

Fatsa-Aybastı Karayolu Şev Hareketlerinin İnclinometre Ölçümleriyle İncelenmesi

Investigation of Fatsa-Aybastı Highway Slope Movements by Inclinometer Measurements

İlkay BAŞTUĞ^{1*}, Ali GÜRBÜZ²

^(1,2)Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 53100 Rize, Türkiye

Geliş Tarihi: 18.10.2019; Kabul Edildiği Tarih: 26.12.2019; Yayınlandığı Tarih: 28.12.2019

Türk Hid. Der. (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : 3, Sayı (Number) : 2, Sayfa (Page) : 36-41 (2019)

e-ISSN: 2636-8382

SLOI: <http://www.dergipark.gov.tr>

*Sorumlu yazar e-mail: ilkbastug@hotmail.com.tr

Özet: Bu makalede çalışmada heyelan bölgelerindeki şev hareketleri incelenmiştir. şev hareketlerinin izlenmesinde hassas ölçüm olanağı sağlayan inclinometre aleti kullanılmıştır. Uygulama sahası olarak Ordu ilinde bulunan Fatsa-Aybastı karayolu seçilmiştir. Uygulama sahası olarak bu alanın seçilme nedeni daha önce bu bölgelerde meydana gelen heyelanlardır. Çalışma kapsamında; araştırma yapılan bölgelerde meydana gelmiş heyelanları araştırmak için inclinometre ölçümleri yapılmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Ölçüm ve incelemeler sonucunda; kuyularda ve zeminlerde oluşan hareketler değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Heyelan; İnclinometre; Şev ölçüm.

Abstract: In this article, slope movements in landslide areas are examined. Inclinometer is used to monitor slope movements. Fatsa-Aybastı highways in Ordu were chosen as the application area. The reason for selecting these areas as the application area is the landslides that have occurred in these regions before. Scope of this study is; In order to investigate the landslides occurring in the researched areas, inclinometer measurements were made. The results obtained from the study were examined. As a result of measurements and investigations; movements in wells and soils were evaluated.

Keywords: Landslide; Inclinometer; Slope measurement

1. GİRİŞ (Introduction)

Geoteknik mühendisliğinin araştırma sahaları zeminde oluşabilecek deformasyonların izlenmesi ve harekete göre tedbirler alınmasını kapsamaktadır [1]. Zemin veya zemin tabakaları söz konusu olduğunda hesap dışı hatalarla karşılaşmamak için günümüze kadar birçok değişik mühendislik uygulaması tasarlanmıştır. Güçlü teoriler veya karmaşık sayısal modelleme tekniklerine rağmen işin temeli daima yerinde yapılan ölçümler olmaktadır [2].

Zemini oluşturan kaya kütleleri ile bunların üzerine inşa edilen binaların değerlendirilmesi amacıyla üretilmiş aletler dört ana sınıfta ele alınabilir. Bunlardan birisi; yeraltı suyu basıncı ve seviyesini ölçülmek için kullanılan aletlerdir. Bir diğeri; kaya ve toprak basınçlarının ölçülmek amacıyla kullanılan aletlerdir.

Üçüncüsü; şev hareketleri ölçmek için kullanılan aletlerdir. Sonuncusu ise; zemindeki titreşimlerin ölçülmesi için kullanılan aletlerdir. Bu amaçla sondaj kuyularında kullanılan ekstansometreler ve eğim ölçümünde kullanılan inclinometre cihazları tasarlanmıştır. Bu çalışmada; Wilson ve Mikkelsen tarafından geliştirilmiş olan inclinometre cihazının kullanımına ve uygulanmasına yönelik örnek çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada İnclinometre cihazı yüzeyden 24m derinliğe kadar 50cm arayla oluşmuş düşey ve yatay hareketleri kaydetmek için kullanılmıştır [3].

2. İNKLİNOMETRENİN GENEL ÖZELLİKLER (General Characteristics of Inclinometer)

Sondaj kuyusuna dik yöndeki titreşimler vasıtasıyla hassas biçimde ölçüm yapılmasını sağlayan inclinometre

cihazı ile düşey yönde açılan hendek yüzeylerinde 10 ile 20 derecelik sapmalar ölçülebilir. Ayrıca açılan hendekte daha önce oluşmuş yer hareketlerinin konumu, büyüklüğü ve yönü belirlenebilir. Üçüncü boyutta ölçüm alabilme olanağı da mevcuttur. Yöntemin bir diğer avantajı ise bir inklinometre ile bütün sondajlardan değer okuması yapabileceği olanağıdır. Bu sayede çok daha fazla ölçü yapılarak daha kesin sonuçlar elde etmek mümkündür.

Şekil 1'de inklinometri cihazının boru detayı verilmiştir. Cihaz bir adet algılayıcı, bir adet kayıt cihazı ve ikisini birbirine bağlayan bağlantı elemanından oluşmaktadır. Bir çok farklı model temin edilebilmekle birlikte bu araştırmada 25.4 mm çapında boru uyumlu düşey algılayıcı tercih edilmiştir. Algılayıcının voltaj değerleri uzun ekseninin düşeye göre sapma açısıyla doğru orantılıdır [4].

Zemindeki düşey veya yanal deformasyonun ölçülebilmesi için önce hareketin beklendiği kısımlara sondaj kuyuları açılır. Kuyuların deformasyona uğraması ve inklinometre borularının kendi eksenleri etrafında hareket etmesini önlemek için, bentonit çamur ile doldurulur.

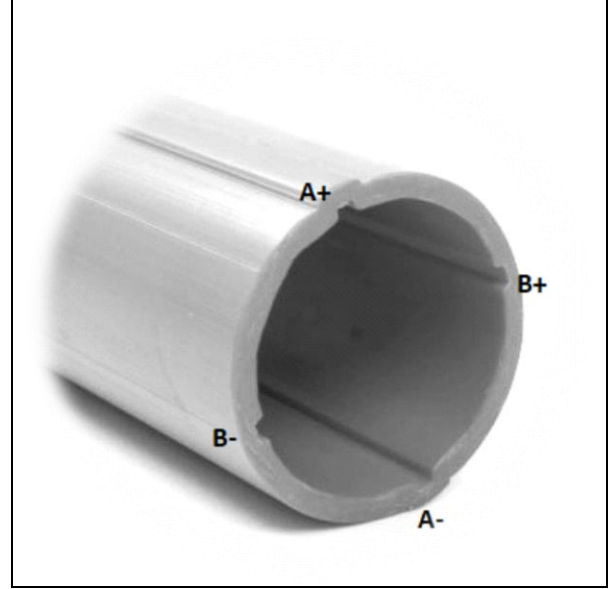


Şekil 1. İnklinometre Cihazı

Açılmış sondaj kuyularına, inklinometre borularının yerleştirilmesi sırasında, Şekil 2'de gösterildiği gibi boruların iç yüzeylerinde bulunan ve birbirleriyle 90° açı yapan oluk çiftlerinden birisi A+, A- oluk çifti, diğeri ise B+, B- oluk çifti olarak kabul edilir (Şekil 2).

Birinci grup ölçümlerin alınabilmesi için algılayıcının en üst tekerleği A+ yönünde kabul edilir ve bu yön referans alınır. Algılayıcının kayıt cihazı ile bağlantısı sağlanarak kuyu tabanına kadar acele etmeden dikkatlice indirilmelidir. Ölçümlerin hatasız olabilmesi için algılayıcının kuyu tabanına teması önemlidir. Kuyu tabanına indirilen algılayıcı okuma aralığı mesafesinde kademe kademe yukarı çekilir. Sabitleme işlemi içinse kaskaç kullanılır. Okuma aralıkları ölçümlerin hassasiyeti için. (bu çalışma için 500 mm) cihaz boyu kadar alınır.

Kayıt cihazının ekranında, görülen ölçüm değerleri hafızaya alınır. Bu işlem kuyu başına kadar 0.5 m aralıklarla devam eder. Her iki yönde ölçümler alınır ve ilk grup ölçümlerin alınması sırasında yapılan işlemler tekrarlanarak A-, B- ölçümleri kayıt cihazına yüklenir. Cihazın ters yöne döndürülmesiyle birlikte aynı derinlikteki A+, A- ve B+, B- değerleri eşit büyüklükte zıt işaretli çıkmalıdır (Şekil 4).



Şekil 2. İnklinometre boru detayı

Ölçüm değerlerinin bir miktar farklılaşması ölçüm hatası yapıldığı anlamına gelir. Ölçüm aralığının doğru seçilebilmesi için sondaj verilerinden yararlanılır. Kayma hızı da önemli bir parametredir. Kayma hızının yüksek olduğu tahmin ediliyorsa ölçüm aralığı daha kısa seçilmelidir.

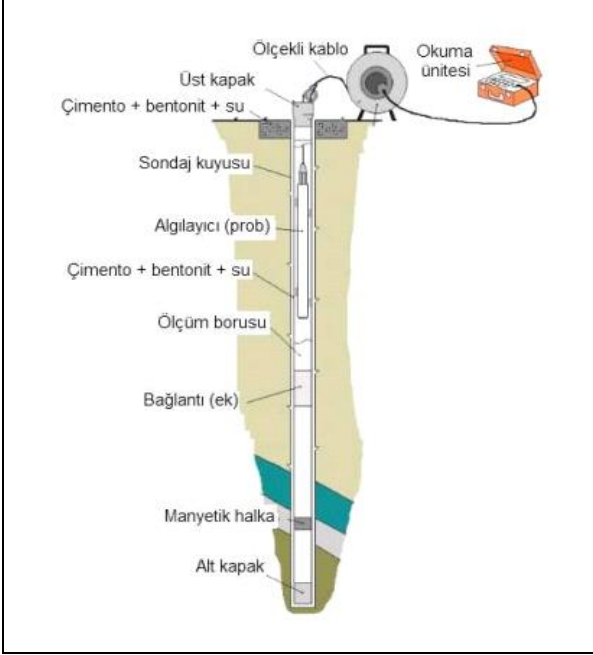


Şekil 3. İnklinometre borusunun yerleştirilmesi

Kayıt cihazının ekranında, görülen ölçüm değerleri hafızaya alınır. Bu işlem kuyu başına kadar 0.5 m aralıklarla devam eder. Her iki yönde ölçümler alınır ve ilk grup ölçümlerin alınması sırasında yapılan işlemler tekrarlanarak A-, B- ölçümleri kayıt cihazına yüklenir.

Cihazın ters yöne döndürülmesiyle birlikte aynı derinlikteki A+, A- ve B+, B- değerleri eşit büyüklükte zıt işaretli çıkmaktadır (Şekil 4).

Ölçüm değerlerinin bir miktar farklılaşması ölçüm hatası yapıldığı anlamına gelir. Ölçüm aralığının doğru seçilebilmesi için sondaj verilerinden yararlanılır. Kayma hızı da önemli bir parametredir. Kayma hızının yüksek olduğu tahmin ediliyorsa ölçüm aralığı daha kısa seçilmelidir.



Şekil 4. İnklinometre algılayıcısının hareketi

Kayma yönü olarak kabul edilen A+ yönündeki yanal hareketin yeri ve büyüklüğünü saptamak için farklı derinliklerde ve farklı açılarda algılayıcılar kullanılır. Kuyu tabanından itibaren her 0.5 m'de bir yukarı çekilen algılayıcı yardımıyla alınan ölçüm değerleri gerçekte algılayıcının bulunduğu derinliklerde algılayıcının uzun ekseninin dolayısıyla inklinometre borusunun düşey yaptığı sapma miktarlarını gösterir.

İki adet eksene sahip olan düşey inklinometre problemler ile ilk ölçümler sonucu A+ ve B+ 180° çevrilmesiyle yapılan ikinci aşama ölçümlerinde ise A- ve B- değerleri elde edilir. Kuyunun tabanından yüzeye, doğru her 0.5 m'de bir kaydedilen A+, A-, B+, B- değerleri, $RDG (mm) = \pm (L/2) \times \sin\theta$ ilişkisiyle saptanmaktadır.

Burada;

$RDG =$ Sapma miktarı

$\pm =$ Hareketin yönü

$L/2 =$ Algılayıcı (Prob) uzunluğunun yansı (metrik algılayıcılarda. 2.50 cm'dir)

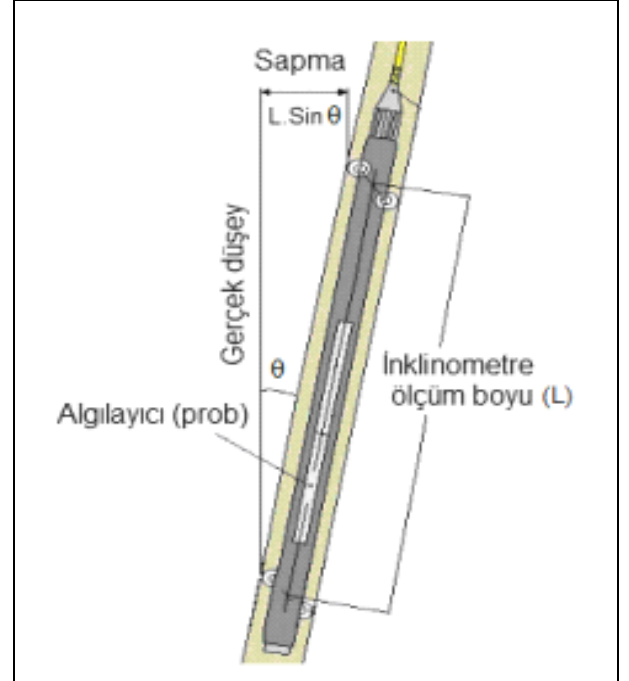
$B =$ Algılayıcının uzun ekseninin düşeyle yapmış olduğu sapma açısıdır.

Ölçüm değeri (sapma miktarı) (Şekil 5), sapma, açısının sinüsü ile doğru orantılıdır. Diğer deyişle hareket, beklenen A+ yönünde giderek, artıyorsa, 0 açısı artacak bu da ölçüm, değerinin, artmasına neden, olacaktır.

Eşitlikle hesaplanan sapma miktarları, sapma açılarının küçük olmasına bağlı olarak çok küçük değerler olarak bulunacaktır. Kayıt, işlemlerinin daha basitleştirilmesi ve birçok gereksiz sıfır rakamıyla işlem, yapılmasını ortadan kaldırmak için eşitlikten, bulunan sapma miktarları 100 ile çarpılır.

$$RDG (10^2 \text{ mm}) = (250 \times \sin\theta) \times 100$$

Algılayıcının en üst tekerleği A+ oluşunda kuyunun, her 0.5 metresindeki sapma, miktarları 2 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanır. Bu sapma, miktarları algılayıcının orta noktasının bölündüğü derinliğe aittir. Algılayıcının, alt tekerleğinin, bulunduğu derinliklerdeki sapma, miktarları ise, birinci grup ve algılayıcının 180° çevrilmesiyle yapılan ikinci, grup ölçümler sonucu kuyunun aynı derinliklerde hesaplanan, eşit büyüklükte fakat zıt işaretli sapma, miktarlarının farkı alınarak bulunur.



Şekil 5. İnklinometre ile düşeyden sapmanın ölçümü

Yukarıda anlatılan hesaplamaları basitleştirebilmek ve hesapları grafikler halinde gösterebilmek için tarafından, bilgisayar programları da hazırlanmıştır [5-6].

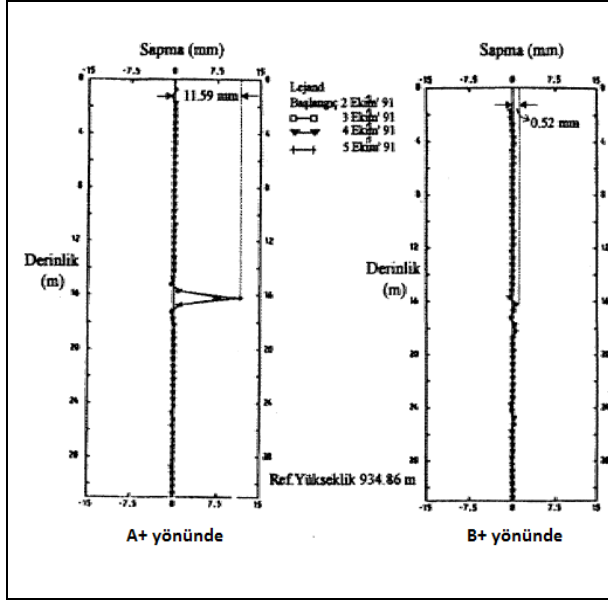
3. İNKLINOMETRE ÖLÇÜM GRAFİKLERİ

(Inclinometer Measurement Graphics)

Arazide kayıt cihazına depolanmış ölçüm değerleri mevcut hazır programlar aracılığıyla bilgisayara yüklenir. Önce kuyunun her 0.5 metresinde bulunan sapma, miktarları bir tablo şeklinde hesaplatılır. Bu işlemler belirlenen aralıklarda, aynı kuyudan alınan, ölçümler için de tekrarlanır. Bilgisayarın bu hesaplamalar sırasında, yaptığı işlem ilk ve ikinci ölçüm sonucu kuyunun aynı derinliklerinde hesaplanan sapma miktarlarını karşılaştırıp, bu ölçüm aralıkları süresince ortaya çıkabilecek hareketleri grafiksel olarak

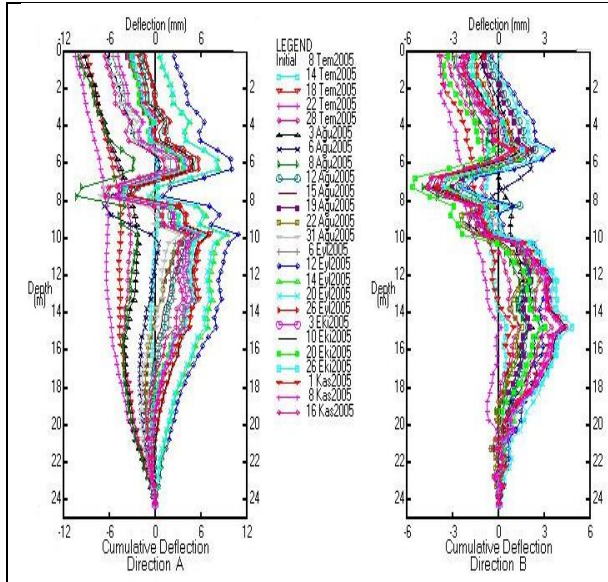
göstermektedir. Bu grafiklerde Azimuth düzeltmesi de kullanılmaktadır. Kuyudaki mevcut hareketleri üç değişik tipteki grafikte görmek mümkündür.

Şekil 6'daki grafik her 50cm derinlikte meydana gelen değişimi gösterir. Yüzeyden her 50cm derinlikteki değişimin cetvel üzerinde işaretlenmesi ile elde edilir.



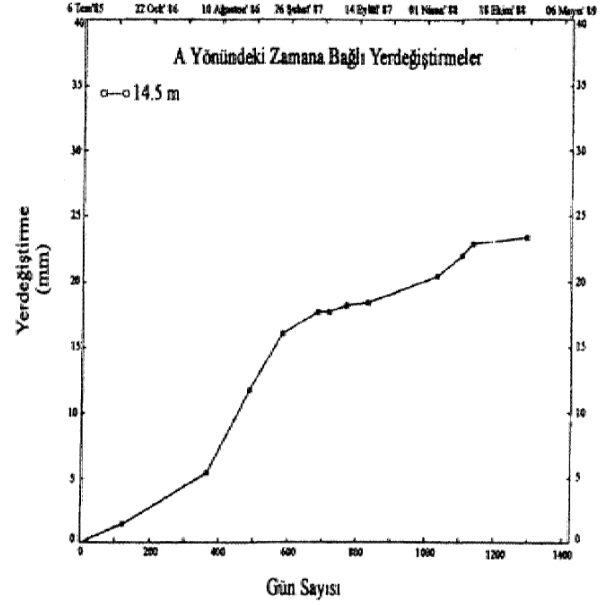
Şekil 6. Artan yer değiştirme grafiği

Eklenecek artan değişim grafiği ise; İlk ölçümlerden itibaren hendek yüzeyindeki değişimin toplamı ile maksimum değişimin olduğu derinliği belirlemek amacıyla, tercih edilen grafik türüdür (Şekil 7).



Şekil 7. Eklenecek artan yer değiştirme grafiği-1

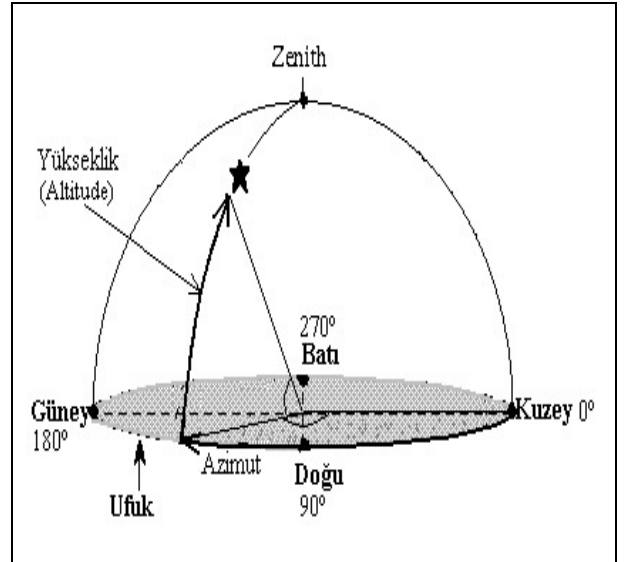
Herhangi bir derinlik için zamana bağlı değişim miktarını gösteren grafikler ise "Yer değiştirme - zaman" grafiği olarak adlandırılır. Bu grafikler ile en büyük hareketin oluşması beklenen yerdeki değişimi zamana bağlı olarak görmek mümkündür (Şekil 8).



Şekil 8. Yer değiştirme-zaman grafiği

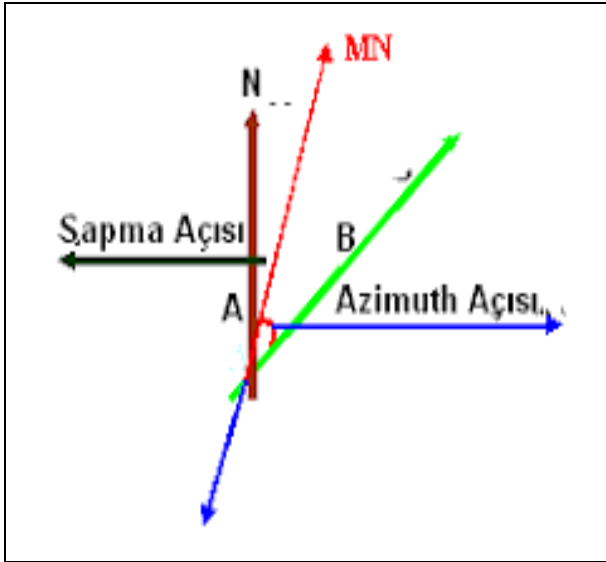
4. AZIMUTH DÜZELTMESİ (Azimuth Correcting)

Azimuth, arazinin kuzey yönü ile herhangi bir nesne (veya harita üzerindeki nesne) arasındaki belirli bir noktada bir açıyı belirtir. Azimuth bir pusula olarak da tanımlanabilir. Azimut açısı 0 ile 360 derece arasında olabilir. Sayım saat yönünde yapılır, referans noktası (0°) harita üzerinde en kuzey noktasıdır. Bu durumda azimut belirlemenin en kolay yolu kuzey ve güney, doğu ve batı nesnelere: sırasıyla 0°, 180°, 90° ve 270°'dir (Şekil 9).



Şekil 9. Azimuth açısı

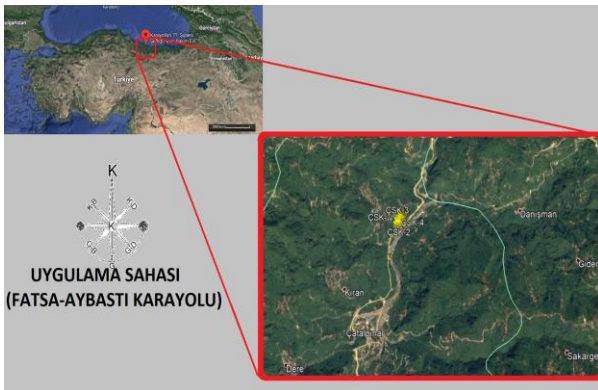
360°'lik azimut değeri mevcut değildir çünkü değeri 0°'lik azimut ile çakışmaktadır, bu nedenle kuzey yönünü 0°'lik bir açıyla değerlendirmek alışılmadık değildir. Arazide yapılan inklinometre ölçümleri elde ettiğimiz grafiklerimizin sapma açısını (Şekil 10) düzeltmek için bu yöntemi kullanırız.



Şekil 10. Azimuth ve sapma açısı

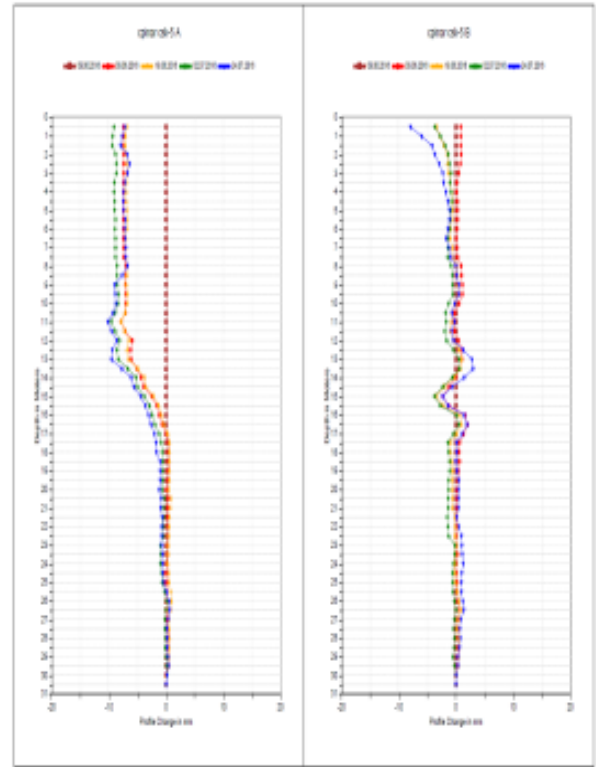
5. FATSA-AYBASTI KARAYOLU HEYELANI (Fatsa-Aybastı Highway Landslide)

Bu çalışmada; Aybastı-Fatsa karayolunun KM:17+780-18+000 arasında meydana gelen heyelana ait kayma yüzeyinin derinliğinin tespiti ve kaymanın yönünü belirlemek amacıyla toplam yedi adet sondaj kuyusunda (ÇSK 1-7) inklinometre ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Arazide yapılan sondajların lokasyonunun hava fotoğrafındaki görünümü Şekil 11’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özet olarak grafikler halinde sunulmuştur. Bu çalışmada ölçümlere azimuth düzeltilmesi yapılmadığından grafiklerde oluşan hataları görebilmek amacıyla elde edilen sonuçlar örnek olarak aşağıda sunulmuştur.



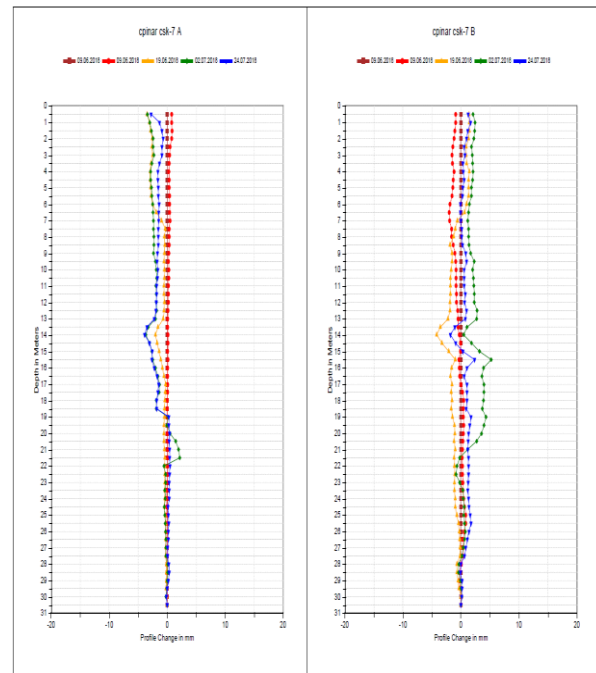
Şekil 11. Sondaj noktalarının uydu görüntüsü

31 metre derinliğinde olan ÇSK-5 nolu sondaj kuyusuna inklinometre teçhizatı yerleştirilerek 10-15 günde bir olmak üzere ölçümler alınmıştır. Ölçümler grafiğine işlendiğinde yenilme noktalarını görebildiğimiz halde azimuth düzeltilmesi yapılmadığından kayma yönü olması gerektiği yönün aksi yönünde görünmektedir (Şekil 12). Yani A+ yönünde olması gereken yer değiştirmeler A- yönünde yamaç yukarıya doğru olmuştur. Yapılan bu hata grafiğin yanlış yorumlanmasına yol açmaktadır.



Şekil 12. ÇSK-5 nolu sondaj kuyusu ölçüm sonuçları

31 metre derinliğinde olan ÇSK-7 nolu sondaj kuyusuna inklinometre ekipmanı yerleştirilerek 10-15 günde bir olmak üzere okumalar yapılmıştır. Ölçümler grafiğine işlendiğinde yenilme noktalarını görebildiğimiz halde azimuth düzeltilmesi yapılmadığından kayma yönü olması gerektiği yönün aksi yönünde görünmektedir (Şekil 13). Yani A+ yönünde olması gereken yer değiştirmeler A- yönüne doğru yamaç yukarıya olmuştur. Yapılan bu hata grafiğin yanlış yorumlanmasına yol açmaktadır.



Şekil 13. ÇSK-7 nolu sondaj kuyusu ölçüm sonuçları

6. SONUÇLAR (Results and Conclusions)

Bu çalışma kapsamında heyelanlı sahaların incelenmesi amacıyla yapılan inklinometre ölçümlerinin uygulanmasına yönelik teorik bilgilere ve arazi uygulamalarına yer verilmiştir. Bu amaçla Ordu ilinde bulunan Fatsa-Aybastı karayolunda meydana gelen heyelanları araştırmak için yapılan inklinometre ölçümleriyle elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

Çalışma Alanı: Aybastı-Fatsa karayolunun KM:17+780-18+000 arasında meydana gelen heyelana ait kayma yüzeyinin derinliğinin tespiti ve kaymanın yönünü belirlemek amacıyla toplam yedi adet sondaj kuyusunda (ÇSK 1-7) inklinometre ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Yedi sondaj kuyusunda yapılan inklinometre ölçümleri sonucunda yaklaşık; 2, 8, 12 ve 18 m derinliklerinde dört adet yenilme yüzeyinin olduğu saptanmış ve bu yenilme düzeylerinde ise 2,mm ile 12.5 mm arasında değişen kayma miktarları tespit edilmiştir.

Bu çalışma, inklinometre cihazının heyelanlı arazilerin takip ve tetkikinde başarıyla kullanılabildiğini göstermiştir.

KAYNAKLAR (References)

- [1] Kaya A., Akgun A., Karaman K., Bulut F., (2016), "Understanding the mechanism of slope failure on a nearby highway tunnel route by different slope stability analysis methods: a case from NE Turkey", BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT, vol.75, pp.945-958.
- [2] Kaya A., Alemdağ S., Dağ S., Gürocak Z., (2016), "Stability assessment of high-steep cut slope debris on a landslide (Gumushane, NE Turkey)", BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT, vol.75, pp.89-99.
- [3] Wilson, S.D. and Mikkelsen, P.E., (1977), Foundation instrumentation: Inclimeters Report,, Department of Transportation, 96 p.
- [4] Gordon, E.G. and Mikkelsen, P.E., (1988), Measurements of ground, movement—with inclinometers. Proceeding of the 4th. International Geotechnical Seminar, Field. Instrumentation and In.si.tui, Nanyang Technical Institute, Singapore, 235-246.
- [5] Graham, P.J., (1989), Inclimeter data reduction computer program, Mitre Software Corporation, Alberta, Canada, 53 p.

- [6] Sinco, (1990), DataMate manager software, Albion Place N. Seattle, USA, 10 p.