



Teknik Önlemlerle Heyelan Kontrolü: Ordu İli Çamaş İlçesi Domuşu Heyelanı Örneği

Abdurrahim AYDIN¹, Diethard LEBER², Remzi EKER¹, İsmail BULUT³, Ertan KESER⁴

Özet

Ordu ili Çamaş ilçesi Domuşu mahallesinde 2013 yılında şiddetli yağışların ardından meydana gelen heyelan olayı bir evde hasar oluşturarak yerleşim alanını ve yoldaki trafik güvenliğini tehdit etmiştir. Yapılan incelemeler sonucu heyelanın halen aktif olduğu, alanda heyelanlıs birlite yamaç malzemesinin içerdiği kaya bloklarının düşmesi probleminin de söz konusu olduğu belirlenmiştir. Yaşanan heyelan olayında her ne kadar can kaybı yaşanmamış olsa da koruyucu teknik önlemlerin alınmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada heyelan alanında bu kapsamda yapılan arazi incelemeleri ve jeolojik jeoteknik ölçümlere dayanarak alınabilecek koruyucu teknik ve kültürel önlemler önerilerek tartışılmıştır. Çalışma alanında heyelan ayağının stabilizasyonu için iki sıra şeklinde ağır kaya tahkimatı ile yamaç stabilizasyonu için ağaçlandırma/bitkilendirme kombinasyonlu sistematik ankraj ve yük taşıyıcı ağlar önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, Rehabilitasyon, Jeoteknik, Stabilizasyon

Landslide Control with Technical Countermeasures: Domuşu (Çamaş-Ordu) Landslide Case Study

Abstract

A landslide event triggered by heavy rainfalls in Camas location (Ordu-Turkey) in 2013 impended the settlements and traffic safety on the roads. It was observed from fieldworks that both landslide hasbeen still active, and also not only existence of landslide and also rock fall hazard. Although life losses were not resulted in the event, designing of protective technical measurements is indispensable. In the study, it was suggested construction of technical counter-measures combined with biotechnical measures depending on field surveys and geotechnical analysis. In the study area, two sequence of heavy boulder fortification for stabilization of landslide foot as well as systematic anchor and load bearing networks combined with afforestation/plantation for stabilization of slopes are proposed.

Key Words: Landslide, Rehabilitation, Geotechnics, Stabilization

Giriş

Heyelanlar dünyanın neredeyse her bölgesinde meydana gelebilen ve toplumlar üzerinde yıkıcı etkilere sahip önemli doğal afetlerdendir. Yüzeyi oluşturan her tür kaya, toprak veya molozlar ile bunların karışımlarının yer çekimi etkisiyle duraylılıklarını kaybederek oluşturdukları kütleli hareketler olan heyelanlar literatürde çeşitli şekillerde tanımlanmaktadır (Cruden, 1991; Sharpe, 1938). Heyelanların meydana gelmelerinde tek bir nedenden söz edilmesi genellikle mümkün olmamakta, jeolojik devirlere dayanan anakaya fiziksel özellikleri ile yer kabuğu hareketleri, erozyon ve iklim koşulları gibi pek çok faktör etkili olabilmektedir (Atalay ve Bekaroğlu, 1973).

¹Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Konuralp Yerleşkesi, e-mail: aaydin@duzce.edu.tr , remzieker@duzce.edu.tr

²Geoexpert Research and Planning GmbH, Brunhildengasse 1, 1-2 Stock, A-1150 Wien-Austria email:leber@geoexpert.at

³Orman ve Su İşleri Bakanlığı, ÇEM Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye, e-mail: bulutsmail@gmail.com

⁴ARE jeoteknik Ltd. Ankara-Türkiye, e-mail: are@arejeoteknik.com.tr

Oluş nedenleri ve şekilleri bakımından farklı özelliklere sahip heyelan olgusu zeminin cinsi, hareketin tipi ve nedenleri gibi unsurlara göre sınıflandırılmaktadır (Varnes, 1978). Esasında heyelanların oluşumu yüzey materyalini yamaç aşağı harekete zorlayan kaydırıcı kuvvetlerin bu materyallerin hareketini önleyen tutucu kuvvetlere eşit veya büyük olması durumunda gerçekleşmektedir. Dağlık ve tepelik alanlarda artan şekilde ulaşım tesislerinin, sulama tesislerinin ve diğer sivil ve tarımsal yapıların inşası ile bu kuvvetler dengesi olumsuz şekilde bozulmaktadır. Bu tür tesislerin inşası eğimli topoğrafik yapılarından dolayı dağlık ve tepelik alanlarda kazı şevlerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Buna paralel olarak da çok sayıda heyelan olayı meydana gelmekte (Song ve ark., 2011) ve insanların yaşamları ve yaşam alanları (yerleşim, tarım, yol, köprü, elektrik ve telefon vb. altyapı gibi) üzerinde yıkıcı etkiler ortaya çıkmaktadır.

Heyelanların bahsedilen zararlarının ortadan kaldırılması ya da en aza indirilmesi amacıyla ilgili toplumun artan talepleri de dikkate alınarak kurum ve kuruluşların projeler yapmakta olduğu ve gelecekte de önlem amaçlı projeler geliştirebileceği öngörülebilir. Bu kapsamda, heyelan zararlarının önlenmesine ilişkin geliştirilen stratejilerde hem insan hayatının hem de çevrenin korunması amaçlanmaktadır. Heyelanların sebep oldukları zararların iyileştirilmesinde ve heyelan stabilizasyonunda ekonomik ve rasyonel teknik çözümlerin bulunması bu açıdan oldukça önemlidir (Mevlida ve ark., 2014). Ancak heyelanların ve duraysız yamaçların restorasyonu, çözüm gerektiren önemli sorunlar ortaya çıkarabilmektedir. Çünkü meydana geldikleri sahaların dik eğimlerde olması, düşük verimlilikte duraysız topraklara sahip olmaları, kimi yerlerde sıkışmış, akan silt ve/veya toprakların mevcudiyeti gibi pek çok olumsuz koşullar heyelan alanlarında tipik olarak görülmektedir (Polster, 1997). Yamaç iyileştirme çalışmalarının tasarım ve inşası bundan dolayı iyileştirme çalışmaları sırasında doğabilecek pek çok risk içermektedir. Afet risk azaltma çalışmaları geleneksel mantık olarak “sebeup ve çözüm” konseptine dayanmaktadır. Bu anlayıştan hareketle duraysız olan yamacın temeli, esas sebep olarak kabul edilmekte ve meydana gelebilecek duraysızlıkların önlenmesi için tek çözüm “yamacın temelini güçlendirilmesi ve malzemeyi tutan duvarların inşası” olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu yaklaşımın ortaya çıkan sendromu geçici olarak iyileştirdiği ifade edilmektedir (Lu, 2014). Burada önemli olan, olay sonrası rehabilitasyon çalışmalarında uzun ömürlü bir çözüm geliştirebilmek ve çözümün sürekliliği bakımından fizibilitesi yüksek projeler ortaya koyabilmektir. Bu amaca yönelik çözümlerin ortaya konulabilmesi için heyelanların sebepleri, dağılımları, ölçeği ve doğası hakkında detaylı bilgiye sahip olunması gerekmektedir.

Heyelan önleme ve zarar azaltma ile rehabilitasyon çalışmalarında yamaç drenajı, yamaç şev yüksekliği ve eğiminin düşürülmesi, kütle hareketini önlemeye yönelik mühendislik metotlarının uygulanması, hasar azaltmak için mühendislik yapılarının inşası, vejetasyon ile yamaç stabilizasyonu, toprağın güçlendirilmesi, kayma yüzeyinin patlatılması (blasting) gibi pek çok yöntem kullanılmaktadır. Yamaç içerisindeki su miktarının ve oluşan hücre basıncının düşürülmesi için çeşitli mühendislik teknikleri bulunmaktadır (Msilimba, 2007). Bu teknikler yüzey sularını yamaç aşağı akıtılması için açılan periferik kanalları, suyu toplamak için açılan drenaj sondajlarını ve drenaj galerini içermektedir. Yine yamaç şevi yüksekliğindeki artış yamaç malzemesinin potansiyel gerilme düzleminin ağırlığında artışa sebep olmaktadır. Bundan dolayı şev yüksekliğinin azaltılması ve eğiminin düşürülmesi çalışmaları yapılmaktadır (Crozier, 1984). Eğer böylesi geniş kazı işlemi için yeterli alan bulunmazsa yamaçlarda teras ve banklar oluşturulabilmektedir. Bununla birlikte kütle hareketine karşı koymak için kullanılabilen bazı mühendislik teknikleri, ayrılmış ve parçalanmış tabakaların sıkıştırılması, istinat duvarları ile tahkim edilmesi şeklindedir. Ancak bu tür tekniklerin kullanımı uzmanlık ve tecrübe gerektirdiği gibi maliyetlidir. Diğer bir teknik ise eğimli kayalık tabakalara metal tüplerin çakılmasıdır (Msilimba, 2007). Ancak

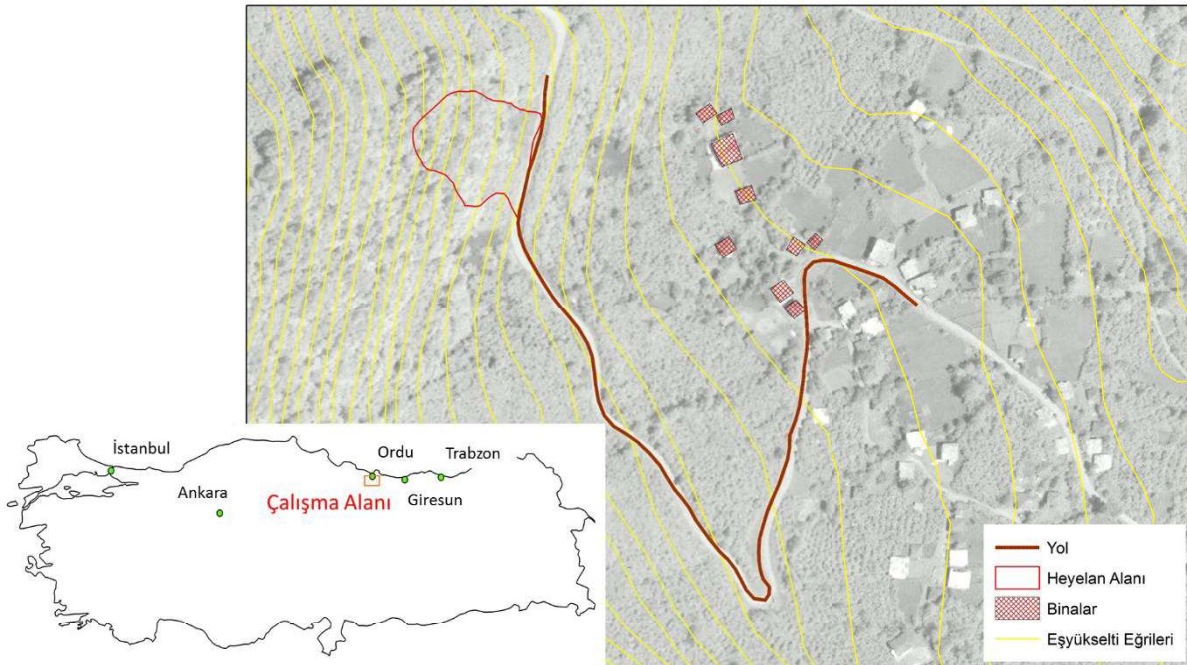
heyelan meydana gelen alanlarda her zaman kütlenin hareketini durdurmak mümkün olamamaktadır. Bundan dolayı hasarı azaltmaya yönelik mühendislik yapılarının tasarımı gerekebilmektedir. Bunun için yamaçtaki gevşek kaya bloklarının hareketini önlemeye yönelik yamaç stabilizasyonu amacıyla kablo ağlar ve çelik tel çitler de kullanılmaktadır (Coch, 1995). Ayrıca hareket eden malzemenin üzerinden yıkıma sebep olmadan geçişi için kaya sundurma (sheds) ve tünel gibi yapılar ile toprak setler tasarlanmaktadır. Sığ kütle hareketlerinin stabilizasyonu için bitkilendirme/ağaçlandırma uygulamaları da yapılmaktadır (Lu, 2014). Biyo-mühendislik (bio-engineering) olarak adlandırılan bu yöntemler genel bir ifadeyle çim, çalı ve ağaçların yamaç stabilizasyonu için kullanılmasını ifade eder (Clark ve Howell, 1992).

Bu çalışma ile Çölleşme ve Erozyonla Mücadele (ÇEM) Genel Müdürlüğü tarafından 2014 yılında projelendirme çalışmaları yapılan Ordu ili Çamaş ilçesi Domuşu mahallesinde 2013 yılında meydana gelen heyelan olayı hakkında yapılan arazi çalışmaları ile detaylı bilgi toplanmış ve rehabilitasyonu amacıyla alınabilecek teknik önlemler değerlendirilmiştir. Heyelanın tehdit ettiği yerleşim alanının ve alandaki yolun trafik güvenliğinin sağlanması temel amaç olarak benimsenmiştir. Bunun yanı sıra heyelanın sebep olduğu erozyon, toprak kaybı gibi dolaylı etkilerin de ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

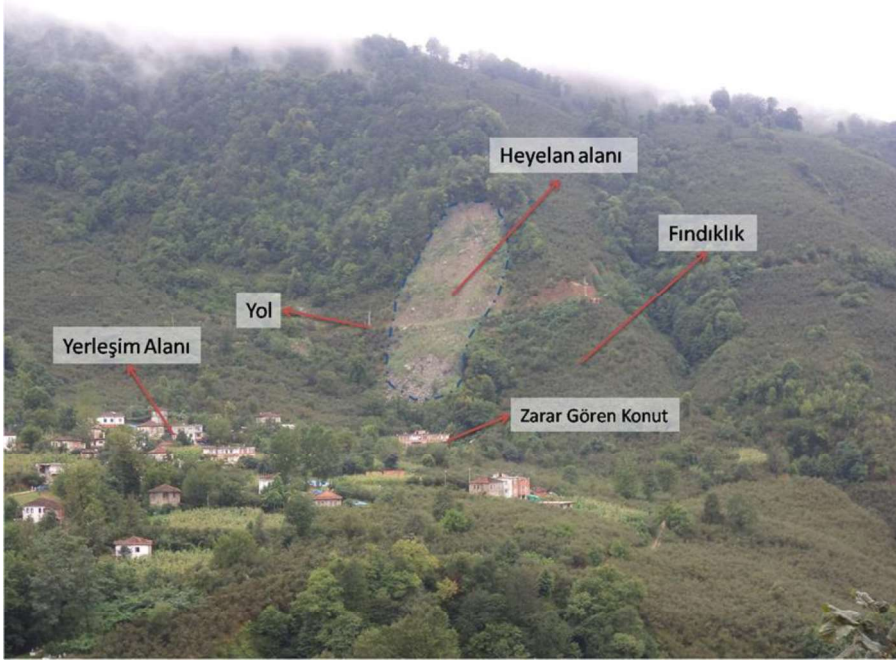
Materyal ve Yöntem

Ordu İli, Çamaş İlçesi Domuşu Mahallesi Heyelanı

Ordu ili Çamaş ilçesi Domuşu mahallesinde 2013 yılında şiddetli yağışların ardından meydana gelen heyelanın konum haritası Şekil 1'de verilmektedir. Heyelan alanı ED50 Zone 37 Koordinat sisteminde 376397,10 - 4527519,92 K ve 377428,33 - 4526894,67 D koordinatları arasında yer almaktadır. Heyelan alanının karşıdan görüntüsü Şekil 2'de gösterilmiştir.



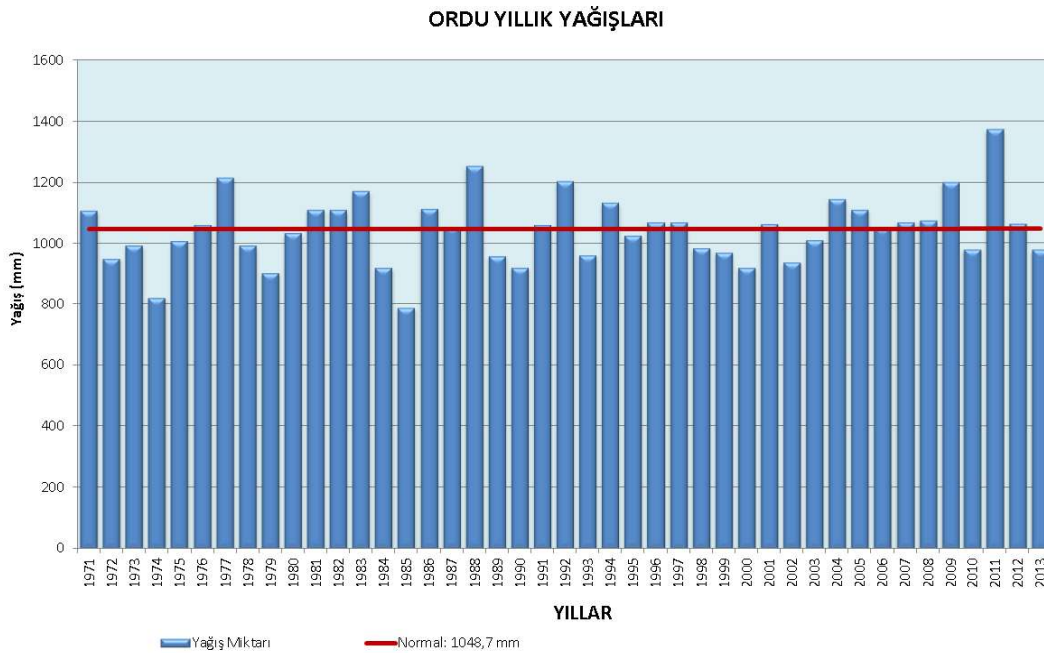
Şekil 1. Proje alanının konumu



Şekil 2. Heyelan alanının karşı yamaçtan görünümü

İklim Durumu

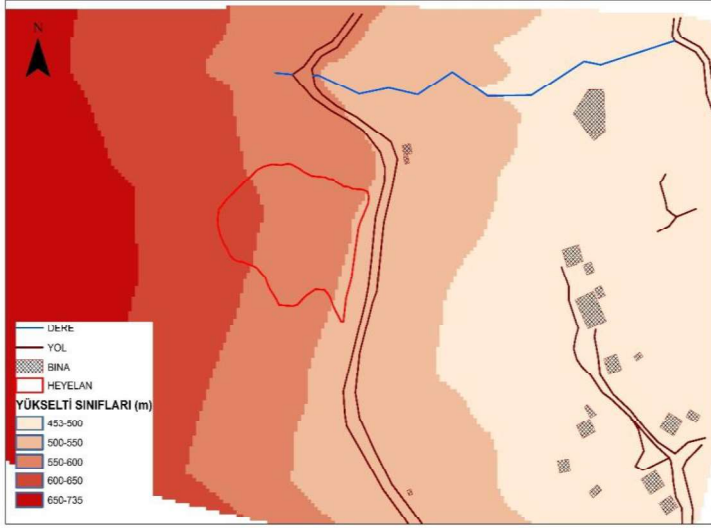
Çalışma alanının sınırları içerisinde kaldığı Ordu ilinde dağların kıyıya paralel uzanması nedeniyle iki farklı iklim tipi görülmektedir. Kıyı ile iç kesimler arasında ise bir geçiş iklimi söz konusu değildir. Kıyı kesimde ılık ve yağışlı bir iklim tipi yaygınken, iç kesimlerde karasal iklim özellikleri hâkim durumdadır. Kıyı kesimlerinin yağmurlu ve ılık iklimi, iç kesimlerde daha sert, soğuk, kar yağışlı bir iklime dönüşmektedir. Yılın hemen hemen bütün aylarında yağışlı olan bölgenin kıyı kesimlerinde yazlar ılık, kışlar ise serin geçmektedir. Yıllık ortalama yağış 1048,7 mm olup (Şekil 3), en fazla yağış 139,7 mm ile ekim ayında düşmektedir.



Şekil 3. Ordu ili yıllık toplam yağış verileri (1971-2013)(<http://www.dmi.gov.tr>(2015))

Çalışma Alanının Topoğrafik Durumu

Çalışma alanının yükselti haritası Şekil 5'te verilmektedir. Buna göre bölgenin yükseltisi 453 m ile 735 m arasında değişmektedir. Heyelan sahasının yükseltisi ise 550 m ile 650 m arasındadır.



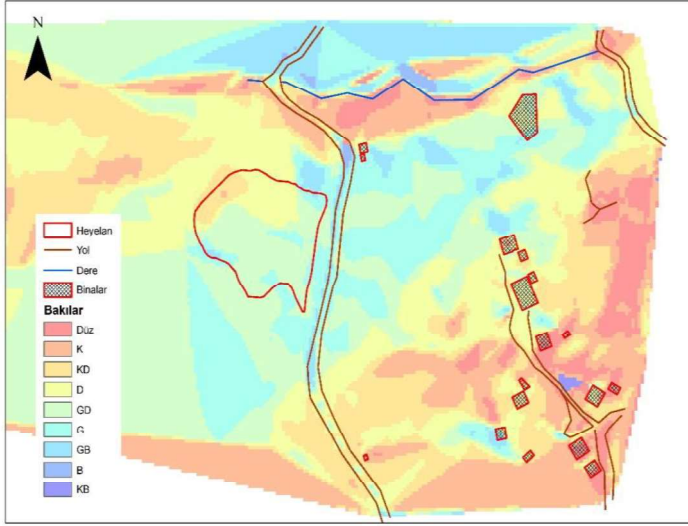
Şekil 5. Çalışma alanına ait yükselti haritası

Çalışma alanının eğim durumuna bakıldığında bölgenin büyük bölümünün 15° ve üzerinde olduğu gözlenmektedir (Şekil 6). Heyelanın meydana geldiği yamacın eğiminin de 30° 'den daha büyük olduğu görülmektedir. Alanda sadece yerleşimin bulunduğu kısımlarda eğim düşüktür.



Şekil 6. Çalışma alanına ait eğim haritası

Çalışma alanı genel olarak D-GD bakılıdır. Güney bakılar, kuzey bakılara kıyasla daha kuru, daha sıcak ve daha çok aşınma potansiyeli taşıdıklarından heyelan meydana gelme olasılığı da daha yüksek olabilmektedir. Bu yargıdan hareketle bölgenin bakı özellikleri itibarıyla de heyelan oluşumu açısından uygun olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanına ait bakı haritası Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Çalışma alanına ait bakı haritası

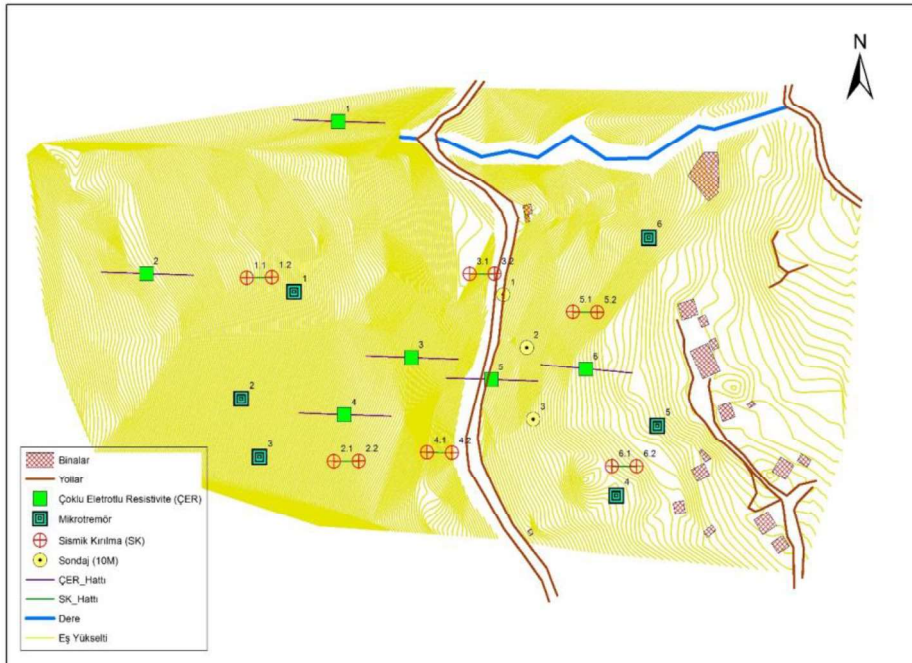
Arazi Çalışmaları ve Problem Tespiti

Çalışma alanında problem tespiti için yapılan arazi çalışmalarında yerel bilgi kaynakları ile görüşmeler yapılarak olay hakkında detaylı bilgi toplanmış, ayrıca yapılan topografik ölçümler ile heyelan sınırları, büyüklüğü, tipi, meydana getirdiği hasar tespit edilerek alınabilecek teknik önlemlere ilişkin ön araştırma yapılmıştır. Yapılan arazi gözlemleri ile yolun üst tarafından koparak meydana gelen heyelan olayının, alt kısmında bulunan yerleşim alanındaki bir eve hasar verdiği ve heyelandan kopan malzemelerin ise diğer iki eve oldukça yakın şekilde durarak tehdit ortaya çıkardığı tespit edilmiştir. Heyelandan kopan malzemelerin (ki genel itibarıyla iri kayalardan oluşmaktadır) hasar verdiği evin duvarında yıkılmaya sebep olduğu ancak herhangi bir can kaybı veya yaralanma meydana gelmediği yerel bilgi kaynaklarından öğrenilmiştir. Meydana gelen kayma olayının (heyelan ana kütlesi) 85 m uzunluğunda ve 60 m genişliğinde olduğu, derin bir heyelan olmayıp malzemeyi oluşturan iri kayaları içeren 1-2 m derinliğindeki yamaç hareketi olduğu gözlenmiştir. Yapılan arazi çalışmalarında heyelanın halen aktif olduğu gözlenmiş ve yerel bilgi kaynaklarından zaman zaman kayaların yuvarlanmaya devam ettiği öğrenilmiştir. Yuvarlanan kayaların bir kısmının evin önündeki bahçede bulunan yapraklı ağaçlar tarafından tutulduğu görülmektedir (Şekil 8). Heyelanın meydana geldiği yol Domuşu Mahallesi ile Sarıyakup Mahallesi birbirine bağlayan yolun 600. metresinde meydana gelmiş olup trafik akışının da tehdit altında olduğu belirlenmiştir.



Şekil 8. Heyelan alanından kopup evin önündeki bahçede duran kayalar

Ayrıca alanda jeolojik birimlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyebilmek için 10 m derinliğinde 3 adet sondaj, 72-95 m açılımlı 6 adet sismik kırılma, 6 adet mikrotremör ve 235 m açılımlı 5 adet çoklu elektrotlu rezistivite çalışması yapılmıştır (Şekil 9). Sondaj çalışmaları kamyona monte D500 modeli makine kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca karotiyer ve wireline sistemlerde kullanılmıştır. Sondaj kuyularından örselenmiş, örselenmemiş ve karot numuneler alınarak zemin ve kaya laboratuvarında test edilmiştir. Yapılan test Standart Penetrasyon Testi (SPT) olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca arazide sondaj çalışmalarından karot örnekler alınarak SCR (Solid Core Recovery) ve RQD (Rock Quality Designation) değerleri SK1 için SCR değeri % 5-40, RQD değeri % 0-35 aralığında, SK2 için SCR değeri % 10-75, RQD değeri % 10-65 aralığında ve SK3 için SCR değeri % 10-75, RQD değeri % 10-65 aralığında belirlenmiştir. Çalışma alanında ayrıca jeolojik, jeofizik ve jeoteknik etütler kapsamında hali hazır harita üzerinde belirlenen noktalarda zeminlerin dinamik-elastik mühendislik parametreleri, tabaka kalınlıkları, deprem yönetmeliklerine uygun zemin sınıflarını belirlemek amacıyla sismik kırılma, çok elektrotlu elektrik öz direnç ve mikrotremör ölçümleri yapılmıştır. Çok elektrotlu elektrik öz direnç yönteminde eşit aralıklı (5 m) ve bir hat boyunca çakılmış elektrotlar ile bunların bağlantısını sağlayan çoklu (birçok tel içeren) kablodan oluşan sistem kullanılmıştır. Elektrot sayısı çalışmanın amacına ve kapsamına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Çalışmada 48 elektrotlu METZ model alet kullanılarak bu işlem gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ayrıca yeraltı hız yapısı, zeminin dinamik elastik mühendislik özellikleri, deprem yönetmeliklerine esas sınıfları, hâkim titreşim periyotları, zemin büyütme ve zemin içerisindeki yanal ve düşey süreksizlikler P ve S dalga hız ölçümleri ile saptanmıştır. Ölçümler karşılıklı olarak iki atış yapılarak 4 m jeofon aralıklarında ve 95 m serim boylarında yapılmıştır. Offset uzaklığı ise 3 m olarak alınmıştır. Bütün bu işlemler Geometrics GEOD model sismograf kullanılmıştır. Arazide gerçekleştirilen mikrotremör ölçümleri ise üç bileşenli GURALP CMG-6TD model mikrotremör kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Arazide yapılan jeolojik jeoteknik ölçüm çalışmalarının konumları

Mikrotremör kayıtlarının çözümlemesinde, ağırlıklı olarak spektral çözümleme yöntemleri kullanılmıştır. Spektral çözümleme ile yer içinde ilerleyen bir dalganın

çözümlemesi yapılarak bileşenleri üzerinde bilgi almak mümkün olabilmektedir. Buna bağlı olarak, gelen dalganın yer içinde geçtiği ortamların etkisi belirlenebilmekte ve zemin koşulları hakkında bilgi edinilebilmektedir.

Mikrotremor verilerinin analizinde yaygın olarak üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; 1) Fourier genliklerinin ya da güç spektrumlarının yorumlanması, 2) referans noktasına göre spektral oran hesaplanması 3) Yatay bileşenin düşey bileşene spektral oranı yöntemleridir (Nakamura 1989) (Şekil 10). Bu üç yöntemin geçerliliğinde ise üç varsayım bulunmaktadır. Bunlar: i) “yer etkisi yarı sonsuz ortam üzerindeki tek tabakalı bir gevşek zemin tabakasından kaynaklanır” ii) “zeminin rezonans frekansı ve büyütme seviyesi gevşek zemin tabakası ve yarı sonsuz ortam arasındaki direşim farkından (impedancecontrast) kaynaklanır” ve iii) “tüm 2 ve 3 boyutlu yer etkileri ihmal edilir” varsayımlarıdır. Bahsedilen spektral analiz yöntemleri dışında ayrıca mikrotremorların çözümlemesini ve zemin sınıflamasını yapmak için Sıfır Kesme Yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde mikrotremorların içerdiği periyotlara ait periyot dağılım eğrileri oluşturularak belirlenen frekanslara göre zemin sınıflaması yapılmaktadır. Frekanstan yola çıkarak zemin hakim titreşim (baskın) periyot aşağıdaki formül ile belirlenmektedir.

$$T_o = 1 / F$$

Formülde F frekans ve T_o zemin hakim titreşim (baskın) periyot değeridir. Zemin hakim titreşim periyodundan da alt ve üst titreşim periyotlarını elde etmek için ise aşağıdaki formüllerden yararlanılmaktadır (Aytun, 2001).

$$T_a = 0,67 \times T_o$$

$$T_b = 1,50 \times T_o$$

Formülde T_a alt zemin hakim titreşim (baskın) periyot değeri ve T_b üst zemin hakim titreşim (baskın) periyot değeridir.

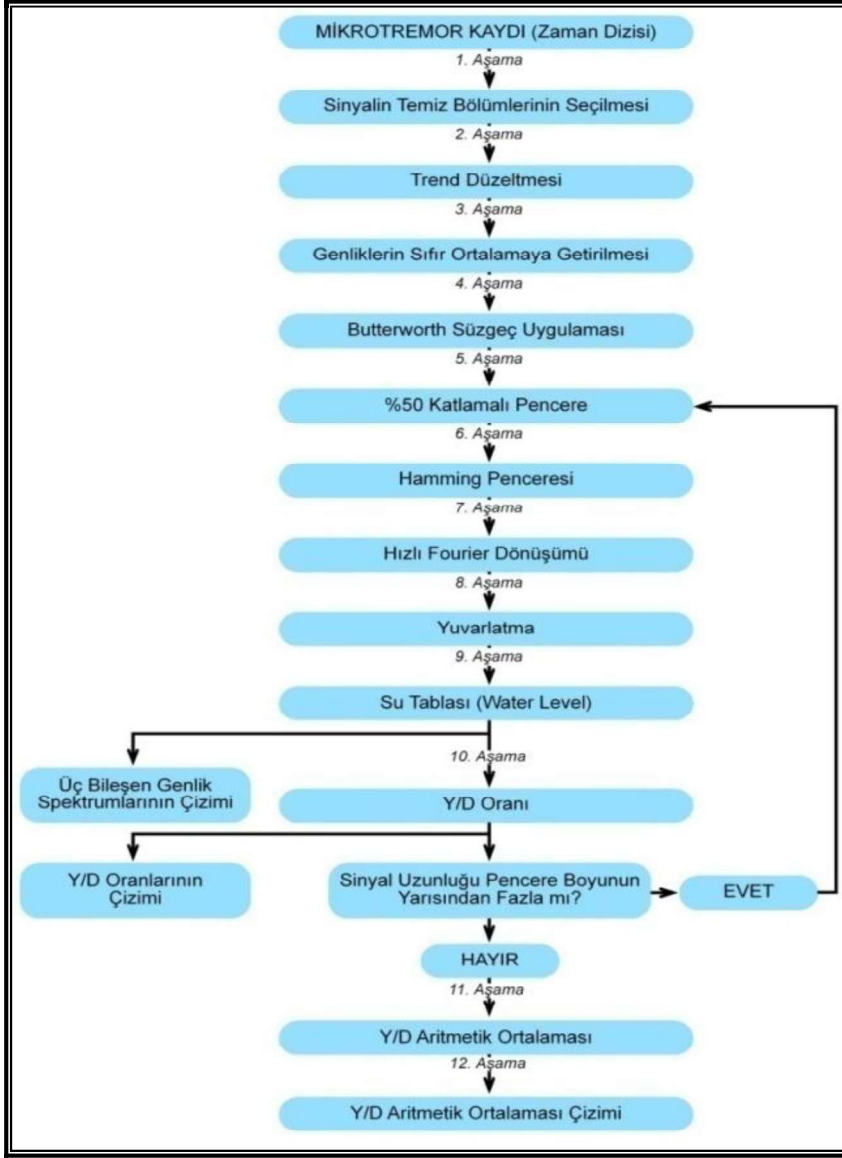
Zeminin dinamik ve elastik parametreleri (ki kayaçların ve zeminlerin deformasyonlarda birincil etkilidirler), Özçep (2007) tarafından hazırlanan Zemin Jeofizik Analiz © yazılımı ile belirlenmiştir. Bu parametreler yoğunluk (ρ), maksimum kayma modülü (G_{max}), poisson oranı (ν), dinamik elastisite modülü (E_d), bulk modülü (K)’dür. Ayrıca sismik hızlardan elde edilen sismik hız oranı (V_p/V_s) ve V_{s30} (m/sn) değerleri de hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanında açılan sondaj kuyularındaki kaya seviyelerden alınan karot örneklerden kaya birimlerin SCR ve RQD değeri Çizelge 1’deki gibi belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre inceleme alanın jeolojisini oluşturan andezitlerin derine inildikçe kaya kalitesinin arttığını ve düzensiz çatlak ve kırık sisteminin azaldığını göstermektedir.

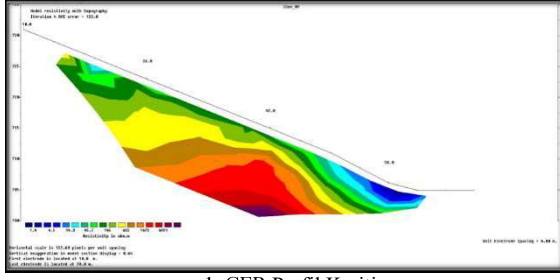
Çizelge 1. Karot numunelerin RQD ve SCR değerleri

SK NO	DERİNLİK (m)	SCR (%)	RQD (%)	LİTOLOJİ	FORMASYON
SK-1	4.00-10.00	5-30	0-15	Kırık ve çatlaklı yer yer ayrışmış ve kil dolgusu içeren andezit	Kça
SK-2	2.50-10.00	10-65	10-55	Kırık ve çatlaklı yer yer ayrışmış ve kil dolgusu içeren andezit	Kça
SK-3	2.50-10.00	10-60	10-55	Kırık ve çatlaklı yer yer ayrışmış ve kil dolgusu içeren andezit	Kça

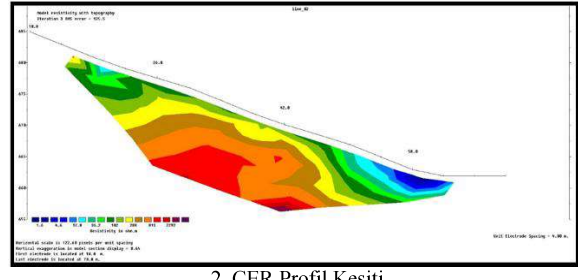


Şekil 10. Nakamura yöntemi ile değerlendirme ait veri çözümlemesi akış şeması

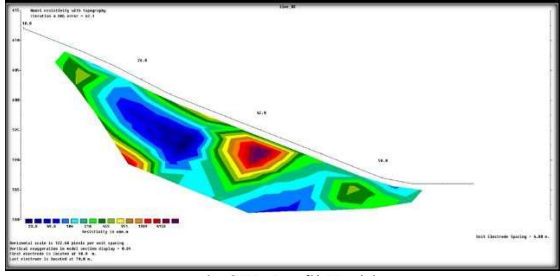
Çalışma alanında zemin sınıflarını belirlemek amacıyla yapılan çok elektrotlu elektrik özdirenç ölçümlerinin sonuçları kesit profil olarak verilmektedir (Şekil 11). Yapılan çoklu elektrotlu özdirenç ölçümü çalışmaları diğer jeoteknik çalışmalarla birlikte değerlendirilmiştir. Buna göre heyelanlı bölgenin 2 boyutlu bir modeli elde edilmiştir. Alanın topoğrafyası oldukça diktir. İlk seviyeler genel olarak bloklu çakıllı kumlu siltli killi (rezidüelzon) birimden oluşmaktadır. Bu tabakanın kalınlığı 5-6 m. arasında değişmektedir. İkinci tabakada andezitin etkileri söz konusudur. Üçüncü tabaka ise masif andezit olarak değerlendirilmiştir. Çalışılan alanda yapılan ÇER ölçümlerinde ilk 3-5 kalınlığında birimin özdirenç değerleri genel olarak <100 ohm.m olarak belirlenmiş olup birimin bu seviyelerde ayrıştığı ve yine andezitlerin daha derinlere doğru daha yüksek öz dirençli yani daha sağlam özellikte olduğu belirlenmiştir.



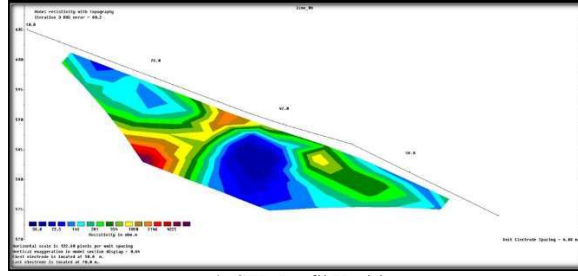
1. ÇER Profil Kesiti



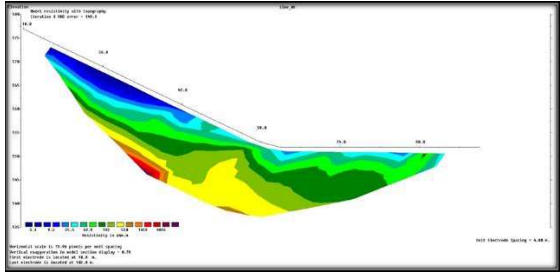
2. ÇER Profil Kesiti



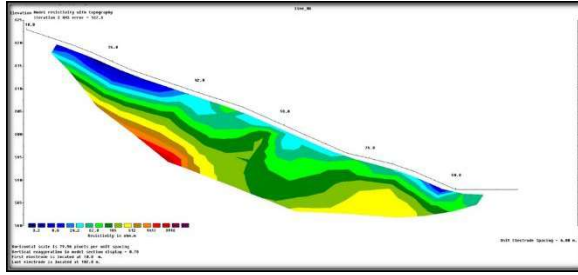
3. ÇER Profil Kesiti



4. ÇER Profil Kesiti



5. ÇER Profil Kesiti



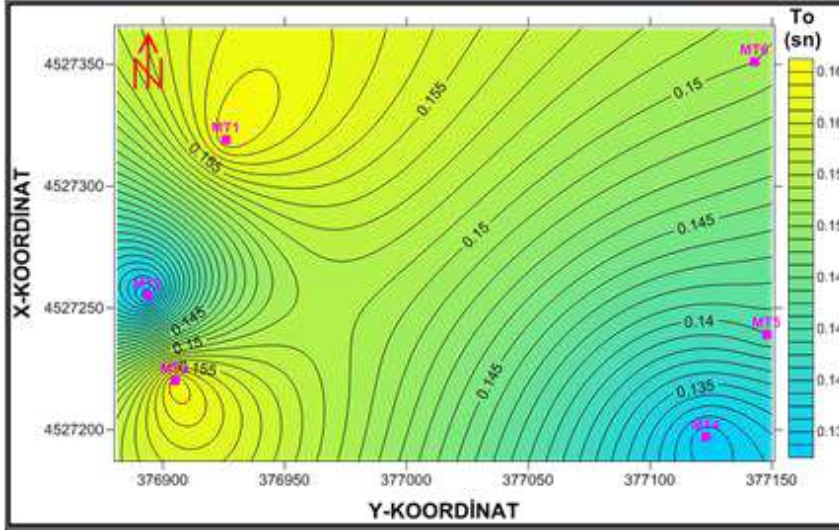
6. ÇER Profil Kesiti

Şekil 11. Uygulanan çok elektrotlu öz direnç ölçümleri sonuçları

Alanda yapılan mikrotremor ölçümlerinin sonuçları Çizelge 2’de verilmektedir. Yapılan ölçümlerde frekans değerleri 6.15-7.61 Hz, Periyot değerleri 0.13-0.16 sn, T_a değerleri 0.09-0.11, T_b değerleri ise 0.20-0.24 sn bulunmuştur. Ayrıca alanda yapılan bu ölçümlerden elde edilen zemin hakim titreşim periyot değerleri dağılım haritası Şekil 12’de gösterilmektedir.

Çizelge 2. Mikrotremor ölçümlerinden elde edilen parametreler

Ölçü No	Frekans (Hz)	Periyot (sn) T_o	T_a (sn)	T_b (sn)	BİRİM
MT1	6.15	0.16	0.11	0.24	Kça
MT2	7.61	0.13	0.09	0.20	Kça
MT3	6.32	0.16	0.11	0.24	Kça
MT4	7.49	0.13	0.09	0.20	Kça
MT5	7.18	0.14	0.09	0.21	Kça
MT6	6.47	0.15	0.10	0.23	Kça



Şekil 12. Zemin hakim titreşim periyot (T_0) değerleri dağılım haritası

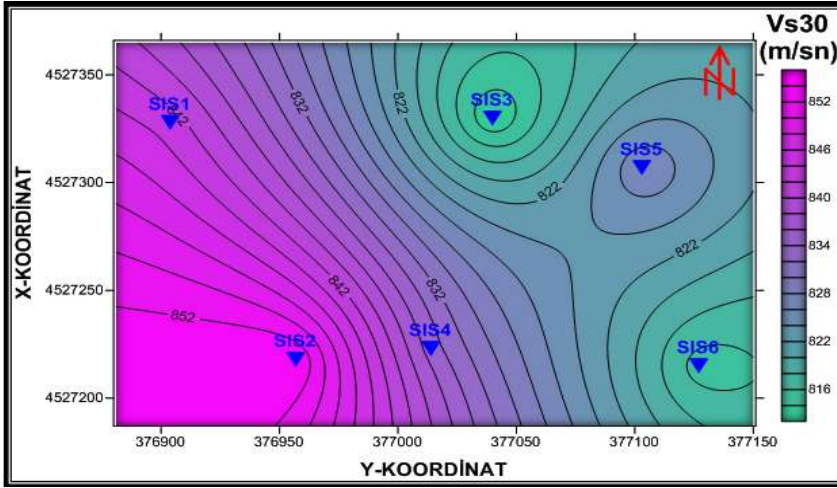
Çalışmaya ait Özçep (2007) tarafından hazırlanan Zemin Jeofizik Analiz © yazılımı ile hesaplanan sismik kırılma ölçümlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 3'te verilmektedir.

Çizelge 3. Çalışma alanının dinamik-elastik mühendislik parametreleri

SERİ M NO	Tabaka No	V_p (m/s)	V_s (m/s)	h (m)	ρ (gr/cm^3)	V_p/V_s	ν	G_{\max} (kg/cm^2)	E_d (kg/cm^2)	K (kg/cm^2)	T_0 (sn)	$V_{s(30)}$ (m/s)	Z_B
SIS1	1	403	300	5	1.39	1.34	0.12	1248	2193	588	0.20	843	1.2
	2	1896	1322	-	2.04	1.43	0.03	35696	73314	25828			
SIS2	1	402	296	5	1.39	1.36	0.09	1214	2205	621	0.20	854	1.2
	2	2006	1372	-	2.07	1.46	0.06	38993	82707	31366			
SIS3	1	427	326	6	1.41	1.31	0.20	1495	2396	572	0.21	812	1.2
	2	2051	1294	-	2.08	1.59	0.17	34878	81571	41119			
SIS4	1	475	365	6.5	1.45	1.30	0.22	1925	3000	693	0.21	835	1.2
	2	2183	1298	-	2.12	1.68	0.23	35646	87443	53297			
SIS5	1	455	354	6	1.43	1.29	0.27	1791	2627	571	0.21	828	1.2
	2	2119	1246	-	2.10	1.70	0.24	32604	80580	50824			
SIS6	1	528	380	6.5	1.48	1.39	0.04	2143	4125	1280	0.21	815	1.2
	2	1982	1193	-	2.07	1.66	0.22	29394	71481	41938			

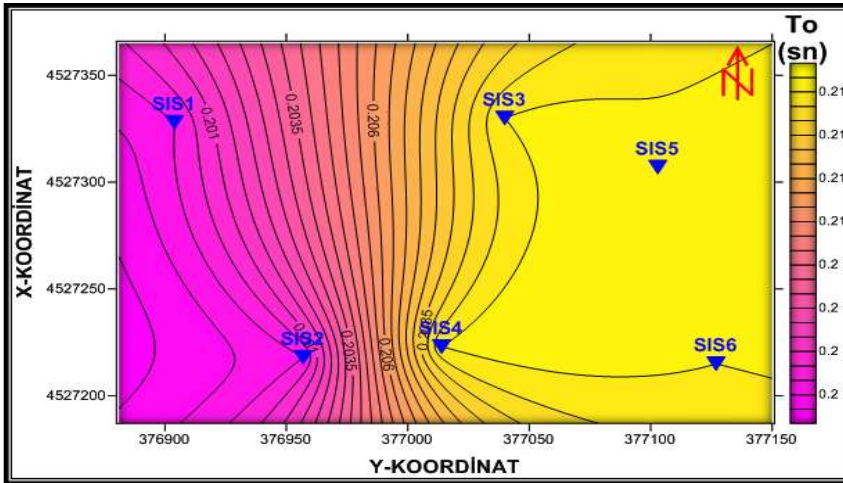
Alanda yapılan sismik kırılma çalışmalarına göre yoğunluk değerleri 1. Tabaka için $1.39-1.48 \text{ gr}/\text{cm}^3$ (Düşük/Orta) aralığında, 2. tabaka için $2.04-2.12 \text{ gr}/\text{cm}^3$ (Yüksek) aralığında değişmektedir. Bu değerler incelendiğinde, çalışma alanında yoğunluk değerleri derinlere doğru artmaktadır. Dolayısıyla 2. tabaka andezit olarak yorumlanırsa 1. tabaka da andezitin bozuşma zonu olarak değerlendirilebilir. V_p/V_s oranı ise Ercan (2001) tarafından yapılan sınıflama dikkate alındığında 1. tabaka için 1.29-1.40 aralığında olup zemin "Sağlam", 2. tabaka için 1.43-1.70 aralığında olup zemin "Sağlam- Katı" olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde Ercan (2001)'e göre de yapılan sismik çalışmalarında poisson oranı değerleri (ν); 1. tabaka için 0.02-0.27 aralığında olup zemin "Sağlam/katı/sıkı katı", 2. tabaka için 0.03-0.24 aralığında olup zemin "Sağlam/katı/sıkı katı" olarak değerlendirilmektedir. Çalışmada hesaplanan maksimum kayma modülü (G_{\max}) değerleri ise 1.tabaka için $1142 \text{ kg}/\text{cm}^2-2143 \text{ kg}/\text{cm}^2$ aralığında olup yer mukavemet sınıfı "Orta sağlam zeminler", 2.tabaka için $29394 \text{ kg}/\text{cm}^2-35696 \text{ kg}/\text{cm}^2$ aralığında olup yer mukavemet sınıfı "Çok sağlam zeminler" olarak Bowles (1988)'e göre değerlendirilmektedir. Çalışma alanında gerçekleştirilen sismik kırılma uygulaması ile hesaplanan dinamik elastisite modülü (E_d) değerleri; 1.tabaka için $2193 \text{ kg}/\text{cm}^2 - 4125 \text{ kg}/\text{cm}^2$ aralığında olup yer mukavemet sınıfı "Orta sağlam zeminler", 2.tabaka

için 71481 kg/cm^2 - 87443 kg/cm^2 aralığında olup yer mukavemet sınıfı “Çok sağlam zeminler” olarak Bowless (1988) göre değerlendirilmektedir. Yine çalışmada yoğunluk ve sismik hızlar yardımıyla hesaplanan bulk modülü (K) değerleri; 1.tabaka için 571 kg/cm^2 - 1280 kg/cm^2 aralığında olup sıkışma direnci “Az”, 2.tabaka için 25828 kg/cm^2 - 53297 kg/cm^2 aralığında olup sıkışma direnci “Orta/Yüksek” olarak ASTM (1978)’e göre değerlendirilmektedir. Ayrıca yapılan sismik çalışmalar sonucunda elde edilen Vs30 değerleri Çatak formasyonunda (Kç) 655 - 1169 m/sn aralığındadır. Çalışma alanında Midorikawa (1987)’ye göre zemin büyütme değerleri 1.2 çıkmış olup tehlike düzeyi “A (Düşük)” sınıfta yer almaktadır. Vs30 değerlerinin dağılımları Şekil 13’de gösterilmektedir.



Şekil 13. Vs30 hız değerleri dağılım haritası

Çalışmada zemin hakim titreşim periyodu (T_0) değerleri 0.20 - 0.22 aralığında elde edilmiştir. Belirlenen T_0 değerlerinin dağılımları ayrıca Şekil 13’de gösterilmektedir.



Şekil 13. T_0 değerleri dağılım haritası

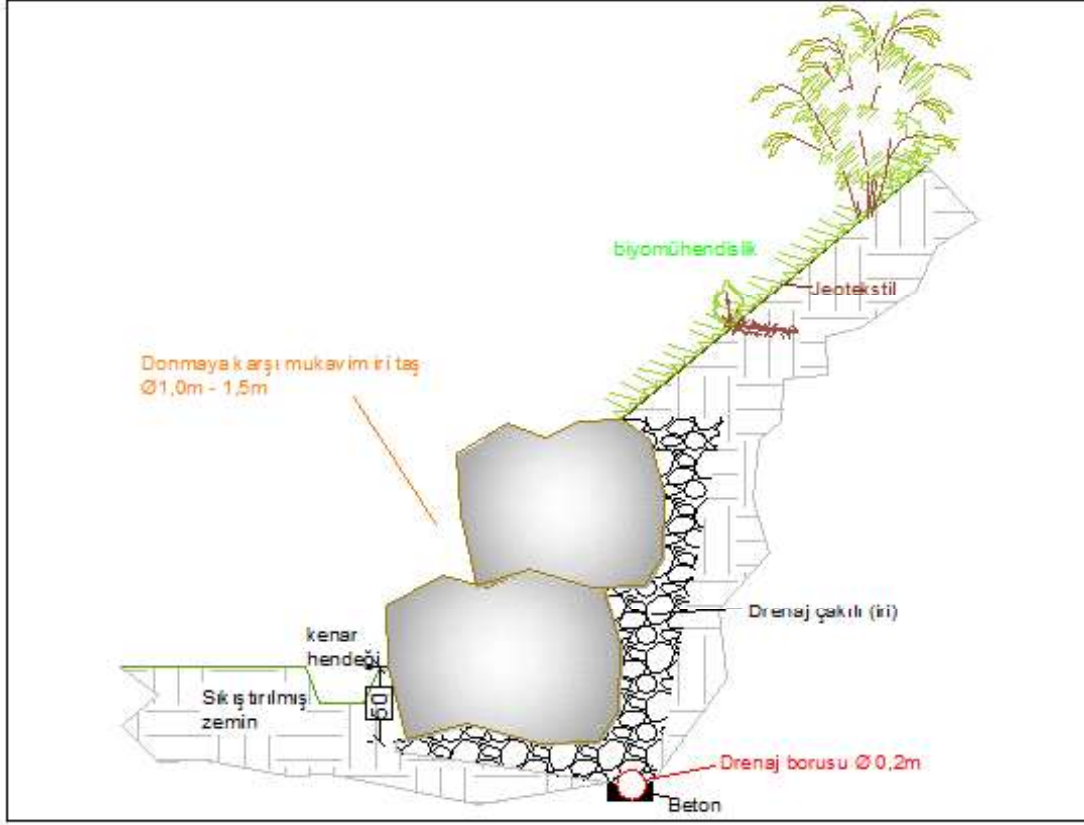
Alınabilecek Teknik Önlemler ve Öneriler

Heyelan alanı yüksek eğimlere sahiptir ve ayrıca yol üzerinde de önlem yapılarının inşası için çok sınırlı bir alan söz konusudur. Bundan dolayı örneğin açılı bir istinat duvarının inşası düşünüldüğünde bunun için gerekli temelin kazılması ve drenajın sağlanması için yolun genişletilmesi gerekecektir. Bu da yolun tam olarak yeniden inşasını gerektirmektedir. Aksi takdirde teknik önlemlerin inşası mümkün olmayacaktır. Ancak bu konu heyelan rehabilitasyon kapsamında değildir. Alanda sadece heyelan problemi olmadığı, bunun yanı sıra kaya düşmesi problemi varlığı da gözlenmektedir. Akışkan haldeki sudan kaynaklı yüzey

matrisindeki parçalanmalar heyelanın ana kütledeki büyük kaya ve blokların düşmesine sebep olmaktadır. Ancak büyük kayaların hacimleri, konumları ve adetleri hakkında herhangi bir jeoteknik ölçüm yapılmamıştır. Sadece heyelan hareketi sırasında parçalandığı, genellikle yolun alt kısmında biriktiği ve bazılarının heyelanın altındaki evin duvarına çarparak 1.5-2 m büyüklüğünde delik oluşturduğu bilinmektedir. Yine heyelanın hareketine ilişkin herhangi bir teknik ölçüm yapılmamıştır. Eğer bir hareket söz konusu ise önerilen önlemin hasar görmesi veya yıkılması söz konusu olabilecektir. Ayrıca alanın bulunduğu bölgenin iklim koşulları gereği yağış miktarının yüksek olması ve yılın genelinde yağışın görülmesi rehabilitasyon çalışmalarını doğrudan etkilemektedir. Bütün bu bahsedilen durumlar dikkate alınarak alanda alınabilecek uygun önlemler Şekil 14’te genel olarak gösterilmiştir. Çalışma alanında heyelan ayağının stabilizasyonu için iki sıra şeklinde ağır kaya tahkimatı önerilmektedir (Şekil 15). Çünkü alanın topografik yapısından dolayı sınırlı çalışma alanı kalmakta ve istinat duvarı inşası uygun bir çözüm olamamaktadır. Kaya tahkimatında dolgu temelinde bir drenaj sistemi sabit şekilde yerleştirilmesi gerektiği sonucuna varılmış ve projelendirilmiştir. Ayrıca alanda yol platformunun düzgün bir drenaj sistemine sahip olmamasından dolayı ise düzenli su akışı sağlayan drenaj hendekleri inşası gerekmektedir. Yamaç stabilizasyonu için ise ağaçlandırma/bitkilendirme kombinasyonlu sistematik ankraj ve yük taşıyıcı ağlar önerilmektedir. Bu koruma önlemi yüksek performanslı çelik örgülü ağ ve tekil bar ankraj ve çivili tabaka kombinasyonundan oluşmaktadır. Artık kayaları içeren (ki maksimum blok hacmi 2m³) yamaç yüzeyini stabilize etmek için yüksek performanslı çelik örgü ağı önerilmektedir. Uzun süreli yüzey erozyonunun önlenmesi ve vejetasyonun hızlı şekilde tesis edilmesi için jeotekstil çelik ağ altına yerleştirilmelidir. Çelik ağın tamamlanmasından sonra ince bir tabaka organik gübre uygulanabilir. Daha sonra alana özgü tohumlar homojen olarak ekilmelidir. Ağaçlandırma amaçları içinse alanda ilave kazılar yapılabilir.



Şekil 14. Heyelan rehabilitasyonu için önerilen önlemlerin harita gösterimi



Şekil 15. Heyelan ayağının stabilizasyonu için önerilen iki sıra kaya tahkimatı

Sonuç ve Değerlendirme

Heyelanların zararlarının minimize edilmesi ya da ortadan kaldırılması, heyelan alanlarının rehabilitasyonu, yamaç ıslahı çalışmaları ülkemizde ilgili kurum ve kuruluşlarca önem kazanmakta ve projeler yapılmaktadır. Bu çalışmada Ordu ili Çamaş ilçesi Domuşu mahallesinde 2013 yılında meydana gelen heyelan olayı, yapılan arazi çalışmalarıyla incelenmiş ve alınabilecek önlemler tartışılmıştır. Domuşu mahallesinde meydana gelen heyelan yolun üst tarafından kopmuş ve alt kısmında bulunan yerleşim alanı üzerinde tehdit oluşturmuştur. Hatta heyelan, meydana geldiği yamacın altında bulunan bir evde hasara sebebiyet vermiştir. Yapılan incelemeler ile heyelanın halen aktif olması, heyelan materyalinin büyük parçalı kayalardan oluşması, bu kayaların yuvarlanarak ayrıca tehdit ortaya çıkarması ve alandaki yol üzerindeki trafik güvenliğini tehlikeye sokması yüzünden acilen önlem alınması gerektiği belirlenmiştir. Heyelan alanında bu kapsamda yapılan arazi incelemeleri ve jeolojik-jeoteknik ölçümlere dayanarak alınabilecek koruyucu teknik ve kültürel önlemler değerlendirilmiştir. Heyelan alanının zor topografik yapısı ve buna bağlı olarak teknik önlemlerin inşası için sınırlı alanın olması önerilecek önlemlerin tasarım ve inşasını önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca alandaki en önemli kısıt olarak değerlendirilmektedir. Çalışma alanının mevcut fiziki koşulları ile yapılan inceleme ve analizler doğrultusunda öncelikli olarak heyelan ayağının stabilizasyonu için iki sıra şeklinde ağır kaya tahkimatı önerilmiştir. Yamaç stabilizasyonu için de ağaçlandırma/bitkilendirme kombinasyonlu sistematik ankraj ve yük taşıyıcı ağlar önerilmiştir. Koruyucu teknik önlemlerin yanı sıra kültürel önlemlerde değerlendirilmiştir. Böylece alınacak önlemlerin tek bir fonksiyona sahip olmasından ziyade erozyon önleme, drenajı düzenleme gibi farklı fonksiyonlara da sahip olmasına özen gösterilmeye çalışılmıştır.

Kaynaklar

- Atalay F İ, Bekaroğlu N 1973. Heyelanlar ve Mühendislik Uygulaması. Karayolları Genel Müdürlüğü yayını, Ankara.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) 1978. Annual Book of ASTM Standards, p. 380.
- Aytun A 2001. Olası deprem hasarını en aza indirmek amacıyla yapıların “doğal” salınım periyodlarının yerin “baskın” periyodundan uzak kılınması, Uşak İli ve Dolay (Frigya) Depremleri Jeofizik Toplantısı, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara.
- Bowles J E 1988. Foundation Analysis and Design, Civil Engineering Series, 4th Edition, Singapore.
- Clark J E, Howell JH. Development of bioengineering strategies in rural mountain areas. Erosion, Debris Flows and Environment in Mountain Regions (Proceedings of the Chengdu Symposium, July 1992) Pp. 387-396.
- Coch K C 1995. Geohazards: Natural and Human, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Crozier M J 1984. Field Assessment of Slope Instability in D Brunson and D Prior (eds), Slope Instability, New York, John Wiley and Sons.
- Cruden D M 1991. A simple definition of a landslide, *Bulletin of the international association of engineering geology*, 43.
- Çınar S, Yazıcı EN 1987. Doksanbir T., Boğuşlu M., Genç İ., Yağcı A., Yıldırım K. Ordu-Ulubey-Perşembe-Fatsa yörelerinin jeolojisi ile maden zuhurlarına ilişkin rapor. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No:8452, Ankara (yayımlanmamış).
- Ercan A 2001. Yer Araştırma Yöntemleri; Bilgiler Kuralları TMMOB Jeofizik Müh. Odası Yayını, 339 sayfa.
- Güven İ H 1993. Perşembe-F39, Giresun-G39 paftalarının 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Arşiv No: 42896/5, Ankara.
- Lu P 2014. Using multiple vegetation layers to reduce the risk of rainfall-induced landslides and facilitate post-landslide slope rehabilitation. *International Journal of Agricultural Sciences*, 2(2), 13-17.
- Nakamura Y 1989. A Method for Dynamic Characteristic Estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, *QR of RTRI*, (30), 25-33.
- Msilimba GGAC 2007. A comparative study of landslides and geohazard mitigation in northern and central Malawi. Doctor of Philosophy, Faculty of Agricultural and Natural Sciences, Department of Geography, University of the Free State.
- Mevlida O, Jelena G, Amra C 2014. Examples of landslides in the federation of Bosnia and Herzegovina with the analysis of the causes of their activation. *Archives for Technical Sciences*, 11(1), 25-32.
- Midorikawa S 1987. “Prediction of Isoseismal Map in Kanto Plain due to Hypothetical Earthquake” *Journal of Structural Dynamics*, (33B) pp:43-48.
- Polster D F 1997. Restoration of landslides and unstable slopes: Considerations for bioengineering in interior locations. Proceedings of the 21st Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium in Cranbrook, BC, Pp 153-166.
- Özçep F 2005. Statik ve Dinamik (Deprem) Etkiler Altında Zemin Davranışı ve Mühendislik Uygulamaları, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Meslek içi Eğitim ve Belgelendirme Kurs Notları, No: 3, 237 Sayfa, ISBN No: 975-395-974-5, Ankara.
- Sharpe CFS 1938. Landslides and related phenomena. New York.
- Song Y, Hong W, Woo K 2012. Behaviour and analysis of stabilizing piles installed in a cut slope during heavy rainfall. *Engineering Geology* 129–130, 56–67.
- Varnes DJ 1978. Slope movements: type and processes, In landslides and engineering practice (Ed R.L. Schuster and R.J. Krizek) *Transportation research board, national academy of sciences, special report* pp12-33.

Yılmaz A, Tandođan E, Adamia S, Lazarashvili T 1997. Geoscientific studies of the area along Turkish-Georgian border. Maden Tetkik ve Arama Genel M¼d¼rl¼đ¼ Jeoloji Et¼t¼leri Dairesi Rapor No:521, Ankara.

Zoruba Q, Mencil V 1969. Landslides and their Control, Developments in Geotechnical Engineering, Czechoslovakia Academy of Sciences, Prague 2.