de olduğu belirlenmiştir. Afet türlerinin çeşitli olması, jeolojik-topoğrafik-coğrafik-meteorolojik özellikleriyle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, kentsel büyüme ve artan nüfusla birlikte, yerleşim türleri çeşitliliğinden dolayı, farklı yapılaşmaların ve çeşitli yaşam yerlerinin ve sayılarının fazla olmasıyla da ilişkilendirilmiştir. Türkiye genelinde, afetlerden etkilenmede, en sık ve çeşitli türde afet yaşanan ve afetzede sayısı yüksek olan illerden biri olduğu ve il çevresindeki afetlerden etkilendiği de dikkat çekmektedir. En sık oluşan afet türlerinin ve çeşitliliğinin, ilin doğu, kuzey-kuzeydoğu ve güney-güneydoğu alanlarında olduğu belirlenmiştir. Afete dönüşen depremlerinin ise KAF zonu ve Ovacık fayı kaynaklı olsalar da DAF zonunun etkisi de gözlenmiştir. $M \geq 5.5$ olan ve afete dönüşen en büyük depremlerinin 1930-2011 yılları arasında olduğu ve çoğunlukla il merkezli depremler olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, depremsellik ve diğer afetler açısından, Refahiye, Günebakan, Çayırılı, Üzümlü ve Kemah ilçelerinin, en aktif alanlar ve büyük depremler oluşan ilçeleri oldukları belirlenmiştir. Bu yerleşimlerde, her türlü afete hazırlık ve planlama çalışmaları yapılırken, her zaman dikkat edilmesi önemlidir. Afetlerden, insan/canlı yaşamı ve kentsel/kırsal yapılar önemli ölçüde etkilendiği için bu etkilenmeler gelecekte de devam edebilir.

Anahtar Kelimeler: Afet literatürü, Afet türleri çeşitliliği, Yer-Meteorolojik kökenli afetler, Tekli-Çoklu afetler

ABSTRACT

In this study, disaster and related maps, reports, articles and numerical data of institutional and academic studies on Erzincan province were examined and the disaster diversity of Erzincan was examined as earth movements and hydro-meteorological origin disasters. Accordingly, it is stated that the most effective disasters are natural disasters, and the most common types of disasters are landslides, rock falls, floods, avalanches and earthquakes. Apart from single disasters, it has been determined that there are also a small number of multiple disasters, mostly landslides+rockfall. The diversity of disaster types is associated with geological-topographical-geographical-meteorological characteristics. In addition, with urban growth and increasing population, it is also associated with the diversity of settlement types and the high number of different constructions and various living places and their numbers. It is also noteworthy that the province is one of the provinces with the most frequent and various types of disasters and high number of disaster victims and is affected by disasters around the province. It is determined that the most frequent disaster types and diversity are in the eastern, north-northeast and south-southeast areas of the province. Although the earthquakes that turned into disasters originated from the CAF zone and Ovacik fault, the effect of the DAF zone was also observed. It was determined that the largest earthquakes with $M \geq 5.5$ that turned into disasters occurred between 1930-2011 and were mostly province-centred earthquakes. In addition, in terms of seismicity and other disasters, Refahiye, Günebakan, Çayırılı, Üzümlü and Kemah districts were found to be the most active areas and the districts where large earthquakes occurred. In these settlements, it is important to always pay attention to all kinds of disaster preparedness and planning activities. Since human/living life and urban/rural structures are significantly affected by disasters, these effects may continue in the future.

Keywords: Disaster literature, Diversity of disaster types, Earth-Meteorology origin disasters, Single-Multiple disasters

Erzincan ve Civarının Güncel ve Gelecek Deprem Potansiyeli/Tehlikesi Üzerine Çok Parametrelili Bir Analiz

A Multiple Parameter Analysis on the Current and Future Earthquake Potential/Hazard of Erzincan and its Surroundings

Serkan ÖZTÜRK¹, Hamdi ALKAN²

¹ Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği

E-posta: serkanozturk@gumushane.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Erzincan ve civarının güncel ve gelecek deprem potansiyeli/tehlikesi üzerine istatistiksel analizler yapılmış ve 2025 yılı başlangıcındaki depremsellik oran değişimleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, depremlemlerin magnitüd-frekans ilişkisini tanımlayan b-değeri, oluşma olasılıkları ve tekrarlama periyodları, sismik durgunluk Z-değeri ve Coulomb gerilme değişimleri gibi farklı parametreler arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Erzincan ve civarında 2020 yılından sonra meydana gelen 14 Haziran 2020 (Mw=5.8), 25 Haziran 2021 (Mw=5.3), 17 Şubat 2023 (Mw=5.0) depremleri, bu bölgedeki güncel depremselliği net bir şekilde ortaya koymaktadır. Analizler için, 26 Aralık 1939-31 Aralık 2024 yılları arasında, 39.0°K-40.2°K enlem ve 38.2°D-41.0°D boylamları arasında magnitüdüleri $1.0 \leq Mw \leq 7.7$ arasında değişen 14.542 depremi içeren veri seti kullanılmıştır. Tamlık magnitüdü, Mc-değeri, 2.9 kabul edilmiş ve b-değeri 0.79 ± 0.05 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, bölgedeki büyük magnitüdü deprem oluşumlarıyla ve artan gerilme dağılımıyla ilişkili olarak açıklanabilir. Bölgesel ölçekte, düşük b-değerleri (<0.9) İliç civarında, Erzincan, Yedisu, Elmalı, Karlıova ve Kargapazarı segmentleri üzerinde, Tercan ve Bahçeköy fayları civarında, Üzümlü-Çayırılı-Otlukbeli-Tercan arasında gözlenmiştir. Sismik durgunluk analizi için $Mw \geq 2.9$ alınarak, ayrıştırılmış ve 3480 depremden oluşan veri seti kullanılmıştır. 2025 yılı başlangıcında Refahiye-İliç-Kemah arasında, Üzümlü civarında, Helfete-Pülümür fayları üzerinde ve Kandilli fayının kuzeybatısında önemli sismik durgunluk bölgeleri gözlenmiştir. Pozitif gerilme değişimleri Erzincan, Yedisu, Elmalı, Karlıova ve Kargapazarı segmentleri üzerinde, Üzümlü-Çayırılı-Otlukbeli-Tercan arasında, Helfete, Pülümür, Tercan, Sancak-Uzunpınar, Kandilli ve Bahçeköy fayları civarında gözlenmiştir. Güçlü/yıkıcı depremler için $Mw=5.0, 6.0, 7.0$ ve 7.7 büyüklüğündeki depremlerin orta vadede (~ 10 yıl) oluşma olasılıkları sırasıyla $\sim 92\%$, $\sim 33\%$, $\sim 6\%$ ve $\sim 2\%$ olarak tahmin edilmiştir. Bu büyüklükteki depremlerin tekrarlama periyodları ise sırasıyla ~ 4 yıl, ~ 25 yıl, ~ 160 yıl ve ~ 540 yıl olarak hesaplanmıştır. Düşük b-değerli, pozitif gerilmeli ve yüksek Z-değerli alanlar bölgedeki sismo-tektonik yapıyla ve faylanma mekanizmalarıyla oldukça ilişkilidir ve deprem davranışlarının tanımlanması açısından önemlidir. Dolayısıyla bu bölgeler, Erzincan ve civarı için gelecekteki deprem oluşumları açısından en olası bölgeler olarak yorumlanabilir ve deprem potansiyeli/tehlikesinin nicel olarak değerlendirilebilmesi için bu bölgelere dikkat edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: b-değeri, deprem olasılığı, tekrarlama periyodu, sismik durgunluk, gerilme

ABSTRACT

In this study, statistical analyses on the current and future earthquake potential/hazard of Erzincan and its vicinity were made and the seismicity rate changes at the beginning of 2025 were attempted to be revealed. For this purpose, the relationships between different parameters such as *b*-value describing the magnitude-frequency relation of earthquakes, occurrence probabilities and recurrence periods, seismic quiescence *Z*-value and Coulomb stress changes were evaluated. The earthquakes of June 14, 2020 ($M_w=5.8$), June 25, 2021 ($M_w=5.3$) and February 17, 2023 ($M_w=5.0$) that occurred in Erzincan and its surroundings after 2020 clearly reveal the current seismicity in this region. For the analyses, a dataset including 14,542 earthquakes with magnitudes ranging from $1.0 \leq M_w \leq 7.7$ between the latitudes of 39.0°N - 40.2°N and longitudes of 38.2°E - 41.0°E , from December 26, 1934 to December 31, 2024, was used. Completeness magnitude, *Mc*-value, was accepted as 2.9 and *b*-value was calculated as 0.79 ± 0.05 . This value can be explained by related to the occurrence of large magnitude-earthquakes and increasing stress distribution in the region. On the regional scale, small *b*-values (<0.9) were observed around İliç, on the Erzincan, Yedisu, Elmalı, Karlıova and Kargapazarı segments, around the Tercan and Bahçeköy faults, and between Üzümlü-Çayırılı-Otlukbeli-Tercan. For the seismic quiescence analysis, a dataset that was declustered by taking $M_w \geq 2.9$ and consisting of 3480 earthquakes was used. At the beginning of 2025, significant seismic quiescence areas were observed between Refahiye-İliç-Kemah, around Üzümlü, on the Helfete-Pülümür faults and northwest of Kandilli fault. Positive stress changes were observed on the Erzincan, Yedisu, Elmalı, Karlıova and Kargapazarı segments, between Üzümlü-Çayırılı-Otlukbeli-Tercan, around the Helfete, Pülümür, Tercan, Sancak-Uzunpınar, Kandilli and Bahçeköy faults. For the strong/destructive earthquakes, occurrence probabilities of the earthquakes with magnitudes $M_w=5.0, 6.0, 7.0$ and 7.7 in the intermediate-term (~ 10 years) were estimated as $\sim 92\%$, $\sim 33\%$, $\sim 6\%$ and $\sim 2\%$, respectively. Recurrence periods of earthquakes with these magnitudes were computed as ~ 4 years, ~ 25 years, ~ 160 years and ~ 570 years, respectively. The regions with low *b*-value, positive stress and high *Z*-value are quite related to the seismo-tectonic structure and faulting mechanisms in the region, and they are important in terms of defining the earthquake behaviors. Therefore, these regions can be interpreted as the most likely regions for the earthquake occurrences in Erzincan and its surroundings in the next, and attention should be paid to these regions in order to evaluate the earthquake potential/hazard quantitatively.

Keywords: *b*-value, earthquake probability, recurrence period, seismic quiescence, stress

Erzincan Kenedinin Tektonostratigrafisi

Tectonostratigraphy of the Erzincan Suture

Ali ERGEN¹, Ercan TUNCAY¹, Alper BOZKURT¹, Ayhan ILGAR¹, Tolga ESİRTGEN¹, Emine ÖZKAN¹

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara
E-posta: ali.ergen@mta.gov.tr

ÖZET

İzmir-Ankara-Erzincan Zonu'nun doğu bölümünü oluşturan Erzincan Kenedi, kuzeyde Sakarya Zonu ve güneyde Anatolid-Torid Bloku arasında yer alır. Bu kenet kuşağı, Jura ve Kretase yaşlı ofiyolit kütleleri ile ofiyolitik melanjlardan ve metamorfik birimlerden oluşur. Sakarya Zonu temelde Pulur ve Karakaya komplekslerine ait metamorfik kayalarla temsil edilir. Pulur Kompleksi Karbonifer döneminde granulit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış olan Petekli, Pirörenler ve Serenli birimlerinden oluşmaktadır. Pulur Kompleksi'nin altında tektonik pencere şeklinde Permien yaşlı Karakaya Kompleksi'ne (Doğankavak Birimi) ait düşük dereceli metamorfik kayalar yüzeyler. Bu birimler Hamurkesen Formasyonu (Erken-Orta Jura) tarafından uyumsuzlukla örtülür. Üzerinde Berdiga Formasyonu (Orta Jura-Erken Kretase) yer alır. Berdiga Formasyonu üstte Konakyeri Formasyonu'na (Geç Jura-Erken Kretase) geçiş gösterir. Sakarya Zonu en üstte ise Ayçukuru Formasyonu (geç Erken-Geç Kretase) ile sonlanır. Kenedin kuzey kesimlerinde (Esence Dağları) Jura yaşlı olduğu değerlendirilen tektonit ve kümülat peridotitler ile kümülat ve izotrop gabrolardan oluşan ofiyolitik kayalar yüzeylenmektedir. Bu ofiyolitler okyanus içi yay ortamını karakterize eden olası Jura yaşlı metabazit, metadasit, metatonalit ve metapiroklastik kayalar ile fillit, kuvarşist, kalkşist ve mermerlerden oluşan Üzümlü Metamorfitleri'nin üzerinde yer alır. Kenedin orta ve güney bölümlerinde ise Geç Kretase yaşlı ofiyolitik melanj ve ofiyolit kütleleri gözlenir. Anatolid-Torid Bloku'na ait Munzur Kireçtaşı üzerinde tektonik dokanakla yer alan bu ofiyolitik birimleri Kampaniyen-erken Paleosen yaşlı Çerpaçindere Formasyonu uyumsuzlukla örtmektedir. Çerpaçindere Formasyonu içerisinde Geç Kretase yay volkanitleri olarak değerlendirilen Karadağ Volkanit Üyesi yer alır. Bölgedeki Senozoyik öncesi birimler, geç Paleosen-orta Eosen yaşlı Gülandere Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Gülandere Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer alan Erken Miyosen yaşlı Kemah Formasyonu, alüvyon yelpazesi, lagün, sığ-derin denizel çökeller, resifal kireçtaşları ile bazaltik volkanit ara katkılarıyla temsil edilir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı Yalnızbağ Formasyonu'nun flüviyal çökelleri tüm bu birimleri uyumsuz olarak örter. Erzincan Volkanitleri'ne ait Kuvaterner yaşlı lav ve piroklastikler ile yine Kuvaterner yaşlı alüvyon, yamaç molozu, taraça ve moren çökelleri bölgenin en genç kaya birimlerini oluşturur.

Anahtar Kelimeler: Erzincan kenedi, ofiyolitik melanj, Pulur kompleksi, Üzümlü metamorfitleri

ABSTRACT

The Erzincan Suture, forming the eastern part of the İzmir-Ankara-Erzincan Zone, lies between the Sakarya Zone to the north and the Anatolide-Tauride Block to the south. It comprises Jurassic and Cretaceous-aged ophiolites, ophiolitic mélange and metamorphic units. The Sakarya Zone is represented at the base by the metamorphic rocks of the Pulur and Karakaya complexes. The Pulur Complex consists of Petekli, Pirörenler and Serenli units, which underwent granulite-facies metamorphism during the Carboniferous. Low-grade metamorphic rocks of the Karakaya Complex (Doğankavak Unit) are exposed in a tectonic window beneath the Pulur Complex. The Lower-Middle Jurassic Hamurkesen Formation unconformably overlies these units. The Hamurkesen Formation is covered by the Middle Jurassic-Lower Cretaceous Berdiga Formation, which transitionally passes into the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Konakyeri Formation. The Sakarya Zone ends at the top with the late Early to Late Cretaceous-aged Ayçukuru Formation. Ophiolites of probable Jurassic age, composed of tectonite and cumulate peridotite, cumulate and isotropic gabbro, crop out in the northern part of the suture zone. These ophiolites tectonically overlie the Üzümlü Metamorphics, which comprise possible Jurassic-aged metabasite, metadacite, metatonalite, and metapyroclastic rocks along with phyllites, quartz-schists, calc-schists and marbles, characterizing an intra-oceanic arc setting. In the central and southern parts of the suture zone, the Upper Cretaceous ophiolitic mélange and ophiolites are present. These ophiolitic units, which tectonically rest on the Munzur Limestone of the Anatolide-Tauride Block, are unconformably overlain by the Campanian-early Paleocene aged Çerpaçindere Formation. The Karadağ volcanite member, which is considered as Upper Cretaceous arc volcanics, occurs within the Çerpaçindere Formation. The pre-Cenozoic units of the region are unconformably overlain by the upper Paleocene-middle Eocene Gülandere Formation. The Early Miocene Kemah Formation, which covers the Gülandere Formation unconformably, is represented by alluvial fans, lagoons, shallow to deep marine deposits, and reefal limestones with basic volcanic intercalations. Fluvial deposits of the Plio-Quaternary Yolüstü Formation unconformably overlie all these units. The youngest rock units in the region are the Quaternary lava and pyroclastics of the Erzincan volcanics, as well as the Quaternary alluvium, colluvium, terrace deposits and moraines.

Keywords: Erzincan suture, ophiolitic mélange, Pulur complex, Üzümlü metamorphics

Afetlerin Kentsel Gelişime Etkileri ve Jeolojik-Jeofizik Verilerin İmar Planlarının Hazırlanmasındaki Önemi: Erzincan-Bolu Örnekleri

The Effects of Disasters on Urban Development and the Importance of Geological-Geophysical Data in the Preparation of Development Plans: Erzincan-Bolu Examples

Binali TERCAN¹

¹ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
E-posta: tercan_b@ibu.edu.tr

ÖZET

Erzincan ve Bolu İlleri kapsamında, deprem, yangın, su baskını ve kitle hareketleri gibi farklı afetlerden etkilenen yerleşim yerleri bulunmaktadır. Ancak en fazla can ve mal kaybına neden olan afet türü olarak belli aralıklarla meydana gelen depremleri görmekteyiz. Bugüne kadar, ülkemizde Erzincan ve Bolu İllerinde daha önce yaşanmış olan deprem afetlerinden pek ders alınmadığı, birçok afete hazırlıksız yakalandığı ve gelecekteki olaylara da etkin hazırlanmadığı görülmektedir. Bu çalışmada; Tarihsel depremler ile 1939, 1992 Erzincan ve 1999 Marmara depremleri sonrasında Bolu, kent merkezlerinin yeni gelişme alanları ve bu yönelmede deprem afetinin ne düzeyde dikkate alındığı süreci değerlendirilecektir. Bu kapsamda ilk önce bu kentlerin ve yakın çevrelerinin depremselliği, 1939-1992 Erzincan depremleri ile 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremleri sonrası Erzincan ve Bolu'daki yapılarda meydana gelen hasar durumu ve hak sahipliği çalışmaları, değerlendirilmektedir. Depremden hemen sonra birkaç ay içerisinde oluşturulan geçici iskân alanlarındaki barınaklar (çadırlar veya konteynerler) yoğun olarak kullanılmıştır. Bu kentlerde gerçekleştirilen geçici iskân alanları ve kalıcı konut alanlarının yer seçimi çalışmaları, afetlerde yerleşim alanı imar planlarının hazırlanması ile bu alanların bazılarının, kentin yeni gelişme odakları olarak görülen toplu konut alanlarına (TOKİ konutları) dönüşümü, günümüze kadar geçen süreç kapsamında değerlendirilecektir. Bu çalışmada amaçlananlar; deprem fay hatları, kitle hareketleri, taşkın alanı sınırları ve benzeri eşiklerin, afet sonrası planlama süreci ile bu süreçte jeolojik-jeofizik verilerin ne düzeyde dikkate alındığı ve kentin yeni gelişme yönlerinin belirlenmesi ile makroformlarının oluşumlarındaki önemine dikkat çekmektir. Ayrıca burada, Erzincan ve Bolu İllerinde günümüze kadar olmuş afet olaylarının sonuçları da dikkate alınarak gelecekteki olası deprem ve diğer afetlerin zararlarını azaltmada, kentsel dirençliliği artırmada, afet sonrası planlama ve yeniden yerleştirme sürecinin önemine vurgu yaparak, ilgili kamu kurumlarından elde edilen veriler ve uydu görüntüleri üzerinden güncel ve geleceğe yönelik değerlendirmeler yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: İmar Planları, Jeolojik-Jeofizik Veriler, Kentsel dirençlilik, Kent makroformu, Yer seçimi.

ABSTRACT

Within the provinces of Erzincan and Bolu, settlements are affected by various disasters, including earthquakes, fires, floods, and mass movements. However, the most common type of disaster that causes the greatest loss of life and property is earthquakes, which occur periodically. To date, it has been observed that little has been learned from previous earthquakes in Erzincan and Bolu provinces, that many disasters have been unprepared, and that future events have not been effectively prepared. This study will evaluate the new development areas of Bolu's urban centers following historical earthquakes and the 1939, 1992 Erzincan, and 1999 Marmara earthquakes, and the extent to which earthquake disasters have been taken into account in this process. In this context, the seismicity of these cities and their surrounding areas, the damage to structures in Erzincan and Bolu following the 1939-1992 Erzincan earthquakes and the August 17 and November 12, 1999 earthquakes, and the entitlement studies will be evaluated. Shelters (tents or containers) were used extensively in temporary settlement areas established in the few months immediately after the earthquake. The site selection efforts for temporary and permanent housing in these cities, the preparation of zoning plans for disaster-affected settlement areas, and the transformation of some of these areas into mass housing (TOKİ housing)—considered new development centers for the city—will be evaluated within the context of the process that has taken place to the present day. The aims of this study are to highlight the extent to which geological and geophysical data are considered in the post-disaster planning process for earthquake fault lines, mass movements, floodplain boundaries, and similar thresholds. Furthermore, considering the consequences of disasters that have occurred to date in Erzincan and Bolu provinces, this study will emphasize the importance of post-disaster planning and resettlement processes in mitigating the damage from potential future earthquakes and other disasters, enhancing urban resilience, and providing current and future-oriented assessments using data obtained from relevant public institutions and satellite imagery.

Keywords: Development Plans, Geological-Geophysical Data, Urban resilience, Urban macroform, Site selection,

Kültürel Miras Çalışmalarında Kent Arkeojeofiziği: Erzincan Örneği

Urban Archaeogeophysics in Cultural Heritage Studies: The Erzincan Example

Fethi Ahmet YÜKSEL¹

¹ Emekli Dr. Öğretim Üyesi

ÖZET

Türkiye’de birçok yerleşim höyük şeklindedir. Bu tür yerleşimlerin büyük bir çoğunluğu Kentsel Sit ve Arkeolojik Sit alanları olarak ilan edilmiştir. Kentsel alanlardaki gömülü arkeolojik mirasın tanımlanması ve korunması en karmaşık zorluklardandır. Modern yapılaşma, Kentsel Sit ve Arkeolojik Sit alanlarında, kültürel mirasın korunması ve geleceğe aktarılması sürecinde önemli riskler oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra bazı yerleşimler de Kentsel ve Arkeolojik Sit alanları ilan edilmemiş olmasına rağmen eski dönemlere ait tarihsel yapı kalıntıları alt ve üst yapı imalatı sırasında ortaya çıkmaktadır. Geçmişten günümüze kadar geçen sürede kat kat bir biri üzerine konumlanmış yerleşmelerin alt ve üst yapı unsurlarının ayırt edilerek günümüz yapılaşmaların tarihsel ve arkeolojik yapılara zarar vermeden projelendirilerek imalatlarının gerçekleştirilmesinde, höyük yapılaşması dikkate alınarak, Kent Arkeojeofiziği kavramı geliştirilmiştir. Kent Arkeojeofiziği Kentsel yeraltındaki jeofizik özelliklerin tanımlanması ve yorumlanması sorunları, önemli vaka çalışmalarında uygulanacak ve doğrulanacak özel prosedürlerin geliştirilmesini gerekli kılar. Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde yerleşmiş kentlerden biri de Erzincan’dır. Türkiye’de vuku bulan en büyük depremlerde bu coğrafyada meydana gelmiştir. Depremlerle Erzincan şehri, günümüze kadar, birkaç kere, yer değiştirmiştir. Eski tarihi Erzincan yerleşmesinin, Kültürel Mirasın korunması, Turizm destinasyon güzergahları ve tarihi yapıların restorasyonu için, gün yüzüne çıkartılması ve yaşatılması istenmektedir. Bugün harabe halde olan tarihi Erzincan Kent yerleşmesinde toprak altında ve kısmen ayakta kalan yapılarının restore edilmesi ve kent dokusunun ortaya çıkartılabilmesi için kentsel yapılaşma özellikleri dikkate alınarak yeraltı haritalarının iki ve üç boyutlu görüntülenmesi için tahribatsız test yöntemlerinden olan jeofizik yöntemler kullanılarak yapılmalıdır. Ayrıca sivilaşmaya bağlı olarak gelişen çökme, batma, devrilme gibi tarihi yapılardaki tahribatların jeofizik yöntemlerle belirlenerek zemin iyileştirmelerinin, restorasyon öncesi, yapılması önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kent Arkeojeofiziği, Kültürel Miras, Arkeolojik Sit, Erzincan,

ABSTRACT

Many settlements in Turkey are mound-shaped. The vast majority of such settlements have been declared urban and archaeological sites. Identifying and protecting buried archaeological heritage in urban areas is one of the most complex challenges. Modern construction poses significant risks to the process of protecting and transmitting cultural heritage to the future in urban and archaeological sites. Furthermore, although some settlements have not been declared urban or archaeological sites, historical remains from earlier periods are uncovered during the construction of infrastructure and superstructure. The concept of urban Archaeogeophysics, taking mound construction into account, has been developed to distinguish the infrastructure and superstructure elements of settlements built upon each other, from the past to the present, and to design and construct modern structures without damaging historical and archaeological structures. Urban Archaeogeophysics challenges the identification and interpretation of geophysical features in urban subsurface necessitate the development of specialized procedures that can be applied and validated in significant case studies. Erzincan is one of the cities located on the North Anatolian Fault Zone. The largest earthquakes to occur in Turkey have occurred in this region. The city of Erzincan has been relocated several times due to earthquakes. It is desired that the ancient historical settlement of Erzincan be unearthed and preserved for the protection of cultural heritage, tourism destination routes, and the restoration of historical structures. Restoration of the partially standing structures underground in the historical Erzincan city settlement, which lies in ruins today, and the revealing of the urban fabric should be carried out using geophysical methods, a non-destructive testing method, for two- and three-dimensional imaging of underground maps, taking into account urban structural characteristics. Furthermore, it is crucial that damage to historical structures, such as subsidence, sinking, and overturning due to liquefaction, be identified using geophysical methods and ground improvement should be implemented before restoration.

Keywords: Urban Archaeogeophysics, Cultural Heritage, Archaeological Site, Erzincan

Erzurum Aziziye İlçesi’nde MASW ve ERT Yöntemleri ile Yer Altı Suyu ve Sıvılaşma Potansiyelinin İncelenmesi

Investigation of Groundwater and Liquefaction Potential in Aziziye District (Erzurum) Using MASW and ERT Methods

Ali ALBAK¹, Erdem BAYRAK²

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bil. Ens. Jeoloji Müh. ABD

² Deprem Araştırma Merkezi, Atatürk Üniversitesi

E-posta: geosisjeo@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmanın amacı Erzurum ili Aziziye İlçesi’nin sıvılaşma potansiyelinin jeofizik yöntemlerle araştırılmasıdır. İlçe, genç kuvaterner alüvyonları üzerine kurulmuş olup yüksek yeraltı su seviyesi nedeniyle sıvılaşmaya yatkın zemin özellikleri göstermektedir. Doğu Anadolu Bölgesi’nde yer alan Erzurum, Anadolu mikrolakasının Arap ve Avrasya levhaları arasında sıkışması sonucu gelişen aktif tektonik kuşak üzerinde bulunmakta ve bu nedenle depremsellik açısından Türkiye’nin kritik bölgelerinden birini oluşturmaktadır. Yerleşim alanlarının büyük bölümü gevşek alüvyon zeminlerden oluşmakta, bu zeminlerde deprem sırasında sıvılaşma ve zemin büyütmesi riskleri artmaktadır. Çalışma alanında daha önce açılmış olan temel kazılarında su birikimleri ve sızıntılar gözlenmiş ve bu durum zeminlerin suya doymun olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma kapsamında Sismik Kırılma, Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW) ile yer altı tabaka sınırları belirlenmiş ve Vs30 değerleri hesaplanmıştır. Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) yöntemiyle yeraltı yapısının elektriksel özellikleri incelenmiş ve suya doymun tabakaların seviyeleri ortaya koyulmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda yer altı su seviyesinin sığ olduğu alanlara düşük Vs değerleri ve düşük rezistivite değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca Aziziye ilçesi genelinde YASS’nin alansal değişimi de haritalanarak bölgenin hidrojeolojik karakteri daha ayrıntılı şekilde değerlendirilmiştir. Bu bulgular, Aziziye İlçesi’nde deprem sırasında meydana gelebilecek sıvılaşma ve zemin büyütmesi faktörlerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamış, güvenli yapılaşma, deprem risk azaltma ve zemin iyileştirme çalışmalarına yönelik bilimsel bir altyapı oluşturmuştur.

Anahtar Kelimeler: Erzurum, Sıvılaşma, Yer Altı Suyu, Jeofizik, Elektrik Rezistivite Tomografi

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the liquefaction potential of Aziziye District in Erzurum Province using geophysical methods. The district is located on young Quaternary alluvium and exhibits soil properties susceptible to liquefaction due to the high groundwater level. Erzurum, situated in the Eastern Anatolia Region, lies on an active tectonic belt formed by the collision of the Anatolian microplate between the Arabian and Eurasian plates, and therefore constitutes one of the critical seismic zones of Turkey. Most of the residential areas are founded on loose alluvial deposits, where the risks of liquefaction and site amplification increase during earthquakes. Field observations in previously excavated foundations revealed water accumulation and seepages, indicating that the soils are water-saturated. Within the scope of the study, Seismic Refraction and Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) methods were applied to determine subsurface layer boundaries and to calculate Vs30 values. Electrical Resistivity Tomography (ERT) was employed to investigate the electrical properties of the subsurface and to identify the levels of saturated layers. The results indicated that areas with shallow groundwater levels are characterized by low Vs values and low resistivity values. In addition, the areal distribution of the groundwater level (GWL) was mapped, allowing a more detailed assessment of the hydrogeological characteristics of the district. These findings have contributed to a better understanding of the factors of liquefaction and site amplification that may occur during earthquakes in Aziziye District and have provided a scientific basis for safe urban development, seismic risk reduction, and soil improvement studies.

Keywords: Erzurum, Liquefaction, Groundwater, Geophysics, Electrical Resistivity Tomography

Farklı Ters Çözüm Yaklaşımlarıyla Sığ Zemin Kayma Dalgası Hızlarının Modellenmesi: Havran (Balıkesir) Örneği

Modeling Shallow Soil Shear Wave Velocities Using Different Inversion Approaches: A Case Study from Havran (Balıkesir, Türkiye)

Gizem ALAGÖZ¹, Erdem BAYRAK², Eren PAMUK³

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bil. Ens. Jeoloji Müh. ABD

² Deprem Araştırma Merkezi, Atatürk Üniversitesi

³ Deprem Teknolojileri Enstitüsü, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

E-posta: gizemalagoz1@gmail.com

ÖZET

Aktif tektonik kuşak üzerinde yer alan Türkiye’de sık sık büyük ve yıkıcı depremler meydana gelmektedir. Deprem risklerinin azaltılmasındaki kritik aşamalardan bir tanesi deprem anında zemin davranışının güvenilir bir şekilde belirlenmesidir. Kayma dalgası hızı (V_s) zeminin deprem sırasında göstereceği dinamik davranış ile doğrudan ilişkili bir parametredir. V_s değerinin belirlenmesinde Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW) ve Kırılma Mikrotremor (ReMi) yöntemleri dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Toplanan yüzey dalgası verilerinin ilk veri işlem aşamasında Rayleigh dalgası dispersiyon eğrisi elde edilmekte ve daha sonra bu eğrinin ters çözümüyle V_s profili elde edilmektedir. Ters çözüm sürecinde geleneksel Levenberg–Marquardt algoritması gibi yöntemlerin yanı sıra, metasezgisel yöntemler olan Genetik Algoritma, Komşuluk Algoritması gibi yöntemlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Levenberg–Marquardt algoritması iyi bir başlangıç modeline duyarlıyken, Metasezgisel algoritmalar hata paylarına rağmen daha kararlı sonuçlar verebilmektedir. Ayrıca ardışık ters çözüm yöntemleri ile metasezgisel yöntemlerle elde edilen sonuçlar geleneksel yöntemlerde başlangıç modeli olarak kullanıldığında daha düşük hata oranları ile V_s -derinlik modelleri elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, Balıkesir ili Havran ilçesinde MASW yöntemi ile elde edilen yüzey dalgası verileri farklı ters çözüm yöntemlerine (Levenberg–Marquardt algoritması, Genetik Algoritma) göre analiz edilmiş ve elde edilen V_s -derinlik kesitleri, RMS değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, yöntemlerin performans farkları değerlendirilmiş ve yerel zemin koşullarının mühendislik açısından önemi tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW), Kayma Dalgası Hızı, Ters Çözüm

ABSTRACT

Türkiye is located within an active tectonic belt, where large and destructive earthquakes frequently occur. A critical stage in reducing earthquake risks is the reliable determination of soil behavior during an earthquake. Shear wave velocity (V_s) is a parameter directly associated with the dynamic response of the soil during seismic events. To determine V_s , the Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) and Refraction Microtremor (ReMi) methods are widely applied worldwide. In the initial data processing stage of surface wave measurements, the Rayleigh wave dispersion curve is derived, and subsequently, the V_s profile is obtained through inversion of this curve. During the inversion process, in addition to conventional approaches such as the Levenberg–Marquardt algorithm, metaheuristic methods including the Genetic Algorithm and Neighborhood Algorithm are also commonly employed. While the Levenberg–Marquardt algorithm is highly sensitive to the choice of an appropriate initial model, metaheuristic algorithms can yield more stable results despite inherent error margins. Furthermore, when the outcomes derived from sequential inversion techniques or metaheuristic methods are used as initial models in traditional algorithms, V_s –depth models with lower error rates can be achieved. In this study, surface wave data acquired through the MASW method in the Havran district of Balıkesir province were analyzed using different inversion techniques (Levenberg–Marquardt algorithm and Genetic Algorithm). The resulting V_s –depth sections and RMS values were compared. Based on the findings, the performance differences between the methods were evaluated, and the engineering significance of local soil conditions was discussed.

Keywords: Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW), Shear Wave Velocity (V_s), Inversion Technics

Türkiye’de Düşük Kayma Hızlı Doğrultu Atımlı Fayların Belirlenmesinde Yer Radarı (GPR) Tekniğinin Önemi

The Importance of Ground Penetrating Radar (GPR) in the Identification of Low-Slip-Rate Strike-Slip Faults in Türkiye

Sinan KOŞAROĞLU¹, Elif AKGÜN², Anil Can BİRDAL³, Fikret KOÇBULUT⁴, Mustafa SOFTA⁵, Özlem TOPRAK SARIGÜL⁶, Hasan SÖZBİLİR⁵

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Sivas -TÜRKİYE

² Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ - TÜRKİYE

³ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Sivas - TÜRKİYE

⁴ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas - TÜRKİYE

⁵ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İzmir - TÜRKİYE

⁶ Tokat Osman Gazi Üniversitesi, Tokat Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Tokat - TÜRKİYE

E-posta: skosaroglu@cumhuriyet.edu.tr – sinankosaroglu@gmail.com

ÖZET

Düşük kayma hızına sahip diri faylarda, deprem tekrarlanma aralığının, son depremden bu yana geçen sürenin, üretilen depremlerin büyüklük ve sıklığının ve kayma hızlarının doğru biçimde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu parametrelerin güvenilir şekilde ortaya konabilmesi için fayın yüzeydeki konumunun olabildiğince hassas biçimde saptanması kritik rol oynamaktadır. Ancak bu tür faylarda yüzey deformasyonu çoğunlukla erozyon, sedimantasyon ve antropojenik örtülme süreçleriyle silikleşmekte, bu da doğrudan hendek kazılarına dayalı paleosismolojik çalışmaların etkinliğini sınırlamaktadır. Bu bağlamda Yer Radarı (Ground Penetrating Radar–GPR), fayın yüzey ve sığ derinlikteki geometrisinin belirlenmesinde, hendek yerlerinin seçiminde ve geçmiş faylanma izlerinin ortaya konmasında tahribatsız, hızlı ve maliyet-etkin bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Türkiye’de düşük kayma hızı sergileyen fay zonları üzerinde paleosismoloji çalışmalarına başlanmadan önce GPR ’nin uygulanması, hendek kazılarının verimliliğini artırmakta ve yanlış konumlandırmadan doğabilecek zaman ve maliyet kayıplarını önlemektedir. Bu çalışma kapsamında, Orta Anadolu Fay Sistemi içerisinde yer alan sol yanal doğrultu atımlı ve düşük kayma hızına sahip Deliler Fayı’nın Bünyan, Sarıoğlan–Gemerek ve Dökmetaş segmentlerinde gerçekleştirilen uygulamalarda, fay doğrultusuna dik alınan GPR profilleri sayesinde eski deprem izleri belirlenmiş ve bu bulgular hendek kazılarıyla doğrulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, GPR’ nin Türkiye’de düşük kayma hızına sahip diri fayların paleosismolojik incelemelerinde kritik bir başlangıç aracı olduğunu göstermektedir. Böylece GPR tekniği, fayların paleosismolojik özelliklerinin güvenilir biçimde ortaya konmasına önemli katkı sağlamaktadır. Bu araştırma, 123G011 numaralı 1007 TÜBİTAK–KAMAG projesi kapsamında 2023–2025 yılları arasında desteklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yer Radarı Yöntemi (GPR), Aktif Tektonik, Paleosismoloji, Dökmetaş Segmenti

ABSTRACT

In low-slip-rate active faults, accurately determining parameters such as earthquake recurrence intervals, elapsed time since the last event, the magnitude and frequency of past earthquakes, and slip rates is of critical importance. Reliable assessment of these parameters requires precise identification of the fault's location at the surface. However, on low-slip-rate faults, surface deformation is often obscured by erosion, sedimentation, and anthropogenic coverage, limiting the effectiveness of trench-based paleoseismological investigations. In this context, Ground Penetrating Radar (GPR) has emerged as a non-invasive, rapid, and cost-effective method for delineating fault geometry at the surface and shallow depths, selecting optimal trench locations, and detecting traces of past faulting. Applying GPR prior to paleoseismological trenching on low-slip-rate faults in Türkiye enhances the efficiency of excavations and prevents time and cost losses due to misplacement. In this study, GPR surveys were conducted along the Bünyan, Sarioğlan–Gemerek, and Dökmetaş segments of the Deliler Fault, a left-lateral strike-slip fault with low slip rate located within the Central Anatolian Fault System. Profiles oriented perpendicular to the fault strike successfully identified traces of past earthquakes, which were subsequently confirmed through trenching. These results demonstrate that GPR serves as a critical preliminary tool in the paleoseismological investigation of low-slip-rate active faults in Türkiye, significantly contributing to the reliable characterization of their paleoseismic behavior. This research was supported by TÜBİTAK–KAMAG 1007 under project number 123G011 (2023–2025).

Keywords: Ground Penetrating Radar (GPR), Active Tectonics, Palaeoseismology, Dökmetaş Segment

Erzurum Abdurrahman Gazi Türbesi ve Çevresindeki Zemin Stabilitesinin Tümüleşik Jeofizik Yöntemler İle İncelenmesi

Investigation of Soil Stability in Erzurum Abdurrahman Gazi Tomb and Its Surroundings Using Integrated Geophysical Methods

Mücahit KARAKÜTÜK¹, Çağlar ÖZER², Eren PAMUK³

¹ Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 25240, Erzurum.

² Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum.

³ Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Deprem Teknolojileri Enstitüsü, Yer Bilimleri Mühendisliği Anabilim Dalı, 24002, Erzincan.

E-posta: mucahitkarakutuk@gmail.com

ÖZET

Erzurum ili, jeolojik yapısı ve topoğrafik özellikleri nedeniyle farklı ölçeklerde kütle hareketlerine sıklıkla maruz kalmaktadır. Bu çalışmada, Abdurrahman Gazi Türbesi ve çevresinin zemin stabilitesinin tümleşik jeofizik yöntemler ile araştırılmıştır. Zemin özelliklerinin belirlenmesinde sismik P-kırılma, Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analiz Yöntemi (MASW), tek istasyon mikrotremor ve Elektrik Rezistivite Tomografi (ERT) yöntemleri ile kullanılmıştır. Sismik yöntemler kullanılarak V_p , V_s değerlerine bağlı olarak zeminin elastik parametreleri hesaplanmış, tek istasyon mikrotremor ölçümleri ile de zemin hakim periyodu, büyütme faktörü değerleri ortaya konulmuştur. İlksel bulgulara göre; ERT yöntemi ile elde edilen 2B'lu rezistivite kesitleri incelendiğinde yaklaşık 15 metre derinlikte heyelan yüzeyi potansiyeline sahip bir yapı dikkat çekmektedir. Ayrıca çalışma alanında çökel kalınlığının fazla olduğu öngörülen alanlarda düşük frekanslarda yüksek zemin büyütme faktörü değerleri ve düşük sismik hızlar elde edilmiştir. Bu araştırma, bölgedeki tarihi ve kültürel mirasın korunması açısından önemli sonuçlar sunmakta olup, ileride yapılacak mühendislik ve kentsel planlama çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, zemin stabilitesi, tümleşik jeofizik yöntemler, Abdurrahman Gazi Türbesi, Erzurum.

ABSTRACT

Due to its geological structure and topographic features, Erzurum province is frequently exposed to mass movements of different scales. In this study, the soil stability of the Abdurrahman Gazi Tomb and its surroundings was investigated using integrated geophysical methods. To determine the soil properties, seismic P-wave refraction, Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW), single-station microtremor, and Electrical Resistivity Tomography (ERT) methods were employed. Based on the seismic methods, elastic parameters of the soil were calculated depending on the V_p and V_s values, while single-station microtremor measurements revealed the soil's dominant period and amplification factor. According to the preliminary findings, the interpretation of 2D resistivity sections obtained from the ERT method indicates the presence of a potential landslide surface at approximately 15 meters depth. Furthermore, in areas where sediment thickness is estimated to be deeper, high soil amplification factors at low frequencies and low seismic velocities were observed. This research provides significant results for the preservation of the historical and cultural heritage of the region and will contribute to future engineering and urban planning studies.

Keywords: Landslide, soil stability, integrated geophysical methods, Abdurrahman Gazi Tomb, Erzurum.

Deprem Riskinin Çok Kriterli Önceliklendirilmesi: Antakya, Hatay Örneği

Multi-Criteria Prioritization of Earthquake Risk: The Antakya, Hatay Example

Defne Sanlı SAYAN¹

¹*Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Bölümü
E-posta: defnesanlisayan@gmail.com*

ÖZET

Hatay ili, etkin fay hatları ve karmaşık tektonik yapısı nedeniyle Türkiye'nin en yüksek deprem tehlikesine sahip bölgelerinden biridir. Fay zonlarına yakın konumu ve hızla artan kentsel yoğunluğu ile Antakya ilçesi bu tehlikenin en belirgin hissedildiği alanlardan biri haline gelmiştir. Özellikle 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında Antakya, afet risk yönetimi açısından kritik bir inceleme sahası olarak öne çıkmıştır. Bu çalışmada, Antakya kent merkezinde bina ve nüfus yoğunluğuna (maruziyet) göre seçilen dört mahallede deprem riski önceliklendirmesi yapılmıştır. Bu çalışmada, AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritasından elde edilen En Büyük Yer İvmesi (PGA), yerel zemin sınıfları ve maruziyet göstergeleri kullanılmış; bu veriler normalize edilerek Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile ağırlıklandırılmış ve VIKOR yöntemiyle mahallelerin göreceli risk düzeyleri hesaplanmıştır. Çalışmada dikkate alınan kriterler fay hattına uzaklık, zemin sınıfı, PGA, nüfus ve bina yoğunluğu gibi farklı boyutları kapsayan kriterlerin birlikte değerlendirilmesi, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımının deprem riski analizinde sağladığı avantajı ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlar, zemin koşullarının zayıf ve yapılaşma yoğunluğunun yüksek olduğu mahallelerin risk açısından öncelikli olduğunu göstermektedir. Sonuçlar, afet öncesi planlama aşaması için mahalle ölçeğinde deprem risk önceliklendirmesinde ÇKKV yöntemlerinin etkin bir karar destek yaklaşımı olabileceğini önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Antakya, ÇKKV, Deprem Riski, Hatay, VIKOR

ABSTRACT

Hatay province is one of the regions with the highest seismic hazard in Türkiye due to its active fault lines and complex tectonic structure. With its proximity to fault zones and rapidly increasing urban density, the Antakya district has become one of the areas where this hazard is most evident. Especially after the earthquakes centered in Kahramanmaraş on February 6, 2023, Antakya has emerged as a critical area of study in terms of disaster risk management. In this study, earthquake risk prioritization was conducted in four neighborhoods selected from the city center of Antakya based on building and population density (exposure). In this study, Peak Ground Acceleration (PGA) values obtained from the AFAD Türkiye Earthquake Hazard Map, local soil classes, and exposure indicators were used; these data were normalized, weighted with the Analytic Hierarchy Process (AHP), and the relative risk levels of the neighborhoods were calculated using the VIKOR method. Considering criteria such as distance to the fault line, soil class, PGA, population, and building density, the evaluation demonstrated the advantage of the Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) approach in seismic risk analysis. The results revealed that neighborhoods with weak soil conditions and high building density were prioritized in terms of risk. The findings suggest that MCDM methods can be an effective decision-support approach for earthquake risk prioritization at the neighborhood scale during the pre-disaster planning stage.

Keywords: Antakya, Earthquake Risk, Hatay, MCDM, VIKOR

Son Yıllarda Erzincan Çevresinde Meydana Gelen 5'ten Büyük Depremlerin Şiddet Dağılımının PGA Tabanlı Analizi

PGA-Based Analysis of the Intensity Distribution of Earthquakes Greater than Magnitude 5 Occurring in the Erzincan Region in Recent Years

Fahriye AKAR¹, İbrahim SENCAR¹, Aydın BÜYÜKSARAÇ²

¹ Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Deprem Teknolojileri Enstitüsü, Erzincan, Türkiye

² Çan Meksek Yüksekokulu, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye
E-posta: fahriyeakar@erzincan.edu.tr

ÖZET

Türkiye'nin Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve Kuzey Anadolu Fayı (KAF) kesişme noktası yakınında yer alan sismik aktivitesi yüksek şehri Erzincan'ın civarındaki dört şehirde meydana gelen son dönemdeki orta büyüklükteki depremlerin şiddet dağılımı, maksimum yer ivmesi (PGA) verileri kullanılarak hesaplanmıştır. 2020 Karlıova (Bingöl) (Mw 5,7), 2020 Sivrice (Elazığ) (Mw 6,8), 2024 Kale (Malatya) (Mw 5,9) ve 2024 Sulusaray (Tokat) (Mw 5,6) depremlerinin maksimum Modifiye Mercalli Şiddeti (MMI) değerleri, Türkiye için farklı araştırmacılar tarafından sunulan farklı deneysel ilişkiler kullanılarak karşılaştırılmıştır. Depremin merkez üssündeki en yüksek MMI değerleri hesaplanıp, AFAD istasyonlarında kaydedilen PGA değerlerine dayalı olarak sismik aktivite analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, depremlerden sonra yayınlanan makrosismik şiddet haritalarıyla iyi bir uyum içindedir. Bu çalışma, gerçekçi şiddet tahminleri için sahaya özgü makrosismik formüllerin önemini, daha iyi kentleşme ve hazırlık yoluyla gelecekteki depremlerle ilişkili kayıpları tahmin etme potansiyelini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Erzincan, MMI, PGA

ABSTRACT

The intensity distribution of recent moderate earthquakes in four cities near Erzincan, a city with high seismic activity located near the intersection of Turkey's East Anatolian Fault (EAF) and North Anatolian Fault (NAF), has been calculated using peak ground acceleration (PGA) data. 2020 Karlıova (Bingöl) (Mw 5.7), 2020 Sivrice (Elazığ) (Mw 6.8), 2024 Kale (Malatya) (Mw 5.9), and 2024 Sulusaray (Tokat) (Mw 5.6) earthquakes were compared using different empirical relationships presented by different researchers for Turkey. The highest MMI values at the epicenter of the earthquake were calculated, and seismic activity was analyzed based on the PGA values recorded at AFAD stations. The results obtained are in good agreement with the macroseismic intensity maps published after the earthquakes. This study highlights the importance of site-specific macroseismic formulas for realistic intensity predictions and the potential for estimating future earthquake-related losses through better urban planning and preparedness. Translated with DeepL.com (free version)

Keywords: Erzincan, MMI, PGA

İzmir Körfezi Kuzeyinin Sıvılaşma Potansiyeli Dağılımının İrdelenmesi

Investigation Of The Liquefaction Potential Distribution İn The Northern İzmir Bay

Umut YILMAZ¹, Şenol ÖZYALIN¹

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

E-posta: Umut323ylmaz@gmail.com

ÖZET

Zemin sıvılaşması, suya doygün ince taneli ve gevşek kumlu zeminlerin deprem gibi sismik etkiler altında geçici olarak sıvı gibi davranmasıdır. Bu durum zeminin taşıma kapasitesini kaybetmesine yol açarak yapıların oturmasına, devrilmesine veya çökmesine neden olabilir. Deprem sırasında ortaya çıkan sıvılaşma, hem yapı güvenliğini hem de can güvenliğini ciddi şekilde tehdit etmektedir. Bu çalışmanın amacı, zemin sıvılaşmasının oluşma potansiyelini belirlemek, binalar üzerindeki etkilerini incelemek ve can güvenliği açısından oluşturduğu riskleri değerlendirmektir. Jeofizik mühendisliğinde kullanılan MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves) ve REMI (Refraction Microtremor) yöntemleri ile zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin ayrıntılı şekilde analiz edilmesi hedeflenmektedir. Bu yöntemler sayesinde zeminin kayma dalgası hızları ölçülerek riskli tabakalar belirlenebilmekte, sıvılaşma potansiyeli haritaları oluşturulabilmektedir. Projede MASW ve REMI teknikleri ile zemin profilleri çıkarılacak, riskli katmanların fiziksel özellikleri belirlenecek ve deprem sırasında yapı güvenliğini artırmaya yönelik önlemler geliştirilecektir. Ayrıca MATLAB tabanlı kullanıcı dostu bir yazılım geliştirilerek İzmir Körfezi'nin kuzeyinden daha önce elde edilmiş veriler kullanılacak ve olası senaryo depremleri için sıvılaşma riski değerlendirilecektir. Elde edilecek sonuçların, şehir planlaması ve afet yönetimi stratejilerine katkı sağlayarak toplum güvenliğini artırması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Zemin Sıvılaşması, MASW, REMI, Deprem, Jeofizik Mühendisliği

ABSTRACT

Soil liquefaction is the phenomenon in which water-saturated, fine-grained, and loose sandy soils temporarily behave like a liquid under seismic effects such as earthquakes. This condition causes the soil to lose its bearing capacity, leading to the settlement, tilting, or collapse of structures. Liquefaction occurring during an earthquake poses a serious threat to both structural safety and human life. Within the scope of this TÜBİTAK 2209-A Undergraduate Research Project, the aim of this study is to determine the potential for soil liquefaction, to investigate its effects on buildings, and to evaluate the risks it creates in terms of human safety. In this context, geophysical engineering methods such as MASW (Multi-Channel Analysis of Surface Waves) and REMI (Refraction Microtremor) will be employed to analyze the liquefaction potential of soils in detail. Through these methods, shear-wave velocities of the soil will be measured, enabling the identification of critical layers and the generation of liquefaction potential maps. Using MASW and REMI techniques, soil profiles will be obtained, the physical properties of risk-prone layers will be defined, and measures to improve structural safety during earthquakes will be proposed. Additionally, a MATLAB-based user-friendly software will be developed, utilizing previously obtained data from the northern part of İzmir Bay to assess liquefaction risk for potential earthquake scenarios. The results obtained are expected to contribute to urban planning and disaster management strategies, thereby enhancing public safety.

Keywords: Soil Liquefaction, MASW, REMI, Earthquake, Geophysical Engineering

Küçük Menderes Grabeninde Gravite Yöntemi ile Jeotermal Potansiyelin Araştırılması

Investigation of Geothermal Potential by Gravity Method in Küçük Menderes Graben

Muhammed Kemal FİTOZOĞLU¹, Oya ANKAYA PAMUKÇU¹

*¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü
E-posta: kemalfitozoglu@hotmail.com*

ÖZET

Jeotermal enerji, yenilenebilir ve sürdürülebilir özellikleri sayesinde günümüzde hem dünya genelinde hem de Türkiye’de giderek önem kazanan enerji kaynaklarından biri olmuştur. Ülkemizde jeotermal enerji; konut ısıtmasından sera ve termal tesis uygulamalarına, elektrik üretiminden turizm faaliyetlerine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Özellikle Batı Anadolu Bölgesi, jeotermal enerji potansiyeli açısından Türkiye’nin en zengin sahalarını barındırmakta olup elektrik üretimine yönelik başarılı uygulamalarla dikkat çekmektedir. Jeotermal sistemlerin araştırılmasında, yeraltı yapılarının yoğunluk, manyetik özellikler ve öz direnç gibi fiziksel parametrelerindeki farklılıkların yüzeyde ölçülmesi önemli veriler sağlamaktadır. Bu bağlamda gravite yöntemi; ölçüm kolaylığı, hız ve ekonomik avantajları nedeniyle jeotermal aramalarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Gravite verileri, alan daraltma, yanal süreksizliklerin belirlenmesi ve ikincil yöntemlerin daha verimli uygulanmasına katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmada, Batı Anadolu’da yer alan Küçük Menderes Grabeni’nin jeotermal potansiyeli, MTA ve TÜBİTAK (108Y285 nolu proje) tarafından sağlanan Bouguer gravite anomali verileri üzerinden incelenmiştir. Ayrıca bu proje, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir. Verilere, yapı sınırlarını belirlemede başarılı sonuçlar veren Normalleştirilmiş Tam Gradyent (NTG) yöntemi uygulanmıştır. NTG analizleri, yanal ve düşey yönde yapıların sürekliliğini ortaya koyarak, bölgedeki jeotermal potansiyelin belirlenmesine katkı sağlamıştır. Sonuç olarak, çalışmanın bulguları, Küçük Menderes Grabeni’nin jeotermal enerji üretimi açısından önemli bir alan olduğunu ortaya koymakta ve elde edilen sonuçlar, bölgenin sürdürülebilir enerji yatırımları açısından büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal Enerji, Gravite Metot, Küçük Menderes Grabeni, NTG Metot

ABSTRACT

Geothermal energy has become one of the increasingly important energy resources worldwide and in Turkey thanks to its renewable and sustainable characteristics. In our country, geothermal energy is utilized in a wide range of applications, from residential heating to greenhouse and thermal facility operations, from electricity generation to tourism activities. In particular, the Western Anatolia Region hosts the richest geothermal fields of Turkey and stands out with successful applications in electricity generation. In geothermal system investigations, measuring the differences in physical parameters of subsurface structures such as density, magnetic properties, and resistivity provides significant data. In this context, the gravity method is widely used in geothermal explorations due to its ease of measurement, rapid application, and economic advantages. Gravity data contribute to narrowing down exploration areas, identifying lateral discontinuities, and enabling more efficient application of secondary methods. In this study, the geothermal potential of the Küçük Menderes Graben, located in Western Anatolia, was examined using Bouguer gravity anomaly data provided by MTA and TÜBİTAK (Project No. 108Y285). Moreover, this project was supported within the scope of the TÜBİTAK 2209-A Research Projects Support Program for Undergraduate Students. The Normalized Total Gradient (NTG) method, which has been proven successful in delineating structural boundaries, was applied to the data. NTG analyses revealed the lateral and vertical continuity of subsurface structures, contributing to the assessment of the geothermal potential of the region. As a result, the findings of this study demonstrate that the Küçük Menderes Graben is a significant area in terms of geothermal energy production, and the outcomes highlight its considerable potential for sustainable energy investments.

Keywords: Geothermal energy, gravity method, Küçük Menderes Graben, NTG method

Bir Boyutlu Zemin Tepki Analizlerinin Lineer Varsayımlar Altında Parametrik İncelenmesi

Theoretical Parametric Evaluation of One-Dimensional Site Response Analyses under Linear Assumptions

İbrahim Can BEZİKLİOĞLU¹

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi*

E-posta: beziklioglu18@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, bir boyutlu zemin tepki analizleri aracılığıyla zemin tabakalarının sismik dalgalara karşı dinamik davranışını lineer varsayımlar altında parametrik bir yaklaşımla incelemektedir. Araştırmada tabaka kalınlığı, kayma dalgası hızı, yoğunluk, sönüm oranı ve zemin-kaya empedans kontrastı gibi temel parametrelerin transfer fonksiyonları üzerindeki etkileri sistematik olarak değerlendirilmiştir. Bulgular, rezonans frekansının özellikle tabaka kalınlığı ile kayma dalgası hızının etkileşimine duyarlı olduğunu ve düşük sönüm oranlarında büyütme katsayılarının çok yüksek değerlere ulaştığını ortaya koymuştur. Ayrıca, elde edilen maksimum büyütme değerlerinin büyük ölçüde zemin ile anakaya arasındaki empedans kontrastına bağlı olduğu, kontrastın düşük olduğu koşullarda transfer fonksiyonunda belirgin bir rezonans piki oluşmadığı belirlenmiştir. Sönüm oranlarının artması ise büyütme fonksiyonlarının tepe değerlerini azaltmakta, rezonans tepkisini daha yayvan hale getirmekte ve bu şekilde büyütmenin etkisini sınırlamaktadır. Sonuç olarak bu parametrik inceleme, tek tabakalı zemin ortamının büyütme ve rezonans özelliklerini kontrol eden başlıca faktörleri ortaya koymakta; elde edilen bulgular klasik 1-B zemin dinamiği kuramıyla uyumlu olup zemin parametreleri ile sismik tepki arasındaki ilişkilerin daha açık ve sistematik biçimde anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Zemin Tepki Analizi, Rezonans Frekansı, Büyütme Katsayısı, Sönüm Oranı, Empedans Kontrastı

ABSTRACT

This study investigates the dynamic behavior of soil layers subjected to seismic waves through one-dimensional site response analyses under linear assumptions using a parametric approach. The effects of fundamental parameters such as layer thickness, shear-wave velocity, density, damping ratio, and soil–rock impedance contrast on transfer functions are systematically evaluated. The findings indicate that the resonance frequency is particularly sensitive to the interaction between layer thickness and shear-wave velocity, and that low damping ratios lead to amplification factors reaching very high values. Furthermore, the maximum amplification is found to be largely dependent on the impedance contrast between the soil and the underlying rock; in cases of low contrast, no distinct resonance peak appears in the transfer function. Increasing damping ratios, on the other hand, reduce the peak values of amplification functions, broaden the resonance response, and thereby limit the overall amplification effect. In conclusion, this parametric investigation identifies the principal factors controlling the amplification and resonance characteristics of a single-layer soil deposit; the results are consistent with the classical one-dimensional soil dynamics theory and contribute to a clearer and more systematic understanding of the relationships between soil parameters and seismic response.

Keywords: Site Response Analysis, Resonance Frequency, Amplification Factor, Damping Ratio, Impedance Contrast

Kocaçay Deresinde Gözlenen Yer Değiştirmenin Jeofizik Yöntemler ve Jeolojik Bulgularla İrdelenmesi

Investigation of the Displacement Observed in Kocaçay Stream Using Geophysical Methods and Geological Findings

Aykut TUNEL¹, Bilal SARİ², Bora UZEL², Zülfikar ERHAN¹, Ali ALHASSANI¹, Gkem ATALAY¹, Berk Yaşar BİLGİN¹, Serdar OBAN², Bayram GVEN¹, Muhammed Emin KARATAř², Ali Atakan KESER², Meltem BEYAZ MEZDE², Koray TEMEL², Erol YALIN², Oya ANKAYA PAMUKU¹, Tolga OYMAN²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Buca-İzmir

² Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca-İzmir

E-posta: aykut.tuncel@deu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, bölüm arazi stajı kapsamında, Kocaçay Deresi'nin yaklaşık 400 metre yn değiştirmesine neden olduğu düşünülen Gümüldür Fayı'nın alüvyon örtüsü altındaki konumunun belirlenmesine yönelik jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, hem yapay hem de doğal kaynaklı jeofizik yöntemler kullanılmıştır. Söz konusu çalışmalar, fayın bölgedeki jeomorfolojik etkilerinin anlaşılmasına ve alüvyon altında gömülü fay segmentlerinin konumlarının belirlenmesine yönelik olarak planlanmıştır. Gümüldür ve çevresindeki fayların genel jeolojik ve tektonik özellikleri ele alınmış, ancak alüvyon örtüsü altındaki fay uzanımları sınırlı ölçüde gözlemlenebilmiştir. Bu çalışmanın amaçlarından bir tanesi, doğrudan jeofizik yöntemlerle fayın yer altındaki belirtilerinin araştırılmasıdır. Kullanılan jeofizik yöntemlerden elde edilen bulgular ayrıntılı olarak sunulmuş, sonuçların jeolojik birimlerle ve tektonik yapılarla korelasyonu tartışılmıştır. Bu kapsamda jeoloji mühendisliği bölümü ğretim yeleri ve öğrencileri tarafından hazırlanan jeoloji haritası, enine kesit ve kolon kesit de bu postere eklenerek jeofizik çalışmalardan elde edilen verilerle ortak yorum yapılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kocaçay deresi, Gümüldür fayı, jeofizik, jeoloji

ABSTRACT

In this study, as part of the department's field internship, geophysical studies were conducted to determine the location of the Gümüldür Fault, which is thought to have caused the Kocaçay Stream to shift approximately 400 meters beneath the alluvial cover. Both active and passive source geophysical methods were used in this study. These studies were designed to understand the fault's geomorphological effects in the region and to determine the locations of fault segments buried beneath the alluvium. The general geological and tectonic characteristics of the faults in Gümüldür and its surrounding area were examined, but the fault extensions beneath the alluvial cover were observed to a limited extent. One of the objectives of this study was to investigate the fault's subsurface manifestations using direct geophysical methods. The findings obtained from the geophysical methods used are presented in detail and the correlation of the results with geological units and tectonic structures is discussed. In this context, the geological map, cross-section and column section prepared by the faculty members and students of the geological engineering department were added to this poster and it was aimed to make a joint comment with the data obtained from geophysical studies.

Keywords: Kocaçay stream, Gümüldür fault, geophysics, geology

Düşey Yer Hareketinin Yapısal Hasar Potansiyeli Açısından İncelenmesi: Ön Bulgular

Lütfü İhsan AKPUNAR¹, Mehmet ORUÇ², Ufuk YAZGAN³

¹ Araş. Gör. İnş Yük. Müh Afet Yönetimi Enstitüsü, Deprem Mühendisliği A.B.D., İTÜ

² Araş. Gör. İnş Yük. Müh Afet Yönetimi Enstitüsü, Deprem Mühendisliği A.B.D., İTÜ

³ Prof. Dr. Afet Yönetimi Enstitüsü, Deprem Mühendisliği A.B.D., İTÜ

E-posta: akpunar@itu.edu.tr ¹, orucmehm@itu.edu.tr ², ufukyazgan@itu.edu.tr ³

ÖZET

Deprem kaynaklı yapısal hasarların genellikle yatay yöndeki deprem hareketinden kaynaklandığı göz önünde bulundurulur. Buna karşılık, düşey yöndeki hareket nedeniyle yapılarda ortaya çıkan sismik talepler göz ardı edilebilmektedir. Oysa, geçmiş deprem kayıtları incelendiğinde, özellikle depremin kaynağına yakın sahalarda düşey en büyük yer ivmesi (PGAV), yatay en büyük yer ivmesinden (PGAH) büyük olabilmektedir. Hatta bazı durumlarda yerçekimi ivmesinin üzerinde değerlere ulaşıldığı dahi rapor edilmiştir. Nitekim 1995 Kobe Mw 6.9, 2011 Christchurch, Yeni Zelanda Mw6.1) ve 6 Şubat Kahramanmaraş M7.8 2023 depremlerinde düşey yer hareketinden kaynaklanan yapısal hasarlar sahada gözlemlenmiştir. Düşey yer hareketinin genliklerini etkileyen başlıca unsurlar kaynak-saha mesafesi, yerel zemin koşulları ve yapının doğal titreşim periyodudur. Türkiye’de aktif fay hatlarının yoğun yerleşim bölgelerine yakınlığı, yakın-fay etkilerinin deprem taleplerinin değerlendirilmesinde dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır. Ancak uzun tekrarlanma periyotlarına sahip büyük depremlere ait yakın-fay kayıtlarının sınırlı olması, düşey bileşenin kapsamlı şekilde incelenmesini zorlaştırmaktadır. Bunun yanı sıra, bina türü yapıların düşey yönde aktif modlarına karşılık gelen spektral taleplerin yatay yönde aktif olan modlara karşılık gelen spektral taleplerden önce meydana gelmesi, hasar potansiyelini artıran kritik bir diğer unsurdur. Türkiye’deki mevcut yapı stoğunda mühendislik hizmeti almamış, düşük malzeme dayanımına sahip ve yetersiz kolon kesitleri ile inşa edilmiş standart altı yapıların yaygınlığı bu etkiyi daha da yıkıcı hale getirmektedir. Bu çalışma kapsamında 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık merkezli Mw 7.8 depremine ait ivme kayıtları analiz edilmiştir. Düşey ve yatay kuvvetli yer hareketi bileşenleri; genlikleri, spektral değerleri ve oluş zamanları açısından karşılaştırmalı ve sistematik olarak değerlendirilmiştir. Analizler, özellikle yüksek frekans aralığında (≥ 5 Hz), düşük V_{s30} değerine sahip faya yakın istasyonlarda düşey/yatay spektral oranının 2/3 seviyesinin üzerinde gerçekleştiğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, yüksek düşey ivmelerin ve düşey bileşenin yataydan önce ortaya çıkmasının, yapılardaki hasar oranlarını artırdığını ortaya koymaktadır. Bu durum, düşey talebin yapıya daha erken etki ederek dayanım kapasitesini azaltabildiğini, dolayısıyla ağır hasarların ve yıkımların kaçınılmaz hale getirebildiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kahramanmaraş depremi, düşey yer hareketi, geliş zamanı, deprem talebi, deprem hasarı.

ABSTRACT

While structural damage is generally considered to be caused by horizontal earthquake motion, vertical seismic demands may be overlooked. However, when past earthquake records are examined, the peak ground acceleration (PGAV) in the vertical direction can be greater than the peak ground acceleration (PGAH) in the horizontal direction at stations located close to the source. In fact, values exceeding gravitational acceleration have been reported in some cases. Indeed, structural damage caused by vertical ground motion was observed in the field during the 1995 Kobe Mw 6.9 earthquake, 2011 Christchurch, New Zealand Mw6.1 earthquake and 2023 Kahramanmaraş, Turkey M7.8 earthquake. The main factors affecting the amplitudes of vertical components of ground motions are the source-site distance, local ground conditions, and the natural vibration period of the structure. The proximity of active fault lines to densely populated areas in Turkey makes it necessary to consider near-fault effects in the assessment of earthquake demands. However, the limited availability of near-fault records for large earthquakes with long recurrence periods restricts the comprehensive investigation of the vertical component. In addition, the occurrence of high-frequency vertical spectral demands before lower-frequency horizontal demands is another critical factor that increases the potential for damage. The prevalence of substandard structures in Turkey's existing building stock, which have not received engineering services, have low material strength, and were constructed with inadequate column cross-sections, makes this effect even more destructive. Within the scope of this study, acceleration records from the February 6, 2023, Mw 7.8 earthquake centered in Kahramanmaraş-Pazarcık were analyzed. The vertical and horizontal components were evaluated comparatively and systematically in terms of their amplitudes, spectral values, and occurrence times. The analyses show that, especially in the high frequency range (≥ 5 Hz), the vertical/horizontal spectral ratio exceeded the 2/3 level at stations close to faults with low Vs30 values. The findings reveal that high vertical accelerations and the vertical component appearing before the horizontal component increase the damage rates in structures. This situation indicates that vertical demand affects the structure earlier, and have the potential to reduce its resistance capacity, thus making severe damage and collapse very likely.

Keywords: Kahramanmaraş earthquake, vertical ground motion, arrival time, seismic demand, earthquake damage.

Popülasyon Temelli bir Algoritma Kullanılarak Doğal Potansiyel Problemlerin Optimizasyonu

Optimization of Self-Potential Problems Using a Population-Based Algorithm

Merve Rümeysa GÜÇLÜ¹, Sanam HOSSEINZADEH² Seçil TURAN KARAOĞLAN¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye

E-posta: secil.turan@deu.edu.tr

ÖZET

Metasezgisel algoritmalar, karmaşık optimizasyon problemlerinin çözümünde son yıllarda öne çıkan güçlü araçlardır. Özellikle doğrusal olmayan ve tekil çözüme sahip olmayan jeofizik ters çözüm problemlerinde, bu algoritmaların esnekliği büyük avantaj sağlamaktadır. Klasik optimizasyon yöntemleri genellikle iyi bir başlangıç modeline ihtiyaç duymakta ve çözüm sürecinde yerel minimumlara sıkışabilmektedir. Buna karşılık, metasezgisel yöntemler geniş çözüm uzaylarını tarayarak global optimumu bulma konusunda daha başarılıdır. Bu çalışmada, doğadaki güvelerin ışık kaynağına spiral hareketi temel alınarak geliştirilmiş Moth-Flame Optimization – Güve-Ateş Optimizasyon (MFO) algoritması, doğal potansiyel (SP) anomalilerinin ters çözümünde uygulanmıştır. Algoritma, R programlama dili kullanılarak açık kaynak paketler aracılığıyla geliştirilmiştir. Algoritmanın performansı, Süleymanköy (Türkiye) arazi verisi üzerinde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, MFO algoritmasının düşük rms ve hızlı bir yakınsama ile model parametre kestiriminde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca elde edilen parametreler farklı meta-sezgisel yöntemlerle karşılaştırılmış ve MFO algoritmasının rekabetçi bir performans ortaya koyduğu görülmüştür. Bu bulgular, MFO algoritmasının jeofizik ters çözüm çalışmalarında güvenilir ve etkin bir araç olduğunu ve diğer jeofizik uygulamalarına başarıyla uyarlanabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güve-Ateş optimizasyon algoritması, doğal potansiyel, jeofizik

ABSTRACT

Metaheuristic algorithms have become increasingly popular in recent years as effective tools for solving complex optimization problems. Their flexibility makes them particularly suitable for geophysical inversion problems, which are inherently nonlinear and non-unique. Conventional optimization techniques often rely on well-defined starting models and are prone to becoming trapped in local minima, which may lead to inaccurate or incomplete solutions. In contrast, metaheuristic methods are capable of exploring large search spaces efficiently to identify global optima without depending on prior assumptions. In this study, the Moth-Flame Optimization (MFO) algorithm, inspired by the spiral navigation of moths around light sources, was implemented for the inversion of self-potential (SP) anomalies. The algorithm was developed in the R programming environment using open-source libraries. Its performance was assessed using field data from Süleymanköy (Türkiye). The results indicated that the MFO algorithm can be used for model parameter estimation with low rms and rapid convergence. Moreover, the outcomes were compared with those obtained by other metaheuristic approaches, confirming the competitive performance of the MFO algorithm. Overall, the findings indicate that the MFO algorithm is a reliable and high-performing tool for geophysical inversion problems and can be effectively adapted for other applications in geophysics.

Keywords: Moth-flame optimization algorithm, self-potential, geophysics

Long-Period Ground Motions and Structural Responses during the 2025 M6.2 Marmara Ereğlisi Earthquake

Hiroaki YAMANAKA¹, Towa ONO¹, Mary Wenzel ANDAYA¹, and Seiji TSUNO¹

¹ Institute of Science Tokyo

E-posta: yamanaka.h.aa@m.titech.ac.jp

ABSTRACT

The Mw 6.2 Marmara Ereğlisi Earthquake occurred in the central part of the Marmara Sea on 23 April 2025. The epicenter is located in the southwest of Marmara Ereğlisi in Tekirdağ province. The shaking of the earthquake was felt in Istanbul, Sakarya, Tekirdağ, Kocaeli, Bursa and Yalova provinces with the maximum MMI intensity of VII in Çorlu (USGS, 2025). More than 300 people were injured in the provinces. Although some of old buildings were severely damaged, most of the buildings are not damaged. However, some of the buildings were significantly vibrated, and their vibration behaviors were captured in videos. Such videos were published on social media. We found two videos that show the vibrations of a minaret and a high-rise building during the earthquake. These two structures are located in the northeast of the epicenter in Esenyurt, Istanbul. The high-rise building is approximately 73 meters high with 23 stories, while one of the tall minarets of Beylikdüzü Fatih Sultan Mehmet Mosque is 61 meters high. The videos of the high-rise building and the minaret are 53 and 12 seconds long. The videos were analyzed to extract earthquake structural responses from a pixel tracking analysis (Wenzel et al., 2025). We selected a target point at the top of the structures and reference points at a near-by low-rise building. The two reference points were used to eliminate a camera movement in the video analysis to extract displacement of the top of the target structures. The extracted displacement time history was used to estimate its spectra which provide natural periods of the buildings during the earthquake. The estimated natural periods of the high-rise building and the minaret are 7.2 and 4.0 seconds with the maximum displacement amplitudes of 19 and 58 cm, respectively. The earthquake responses of the tall structures are closely related with long-period ground motion for the event. We therefore investigated the characteristics of long-period components in records observed at strong motion stations around the epicenter. The PGAs for this event are similar to those estimated with an existing empirical equation. However, some of the stations located along the coast of the Marmara Sea in the northeastern part of the epicenter show larger PGVs than those expected from the empirical equations. In particular long-period ground motion are dominant at the stations with the large PGVs. The site effects for one of the strong motion stations in the northeastern part by Yamanaka et al. (2016) indicate large site amplifications at frequencies lower than 1 Hz. This clearly suggests that the long-period motion was amplified in the sedimentary layers and shook the tall structures in the area to generate the large earthquake responses despite the moderate magnitude of the earthquake.

Keywords: Long-period motion, site amplification, video data, structural response, marmara sea
