



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Düzce İli Karaçörtlen Köyü Yolu Hattı Heyelan Riskinin Jeofizik Yöntemlerle Araştırılması

Ali ATEŞ*

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

** Sorumlu yazarın e-posta adresi: aliates@duzce.edu.tr / aliates2000@yahoo.com*

ÖZET

Düzce İli, Çilimli ilçesi, Karaçörtlen Köyü Yolu üzeri 5-5,5km'sinde A1(40° 54.756'K enlemi ve 31°1.066'E boylamı) ile A2(40° 54.660'K-31° 1.052'E) noktaları arasında kalan 180 metrelik yol hattı boyunca kayma yüzeyi derinliği, yer altı suyunu kalınlığı ve sağlam zeminin tespit edilebilmesi ve jeofizik-geoteknik parametrelerin belirlenmesi için arazide toplamda 6 adet Düşey Elektrik Sondaj Yöntemi(DES) ve 3 adet Sismik Kırılma Yöntemi ve 3 adet Masw yöntemi uygulanmıştır. Veriler 3 adet istasyondan toplanmış ve değerlendirilmiştir. DES verilerine göre; üstte öz direnci 60-256 Ωm arasında değişen örtü tabakasının varlığı, onun altında öz direnci 112-1695 Ωm arasında değer alan çakıllı kum tabakası ve en altta ise 43,5-227 Ωm arasında değişen kumlu çakıllı birimin olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Heyelan, Geoteknik, Jeofizik*

Investigation of Landslide Risk of Karaçörtlen Village Road Border in Düzce

ABSTRACT

In this study, six Vertical Electrical Drilling and three seismic refraction and three Masw of geophysical methods were applied to determine the geotechnical and geophysical parameters and to establish the depth of landslide, the thickness of groundwater and solid soils along the road of 180 meters between the points A1(40° 54.756'N latitude and 31°1.066'E longitude), A2(40° 54.660'N-31° 1.052'E) on the Karaçörtlen village road of 5,5 Km in Çilimli district (Düzce). The data were collected from three stations and evaluated. According to the data of vertical electrical drilling, it was understood that there is top cover above the surface having the core resistance values changes between 60-256 Ωm and there is gravelly sand layer below the top cover having the core resistance values changes between 112 and 1695 Ωm and in the lowest layer, there are sandy gravelly units having the core resistance values changes between 43.5-227 Ωm, respectively.

Keywords: *Landslide, Geotechnic, Geophysics*

I. GİRİŞ

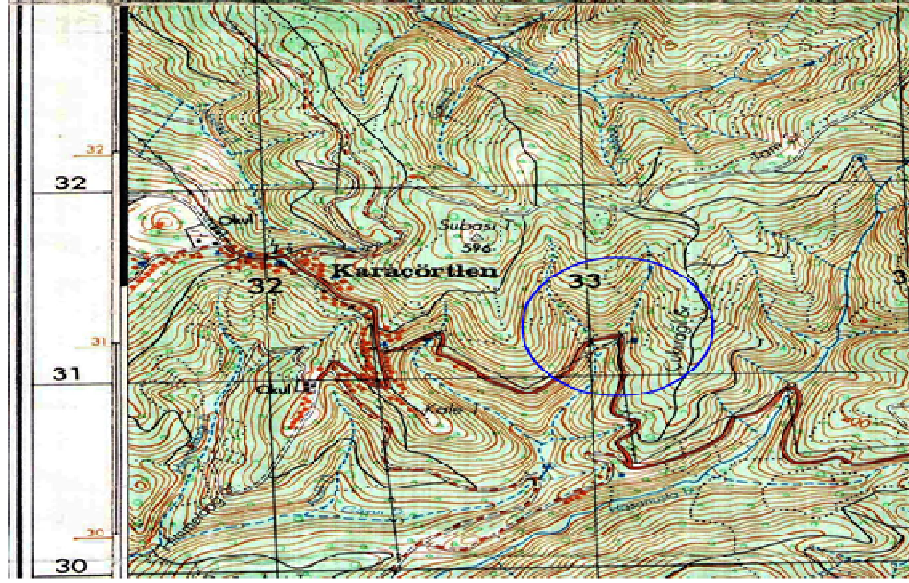
Günümüzde heyelanlar ve heyelanları önleme çalışmalarının jeofizik metotlarla araştırılması hem ekonomik ve hem de kolay olması nedeniyle önem arz etmektedir. Bu nedenle, yer kaymalarının sedimanter havzalarda jeofizik yöntemlerle araştırılmasının yanında hidrolik özelliklerin iyi bir şekilde bilinmesini gerektirir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar jeofizik metotların yer kaymaları ve su araştırmalarında diğer metotlardan çok daha güvenilir olduğunu göstermiştir [1, 2].

Heyelan çalışmalarında en önemli ve yaygın kullanılan 2 faktörden biri topografik şartlar, diğeri ise yeraltı efektif su seviyesindeki artışlardır. Bu bağlamda su ve heyelan araştırmalarında jeofizik yöntemlerinin versiyonları olarak; rezistivite, sismik, manyetik, uzaktan algılama, elektromanyetik jeofizik yöntemleri kullanılmaktadır. Bunların içinde en etkilisi Düşey Elektrik Sondajı (DES) ile yapılan rezistivite metodudur [3-5].

Bu çalışmada, Düzce İli, Çilimli ilçesi, Karaçörtlen Köyü Yolu üzeri 5-5,5km'sinde A1(40°54.756'K enlemi ve 31°1.066'E boylamı) ile A2(40°54.660'K-31°1.052'E) noktaları arasında kalan 180 metrelik yol hattı boyunca toprak kaymalarının, kayma yüzeyi derinliğinin belirlenmesi, yer altı suyunu taşıyabilecek zeminin tabaka kalınlığı ve Mühendislik yapılarına temel teşkil edecek sağlam zeminin tespit edilebilmesi ve jeofizik-geoteknik parametrelerin belirlenmesi amacıyla ilgili standartlara göre jeofizik yöntemlerden arazide toplamda 6 adet Düşey Elektrik Sondaj Yöntemi (Des) ve 3 adet Sismik Kırılma Yöntemi ve 3 adet Masw yöntemi uygulanmıştır [6,7,8]. Bu çalışma, Karaçörtlen Köy yolu güzergahının yeraltı jeolojisinin, yer altı tabakalarının kalınlık ve özdirenç değerlerinin ortaya çıkarılması, hidrojeolojik özelliklerinin araştırılması ve olası yeraltı suyu bulunduran hazne kayaların incelenmesi, çalışma alanında su değişiminin ve seviyesinin yükseldiği yerlerinin tespit edilmesi, tabaka zonlarının nitelendirilmesi, jeo-elektrik parametrelerin hesaplanması ve ana kaya, formasyon profilinin çıkartılması amacıyla yapılmıştır.

II. ÇALIŞMA ALANININ COĞRAFİ KONUMU VE MORFOLOJİSİ

Çalışma alanı Batı Karadeniz bölgesinde İstanbul ile Ankara illerinin arasında kalmaktadır. İklim olarak Karadeniz iklimi hakimdir. Türkiye'nin en zengin bitki örtüsüne sahip yörelerinden olan bölgenin hem kuzey hem de güney mevkii sık ormanlarla kaplıdır. Morfolojik açıdan bölgenin güney ve kuzeyindeki yükseltiler arasında göllerinde içinde bulunduğu basenler boyunca yaklaşık Doğu-Batı uzanımlı topografik olarak düşük eğimlere sahip düzlükler yer almaktadır. Bölgede Adapazarı-Bolu arasında düşük eğime (0-10) sahip alanlar afet bölgesinin % 20'sini oluşturmaktadır. Çalışma alanında eğim en fazla %30-45'tir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının 1/25000 eğim haritası (G26a1 paftası) [9]

A. ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLJİSİ

Düzce ili ve yakın çevresindeki en yaşlı birim Prekambriyen yaşlı (Pey) birim olup Çalışma alanının güney-batısında yer alan Efteni Gölünün güney-doğusundaki Kuvaterner yaşlı tortul birimler ile dokanak halindeki Düzce Fayının güney kısmında mostra verirler. Ayrıca Düzce ilinin kuzey-batısında yer alan Çilimli fayının kuzey ve kuzeybatısında da bu birime ait mostralara rastlanmaktadır. Genel anlamda fazlaca altere olmuş ve yer yer şistosite gösteren granit, granodiyorit karakteristiğindedir. Bu birim bazı kaynaklarda Yedigöller Formasyonu adı ile de anılmaktadır [9,10].

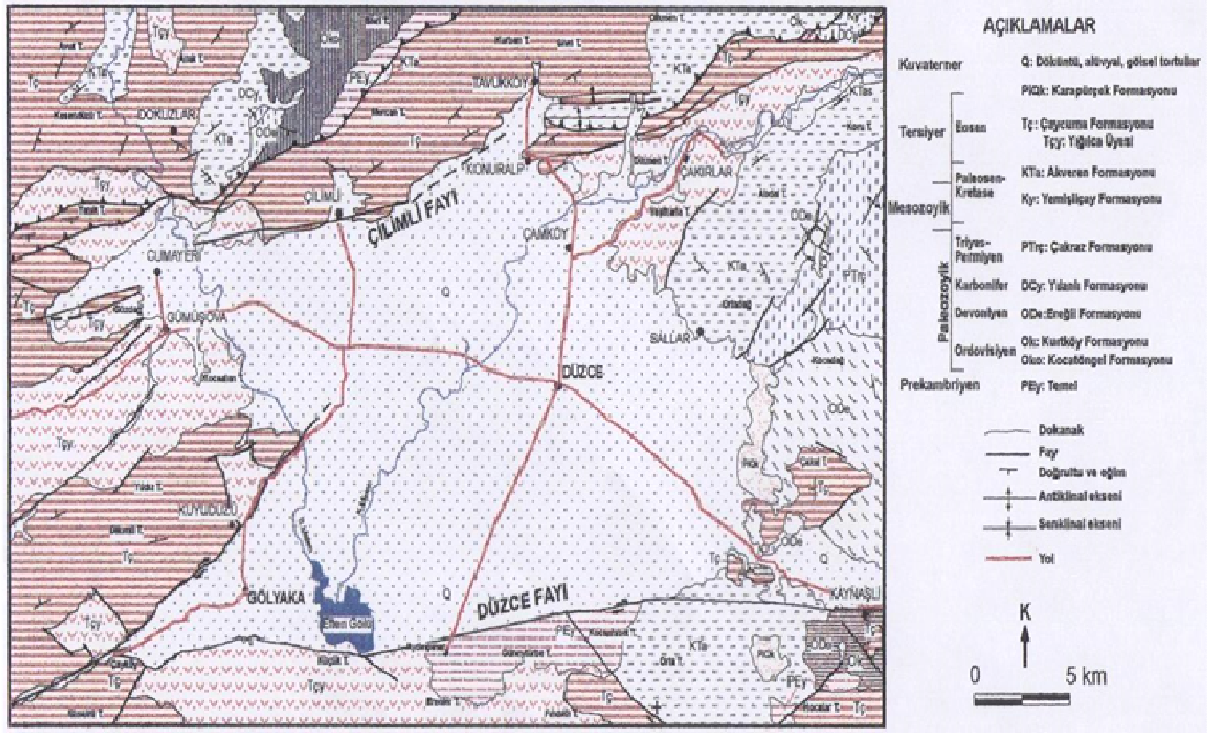
Paleozoyik; Kocatöngel Formasyonu (Ok); kumtaşı ara seviyeli silisli çamurtaşından oluşan formasyon Erken Ordovisiyen yaşlıdır. Düzce'nin Kuzeyinde Karacaören-Gürcühüseyinağa köyleri arasında Bolu Masifi temel kayaları üzerine uyumsuz olarak gelir. Kurtköy Formasyonu (Ok); çamurtaşı, silttaşı, çakıltaşı ara seviyeli kumtaşlarından oluşan formasyon Erken Ordovisiyen yaşlıdır. Düzce'nin güneydoğusunda Kaynaşlı civarında yüzeyleir. Ereğli Formasyonu (Ode); kireçtaşı ara seviyeli Şeyl-Kumtaşından oluşan formasyon Ordovisiyen-Alt Devoniyen yaşlıdır. Kaynaşlı'nın kuzeyinde yüzeyleir. Yılanlı Formasyonu (DCy); dolomitik kireçtaşı ve dolomitten oluşan formasyon Genç Devoniyen-Erken Karbonifer yaşlıdır. Çilimli'nin kuzeybatısında Dokuzlar köyü civarında çok sınırlı bir alanda gözlenir. Mesozoyik; Çakraz formasyonu (Ptkç); çakıltaşı, Kumtaşı, Çamurtaşından oluşan formasyon Permilen-Triyas yaşlıdır. Düzce'nin doğusunda Ereğli formasyonu ile dokanakta görülür.

Yemişliçay Formasyonu (Ky); volkanik Kumtaşı, Kiltası, Aglomera, Andezitik-Bazaltik lav, Tüfit ve Mikritik Kireçtaşından oluşan formasyon Kretase-Paleosen yaşlıdır. Düzce'nin kuzeydoğusunda Yılanlı formasyonu ile birlikte sınırlı yayımlı olarak bulunur. Akveren formasyonu (Kta); kiltası, silttaşı ara seviyeli killi kireçtaşı-Marn ve Resifal Kireçtaşından oluşan formasyon Geç Kretase-Paleosen yaşlıdır. Kaynaşlı'nın kuzeyinde Çapakbey ile Kaynaşlı arasında, kuzeydoğuda Yukarıbayır, Sallar ve Nalbantoğlu köyleri civarında, Ketenciler-Kurtköy arasında ve kuzeybatıda Domuzgözü tepe yöresinde yüzeyleir [9,10].

Senozoyik; Çaycuma Formasyonu (Tç) ve Yığılca Üyesi (Tçy); kumtaşı-konglomera-marn-Tüfit (volkanik kumtaşı) ten oluşan Çaycuma formasyonu Erken-Orta Eosen yaştaadır. Düzce'nin kuzeyi ve batısında iyi gözlenir. İçindeki geniş yayımlımlı volkanitler Yığılca Üyesi olarak ayrılır. Yığılca Üyesi başlıca Volkanik Kumtaşı, Tüf/Tüfit, Andezit-Bazaltik lavlar veya volkanik breşlerden oluşur. Erken-Orta Eosen yaştaadır. Düzce'nin güneyi, batısı ve kuzeydoğusunda gözlenir. Karapürçek Formasyonu (PIQk); zayıf tutturulmuş çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşından oluşan formasyon Erken Kuaterner yaştaadır. Düzce'nin doğusunda temel kayaların önünde etek düzlükleri teşkil edecek şekilde bulunur.

Genç Çökeller (Q); Düzce havzasını dolduran tüm kırıntılı çökellerin (Geç Pleyistosen-Holosen), depolama yerine bakmaksızın çakıl-kum-silt ve killerden oluştuğu görülür. Havza kenarlarında çok az miktardaki döküntü veya yamaç molozunun dışında alüvyal ve gösel alanlarda depolanmış oldukları dikkat çeker. Düzce havzasındaki tortul kalınlığı hakkındaki bilgiler sınırlı sayıda sondaja esas itibariyle jeofizik verilere dayanır ve yaklaşık 260 m civarındadır [9,10].

Şekil 2 ve Şekil 3'de Düzce havzası jeoloji haritası ve genelleştirilmiş dikme kesiti verilmiştir.



Şekil 2. Düzce Havzasının Jeolojik Haritası [9,10]

| Üst sistem | Sistem | Seri | Formasyon | Kalınlık (m) | KAYA TÜRÜ | AÇIKLAMALAR |
|-------------------------|--------|------|-----------|--------------|-----------|---|
| KUVATERNER | | | | | | |
| TERSİYER | | | | | | |
| Pliosen | | | | | | |
| Karapörçek | | | | | | |
| EOSEN | | | | | | |
| Alt-Orta Eosen | | | | | | |
| Çaycuma | | | | | | |
| Yığılca | | | | | | |
| MESOZOYİK | | | | | | |
| KRETASE-PALEOSEN | | | | | | |
| Akveren | | | | | | |
| Yemişliçay | | | | | | |
| PALEOZ OYIK | | | | | | |
| DEVONİEN | | | | | | |
| A. Dev. - A. Ort. Dev. | | | | | | |
| Ereğli | | | | | | |
| ORDOVİSİYEN | | | | | | |
| Kurtköy | | | | | | |
| Kocatöngel | | | | | | |
| PREKAMBİYEN | | | | | | |
| TEMEL | | | | | | |
| | | | | | Q | Döküntü, alüvyal, gösel tortular |
| | | | | | PIQk | Zayıf tutturulmuş, çakıtaşı, kumtaşı, çamurtaşı |
| | | | | | Tç | Marn, çamurtaşı ara seviyeli kumtaşı |
| | | | | | Tçy | Marn ara seviyeli volkanik kumtaşı, aglomera, tuf ve lav |
| | | | | | KTa | Kilitaşı, silttaşı ara seviyeli killi kireçtaşı-marn ve resifal kireçtaşı |
| | | | | | Ky | Volkanik kumtaşı, kilitaşı, aglomera, andezitik-bazaltik lav, tüfit ve mikritik kireçtaşı |
| | | | | | PTrç | Çakıtaşı, kumtaşı, çamurtaşı |
| | | | | | DCy | Dolomitik kireçtaşı, dolomit |
| | | | | | ODE | Kireçtaşı ara seviyeli şeyl-kumtaşı |
| | | | | | Ok | Çamurtaşı, silttaşı, çakıtaşı ara seviyeli kumtaşı |
| | | | | | Oko | Kumtaşı ara seviyeli silisli çamurtaşı |
| | | | | | PEy | Granit, amfibolit, migmatit, mermer ve şist |

Şekil 3. Düzce Havzasının Genelleştirilmiş Dikme Kesiti [9]

B. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ ve HİDROJEOLJİSİ

Kocatöngel Formasyonu (Oko): Kumtaşı ara seviyeli silisli çamurtaşından oluşan formasyon Erken Ordovisiyen yaşlıdır. Düzce'nin Kuzeyinde Karacaören-Gürçühüseyinağa köyleri arasında Bolu Masifi temel kayaları üzerine uyumsuz olarak gelir. İnceleme alanında tabaka eğimi %15-25 derece aralığında, arazi eğimi ise %40-50 derece aralığında değişmektedir. Şekil 4'te görüldüğü gibi yol hattında heyelanların olduğu bölgelerde eğim yer yer %50-75 aralığında değişmektedir.



Şekil 4. Çalışma Alanı Jeolojisi

III. MATERYAL VE YÖNTEM

A. MATERYAL

A1. Düşey Elektrik Sondaj Yönteminin Ölçeksiz Arazi Aplikasyonu

Bu çalışmada yol hattı boyunca ilgili standartlara göre toplamda 6 adet Düşey Elektrik Sondaj Yöntemi (Des) uygulanmıştır [6,7,8]. Des1 noktasında yapılan düşey elektrik sondaj çalışması ile 1 adet 70m açılım yapılmıştır. Bu açılım ile düşey yönde 70 m zemin profili irdelenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Uydu görüntüsü üzerinde arazi çalışmalarının aplikasyonu (toprak kayması ile ilgili uydu görüntüsünde sarı çizgiyle sınırları tahmini belirlenen alanın yoldaki sınırlarına göre belirlenmiştir)

B. YÖNTEM

Yapılan etüde doğru akımla çalışan DSİ jeofizik laboratuvarı yapımı Derin açılımlı 203A Rezistivite aleti kullanılmıştır. Alıcı ve verici üniteleri ayrı ayrıdır. Verici ünitesi gerekli beslenme 12voltluk aküden almaktadır. Vericinin çıkış akımı 0-500 mA olup çıkış gücü 100 W'tır. Alıcı ünitesi 2 potansiyel elektrodu arasındaki potansiyel farkı ölçer. Alıcı 3x9 voltluk pillerle beslenmektedir. 9 voltluk pillerden biri göstergiyi, diğer ikisi ise sistemi beslemektedir. Alıcının çalışma frekansı 0,5 Hz'dir. Elektrikli sondaj ölçümleri Schulumberger diziliminde $AB/2=40-250$ metre derinliğe nüfuz edecek şekilde düzenlenmiştir. Schulumberger diziliminde akım elektrotları ile potansiyel elektrotları arasındaki uzaklık MN/AB diğer elektrot dizilimlerine göre çok küçük olduğundan yanal süreksizlikler karşı duyarlılığı az olan ve derin etüt çalışmalarında kullanılan bir elektrot sistemidir. Bu sistem orta noktaya göre simetriktir. Akım $AB/2$ kadar iner. Bu çalışmada $AB/2=40-250$ metre olarak düzenlenmiştir.

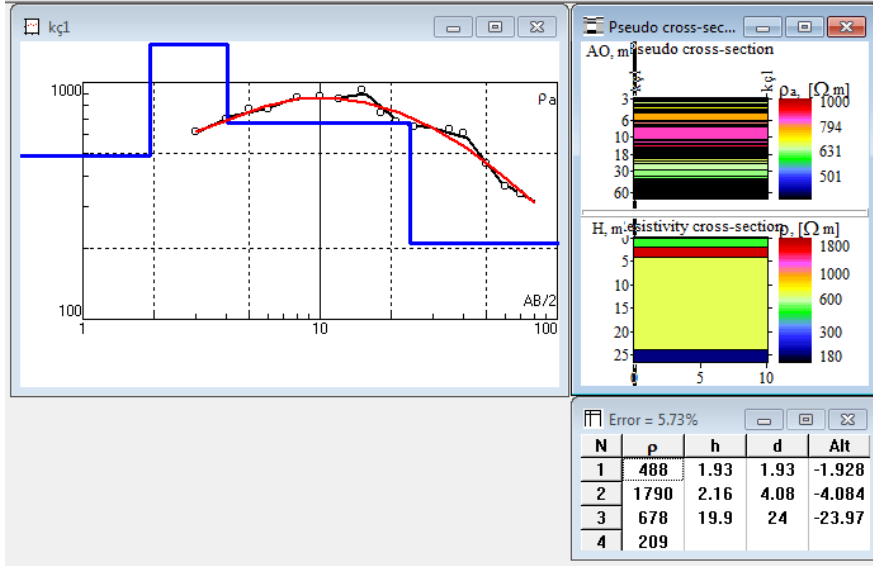
IV. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. ARAZİ JEOFİZİK ÖLÇÜMLERİN KAYDEDİLMESİ

Bu çalışmada Karaçörtlen Köyü yolu heyelan kayma araştırmaları için arazide yapılan jeofizik çalışma sonuçları olarak 6 adet DES ölçümü yapılmıştır, ancak örnek olması açısından Des1 noktasının ölçü karnesi, arazi eğrisi, ölçülen tabaka kalınlıkları ve ohmaj değerleri ve görünür ve gerçek öz direnç kesiti sunulmuştur (Tablo 1) (Şekil 6).

Tablo 1. Çalışma alanında Des1 noktasının görünür öz direnç karnesi aşağıda sunulmuştur.

| REZİSTİVİTE(SCHLUMBERGER) ÖLÇÜ KARNESİ | | | | | | | | |
|--|--------|-----------------------|------|-----|---------------|-------------|-----------------|------------|
| Etüd Sahası : | | Karaçörtlen Köyü Yolu | | | Ölçü Tarihi : | | | 21.01.2012 |
| Mevkii ve İst. : | | Çilimli/Düzce | | | Ölçüyü Alan : | | | |
| Nokta No : | | Des -1 | | | RAKIM | | | 387 M |
| KOOR: | | | | | 40° 54.736'K | 31° 1.063'E | | |
| AB / 2 | MN / 2 | I (Akım) | ATT | VER | OKUMA | K (GF) | ÖZDİRENÇ (Ohmm) | |
| 3 | 1 | 100 | 1000 | 1 | 98.00 | 12.56 | 615 | |
| 4 | 1 | 100 | 1000 | 1 | 59.00 | 23.6 | 696 | |
| 5 | 1 | 100 | 1000 | 2 | 82.00 | 37.7 | 773 | |
| 6 | 1 | 100 | 1000 | 3 | 84.00 | 55 | 770 | |
| 8 | 1 | 100 | 1000 | 4 | 70.00 | 99 | 866 | |
| 10 | 1 | 100 | 1000 | 5 | 56.00 | 156 | 874 | |
| 12 | 1 | 100 | 1000 | 7 | 53.00 | 225 | 852 | |
| 15 | 1 | 100 | 1000 | 10 | 53.00 | 352 | 933 | |
| 18 | 1 | 100 | 100 | 3 | 88.00 | 507 | 744 | |
| 21 | 1 | 100 | 100 | 3 | 59.00 | 691 | 679 | |
| 25 | 1 | 100 | 100 | 4 | 53.00 | 980 | 649 | |
| 35 | 10 | 100 | 1000 | 7 | 50.00 | 177 | 632 | |
| 40 | 10 | 100 | 1000 | 10 | 52.00 | 236 | 614 | |
| 50 | 10 | 100 | 100 | 2 | 48.00 | 377 | 452 | |
| 60 | 10 | 100 | 100 | 5 | 66.00 | 550 | 363 | |
| 70 | 10 | 100 | 100 | 6 | 54.00 | 754 | 339 | |



Şekil 6. DES1 Noktasının Ohmaj Ölçümü

B. ÇALIŞMA ALANININ GERÇEK ÖZDİRENÇ KESİTİNİN YORUMLANMASI

Bu çalışmada katman derinlikleri Pekeris [11] ve Koefed [12] tarafından önerilen yöntemler yardımı ile aşağıdaki gibi yorumlanmaktadır; 0,00-1,93 metre arası sıkıştırılmış yol dolgusu zemin/dolgu kayaç (488 Ω m) (yarı geçirimli), 1,93-4,08 metre arası sıkıştırılmış yol dolgusu kayaç/dolgu zemin (1790 Ω m) (az geçirimli), 4,08-24 metre arası kırıklı silttaş (678 Ω m) (yarı geçirimli kayaç), 24 metreden sonra siltli kil/killi kum (209 Ω m) (yarı geçirimli /geçirimli zemin) olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanının görünür. Öz direnç kesitinin yorumlanması ise, 8-15metre aralığı kırıklı kayaç,-

15metreden sonra gevşeyen ve suya doymun zemin,40 metreden sonra ise gevşeyen zeminde suya doygunluk artan bir şekilde 70 metreye kadar devam ettiği görülmektedir.

C. ÇİLİMLİ İLÇESİ, KARAÇÖRTLEN YOLU HEYELANINDA AKTİF KAYNAKLI YÜZEY DALGASI YÖNTEMİ UYGULAMALARI

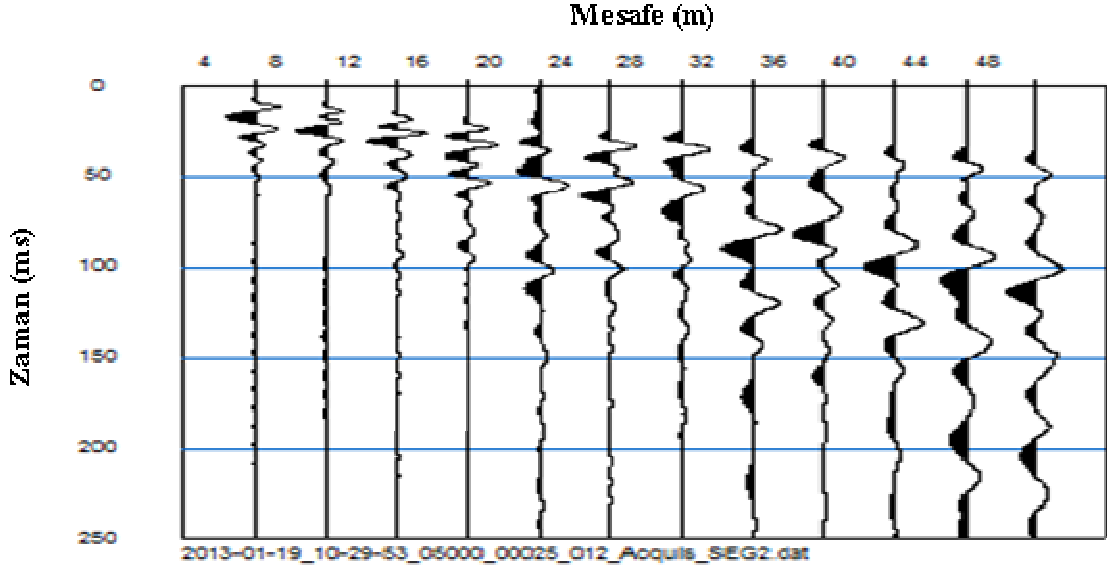
Park ve vd. [13] tarafından tanımlanan MASW yöntemi bir sismik araştırma yöntemidir. Yöntemin tanıtılmasından sonra özellikle jeoteknik mühendisliğinde geniş ölçüde kabul görmüş ve günümüzde yeraltı ortamlarının fiziksel özelliklerinin tespit edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son on yılda yöntem üzerine çok sayıda kuramsal ve uygulamaya yönelik araştırma yapılmış ve günümüzde yöntemle ilişkin araştırmalar devam etmektedir. MASW yönteminin esası bir nokta kaynaktan geçici olarak yaratılan dalgaların belirli sayıda jeofon tarafından kayıt edilmesi ve kayıt içerisinde yüzey dalgalarının seçilerek dispersiyon özelliklerinin belirlenmesine dayanır. Yani, kaynak-jeofon aralıkları sabit olacak şekilde kaynak ve dizilimdeki son jeofon aynı anda kaydırılarak ölçü alınır. Offset uzaklığı hedeflenen derinliğe göre seçilir. Yüzey dalgaları için elde edilen veriler genel olarak 4-64 Hz gibi geniş bantlıdır. Yöntemin uygulanmasında genel olarak düşük frekanslı düşey bileşen algılayıcılar (örnek.1-10 Hz) kullanılır.



Şekil 7. Kayma dalgası hız ölçüm alanı çalışması

Ölçü alımı bilinen sismik kırılma çalışmasına benzer. Bununla birlikte, arazi parametreleri olarak bilinen kaynak gücü, örnekleme aralığı, kayıt uzunluğu, kaynak sayısı bakımından oldukça esnekler. Bu uygulamada İtalyan malı Doremi Marka Sayısal sismograf aleti kullanılmıştır. DoReMi her kanal için 30,000 örnek depolayabilecek bağımsız bir hafıza ünitesine sahiptir. Re-Mi en yoğun yerleşim alanlarında, şehir, içinde ve yoğun trafik olan yerlerde ucuz ve hızlı işleyen bir tekniktir. Re-Mi tekniğinin sismik enerji kaynağı mikrotremördür. Mikrotremör gürültünün şiddetli olduğu yerlerde çok yararlıdır [14]. Örnekleme aralığı 5-0.05 ms'ye programlanabilir olup 200'den 20,000 Hz'e örnekleme frekanslarına tekabül ederler. Örnekleme uzunluğu 0.1'den 60 saniyeye kadar seçilebilir. A/D dönüştürücüde 96 dB, 155 dB toplam dinamik menzile sahiptir. Bu profilde P ve S atışları için

12 adet P ve S jeofonu kullanılmıştır. Etüt aplikasyonu ve S2 Noktasında toplam 24metre açılım yapılmış olup, offset =m jeofon aralığı =m olarak seçilmiştir. Bu çalışma için kayıt aralığı 0,25s, Örnekleme frekansı 2000 Hz, Örnekleme aralığı 200 uS seçilmiştir (Şekil 7, 8). Bu çalışmada 3 adet kayma dalgası hız ölçümü alınmıştır, ancak örnek olarak 1 adet ölçüm sunulmuştur. Şekil 8’de yer altı katmanlarında kayma dalgasının zemin yapısına göre hareketi ve davranışı verilmiştir.



Şekil 8. Kayma dalgası hız ölçüm kesiti

D. ÇİLİMLİ İLÇESİ, KARAÇÖRTLEN KÖYÜ YOLU ÜZERİNDEKİ YAPILAN DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJ YÖNTEMİNİN DEĞERLENDİRMESİ

Düzce İli, Çilimli ilçesi, Karaçörtlen Köyü Yolu üzeri 5-5.5km’sinde A1 (40° 54.756’K enlemi ve 31°1.066’E boylamı) ile A2 (40°54.660’K-31°1.052’E) noktaları arasında kalan 180 metrelik yol hattı boyunca toprak kaymalarının, kayma yüzeyi derinliğinin belirlenmesi, yer altı suyunu taşıyabilecek zeminin tabaka kalınlığı ve mühendislik yapılarına temel teşkil edecek sağlam zeminin tespit edilebilmesi için jeofizik yöntemlerden arazide toplamda 6 adet Düşey Elektrik Sondaj yöntemi uygulanmıştır.

D.1 Çalışma Alanının Gerçek Özdirenç Kesitinin Yorumlanması

Çalışma alanının gerçek özdirenç kesiti aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir;

0,00-1,93 metre arası sıkıştırılmış yol dolgusu zemin (488 Ω m) (yarı geçirimli), 1,93-4,08 metre arası sıkıştırılmış yol dolgusu kayaç (1790 Ω m) (az geçirimli), 4,08-24 metre arası kırıklı siltaşı (678 Ω m) (yarı geçirimli kayaç), 24 metreden sonra killi kum (209 Ω m) (yarı geçirimli) olarak değerlendirilmiştir.

D.2. Çalışma Alanının Görünür Özdirenç Kesitinin Yorumlanması

Çalışma alanının görünür özdirenç kesiti ise aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir;

8,-15metre aralığı kırıklı kayaç, -15metreden sonra gevşeyen ve suya doymun zemin, 40 metreden sonra ise gevşeyen zeminde suya doymunluk artan bir şekilde -70 metreye kadar devam ettiği

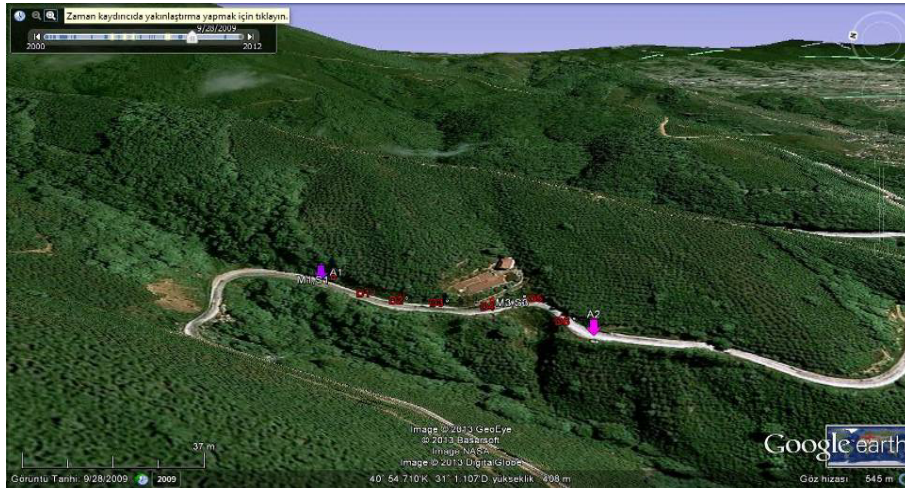
görülmüştür. Des2 noktasında yapılan düşey elektrik sondaj çalışması ile 1 adet 70m açılım yapılmıştır. Bu açılım ile düşey yönde 70 m zemin profili incelenmiştir.

E. ZEMİNİN JEOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

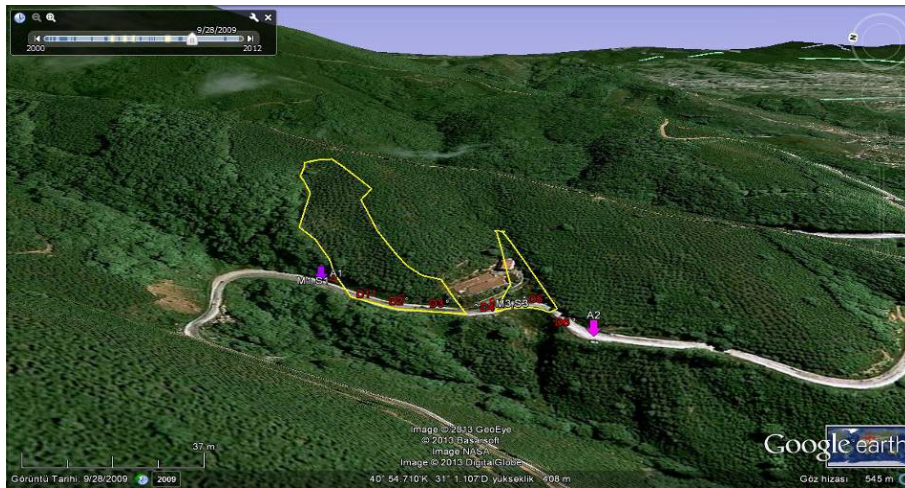
Çalışma alanında ölçülen değerlere göre yaklaşık 1. tabaka kalınlığı ortalaması 5.91 m bulunmuştur. Zemin tipi dolgu olarak belirlenmiştir. 1. tabakada Vs1 hızı ortalaması 342 m/s bulunmuştur. 2. tabaka da zemin çamurtaşı olarak belirlenmiştir. Vs2 hızı ortalaması 600 m/s bulunmuştur.

F. ARAZİ ÇALIŞMALARININ YORUMLANMASI

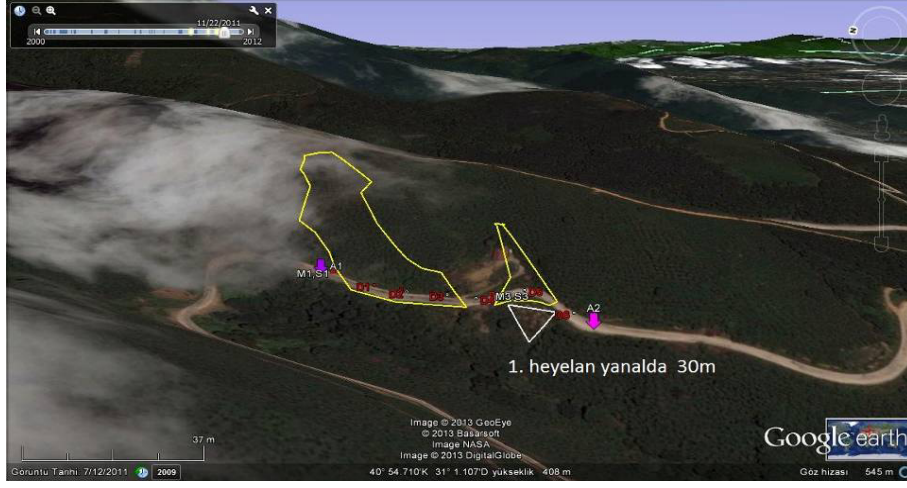
Arazide kaydedilen verilere göre uydu görüntüleri aşağıdaki gibi yorumlanarak oluşturulmuştur.



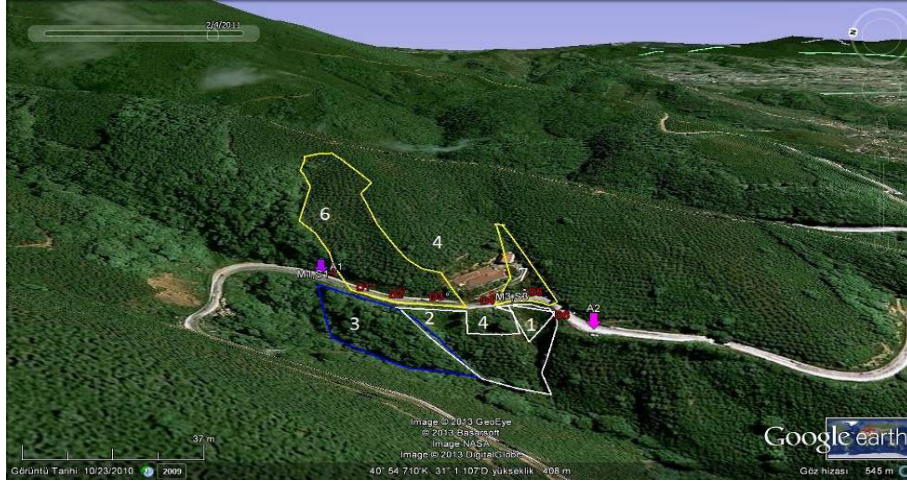
Şekil 9. Uydu görüntüsünden alanın genel görünüşü



Şekil 10. Uydu görüntüsünden yola muhtemel yüzey suyu akış sınırları



Şekil 11. Uydu görüntüsünden alanda oluşmuş eski heyelanın görüntüsü



Şekil 12. Uydu görüntüsünden alanda 1 ve 2 heyelanın oluşabileceği noktalar



Şekil 13. 3 nolu bölgenin eski heyelanın yol üzerindeki muhtemel sınırları



Şekil 14. Yakın tarihte uydu görüntüsünde 2 nolu alanda belirtilen toprak kayması



Şekil 15. 7 nolu dolu dere yolunun dolgu zeminle kapatılması 1 nolu heyelanın üst kesimi



Şekil 16. 1 nolu heyelanın yakın görüntüsü



Şekil 17. 2 nolu heyelanın yakın görüntüsü



Şekil 18. 2 nolu heyelanın taş kısmında yaklaşık 50-1 metrelik oturumların görüntüsü

F.1. Resimlerin Yorumlanması

Yukarıdaki uydu görüntülerine ve resimlere bakıldığında 1 ve 2 nolu noktalar heyelanın oluşabileceği yerler, 3 ise eski heyelan, yol üzerindeki asfaltta yama izinden anlaşılabilir, 4. nokta yolu tutan sağlam kayalık 6. ve 7. noktalar ise yola gelen yüzey suyunun sınırları olarak değerlendirilmiştir.

V. SONUÇ

Düzce İli, Çilimli ilçesi, Karaçörtlen Köyü Yolu üzeri 5-5.5km'sinde A1(40° 54.756'K enlemi ve 31°1.066'E boylamı) ile A2(40° 54.660'K-31°1.052'E) noktaları arasında kalan 180 metrelik yol hattı boyunca toprak kaymalarının, kayma yüzeyi derinliğinin belirlenmesi, yer altı suyunu taşıyabilecek zeminin tabaka kalınlığı ve Mühendislik yapılarına temel teşkil edecek sağlam zeminin tespit edilebilmesi ve jeofizik-geoteknik parametrelerin belirlenmesi için jeofizik yöntemlerden arazide toplamda 6 adet Düşey Elektrik Sondaj Yöntemi (Des) ve 3 adet Sismik Kırılma Yöntemi ve 3 adet Masw yöntemi uygulanmıştır. Sonuçlar aşağıda verilmiştir;

1) Çalışma alanındaki jeolojik birim Kocatöngel formasyonu ile temsil edilir. Kocatöngel Formasyonu (Ok): Kumtaşı ara seviyeli silisli çamurtaşından oluşan formasyon Erken Ordovisiyen yaşlıdır. Düzce'nin Kuzeyinde Karacaören-Gürcühüseyinağa köyleri arasında Bolu Masifi temel kayaları üzerine uyumsuz olarak görülmektedir.

- 2) Tüm hat boyunca Jeolojik formasyonun heyelana müsait olmasının nedeni olarak, Kocatöngel formasyonunun varlığı olduğu tespit edilmiştir.
- 3) Arazi ve tabaka eğiminin fazla olması, Çalışma alanında kayaçların eğim yönü doğudan batıya eğim yönüne paralel, eğim yüzdesi %15-25 aralığında belirlenmiştir. Çalışma alanında genel eğim yüzdesi %40-50 aralığında hesaplanmıştır. Heyelanın olduğu kısımlarda eğim oranı yüzdesi %40-75 aralığındadır.
- 4) Ağır kış şartlarının olması ve bitki örtüsünün değiştirilmesi; heyelan hattının üstünün fındık tarlası olması ve ağaçlandırmanın olmayışı 3. bölgede kitle hareketini engelleyen en önemli faktör ağaçlandırma olarak görülmüştür. 3.bölge, olası heyelan alanı olarak tespit edilmiştir.
- 5) Taş yapı istinat duvarlarının drenajsız ve sağlam zemine ulaşmamasından dolayı artı bir yük oluşturarak heyelanı önleyici değil, tetikleyici bir faktör olarak değerlendirilmiştir.
- 6) Yol hattının tam ortasında 4. bölge ve 1. bölgenin güneyi olarak belirtilen alanın sağlam kayacın olması, alanda olabilecek daha büyük kitlesel hareketi önleyici faktör olarak değerlendirilmiştir.
- 7) Zemin yapısının suya doygun olması, iklim ve hava şartlarının uygun olmaması, yapılacak herhangi bir çalışmanın oluşturacağı ek yük ve titreşim nedeniyle heyelan riskini artıracağından dolayı uygun hava şartlarında gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma arazi verilerini ve ölçümleri yerinde gerçekleştiren Acar Mühendislik Ltd Şti'nin sahibi Jeofizik Mühendisi Cemil ACAR'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

VI. KAYNAKLAR

- [1] R.M. Carruthers *British Geological Survey Report NORGRG 85(3)* (1985).
- [2] E.A. Emenike *Journal of Pure and Applied Sciences 7(1)* (2001) 1.
- [3] A.I. Olayinka, C.N.C. Mbachi *Journal of Mining and Geology 27(1)* (1992) 63.
- [4] M.A. Olorunnivo, M.O. Olorunfemi *Journal of African Earth Sciences 6(1)* (1987) 787.
- [5] S.O. Ariyor, M.O. Oduwale, G.O. Mosuro *Journal of the Nigeria Association of Ktydrogeologist (NAH) 14(1)* (2003) 31.
- [6] TS 4364, *Doğal zeminlerin Elektrik Özgül Dirençlerinin Sahada Tayini-Wenner Dört Elektrot Metodu* (1996).
- [7] ASTM D-00 *Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation* (2000).
- [8] ASTM G57-95a, *Standard Test Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Werner Four-Electrode Method* (2001).
- [9] M.T.A Genel Müdürlüğü ve Ankara Üniversitesi (A.U) *TÜBİTAK Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu Raporu* (1997) 59s.
- [10] F. Şaroğlu, Ö. Emre ve İ. Kuşcu *Türkiye Diri Fay Haritası*, 1/2000000 MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, (1992).
- [11] C.L. Pereris *Geophysics 5(1)* (1940) 31.
- [12] O. Koefoed *Geochemistry and Geophysics Elsevier 18(4)* (1979) 564.
- [13] C.B. Park, R.D. Miller, J. Xia *Geophysics 64 (1)* (1999) 800.
- [14] J.N. Louise *Bull.Seismol.Soc.Amer. 91(1)* (2001) 347.