

D-1) - SAMSUN HAVA ALANI HEYELANI JEOFİZİK ÇALIŞMALARI

1- GİRİŞ:

1.1. Problemin Tanımı Ve Ana Hatları

Toprak kaymasının en anlamlı tanımı 1950 yılında Terzaghi tarafından, yamaç teşkil eden kaya, toprak ve suni dolguların yamaç aşağı hareket etmesi şeklinde yapılmıştır. Bu genel tanım her ne kadar türlü kütle hareketlerini içermiyorsa da mesela: Gravitasyon etkisi ile uzun saftada bir kırılma olayı, nispeten az kalınlıktaki toprak seviyelerinin kuruma ve ıslanma nedeniyle hareketleri, kütle hareketine sebep olabilirler. Bir toprak yüzeyi eğim gösteriyorsa; kütle yamaç aşağıya bir bileşeni var demektir. Bu yamaç aşağı bileşene karşı koymak için kesme mukavemeti meydana gelir. Yamaç aşağı toprak içerisindeki kuvvetin meydana gelen kesme direncini aştığı anda heyelan oluşur. Bu heyelan genellikle bir veya birden fazla yüzeylerde ve kırılma zonlarında teşekkül edebilir. Bu zonlar en düşük kesme mukavemeti gösteren zonlardır. Bir çok faktörler kesme mukavemetinin azalmasına ve neticede heyelanların oluşmasına zemin hazırlarlar:

a) Doğa olaylarından iklim, tektonik etkiler ve morfolojik etkenler.

b) İnsanoğlunun medeniyeti kurabilmek için geliştirdikleri karayolları, demiryolları, hidroelektrik santraller, maden araştırmaları gibi çalışmalar olabilir. Zemin mekaniği ve zemin mühendisliği son derece gelişmekte olan bir bilim kolunun ancak önemli bir bölümünü teşkil eder. Bunun sebebinin zemin teşkil eden malzemelerin kompleks yapılarına ve zamanla özelliklerinin değişmelerine bağlayabiliriz. Sonuç olarak heyelanlarının sebeplerinin ortaya konmasında Mühendislik Jeolojisi ve Zemin Mekaniği dallarında oldukça güçlüklerle karşılaşılır. Son 15 yıl içerisindeki gelişmeler mesela: Zemin araştırmalarında yeni test teknikleri ve kompüterün pratik mühendislik problemlerine uygulanması ve sürekli kırılma mekanizmasının daha iyi anlaşılması toprak kayması problemlerinin izah edilmesine faydalı olmaktadır. Her ne kadar bu sahada çeşitli çalışmalar yapılmışsa da gelecekte daha emin neticelerin alınması beklenir.

Çalışmalarında heyelan mekanizmasının tanımı ve heyelan sahalarında jeofizik yöntemlerin uygulanmasındaki avantajlar anlatılmaya çalışılmıştır.

2. HEYELANLARIN TARİHÇESİ

Zemin mekaniğinin gelişmesine paralel olarak heyelan inceleme metodları da inkişaf etti. Bu sahada 18. Asrın sonlarına kadar bugünkü bilgilerimize temel olacak değerde bir çalışmaya pek rastlanmıyor. Ancak (1773) de Coulomb, zemin mekaniğinin en esaslı ve ifadesi en basit kanununu vaaz ediyor. Coulomb'un granüler ve kohezyonlu malzemeler için yaptığı

mühim kabuller; kohezyon ve sürtünme katsayısıdır. Diğer bir yenilik olarak da kayma kamasın dengesinin incelenmesidir.

1856'da Rankin toprak kitlesi dengesine ait değerli araştırmalar yapmış neticelerini bazı pratik problemlere tatbik etmiştir. 1865'da Culmann aynı mevzuda grafik bir metot vermişti.

Heyelan konusu ilk kez 19. Asırda büyük kanallar, yol ve demiryolu güzergahlarının açılması ile mühendislerin karşısına çetin bir problem olarak ortaya çıktı. İlk çalışmalar Fransa'da başladı. Fransız mühendislerinden A.Collin(1846) kanal inşaatlarında büyük kayma problemleri ile karşılaşmış ve kaymaların bir eğri boyunca meydana geldiğine dikkat etmiştir.

Alman ve İsveç mühendisleri yol ve demiryolu inşaatında büyük kayma problemleri ile karşılaşmışlardır. Amerika'da ise baraj yıkılmaları ve Panama Kanalı inşaatında önüne geçilemeyen kaymalar meydana gelmiştir. Bunun üzerine 1913'de İsveç'de, Amerika'da heyelanlar ile ilgili cemiyetler kurulmuştur. Araştırmalardan ilk müspet neticeyi K.E.Peterson (1916) almıştır. Peterson'un komisyona teklifi, kaymanın dairesel silindir boyunca olduğu şeklinde idi. İlk defa W. Fellenius kohezyon ve sürtünme açısı kabulü ile kapsamlı bir stabilite analizi yapmış ve bu eserini 1927'de vermiştir.

Bu devreden sonra K. Terzaghi'nin heyelan konusunda çeşitli araştırmacıların gayretiyle mühim gelişmeler kaydedilmiştir. Artık pek çok isim ve yeni metotlara rastlanıyor bu devrede Frontard (1923) ve Caquot, jaky(1936) problemi grafik ve analitik olarak çözmek isteyenlerin başında gelmektedir. Randulic(1935) kayma yüzeyini logaritmik Spiral olarak kabul etti. D.W. Taylor (1936) bütün metotları ihtiva ve mukayese eden makalesini neşretti.

Bundan sonraki çalışmalar dilim metodunda ihmal edilen yanal kuvvetleri hesaba katmayı araştırır yönde olmuştur. Janbu (1954) Bishop ve N. Morgenstern ile (1965). Morgenstern ve E. Price son çalışmaların sahibi sayılabilirler.

2.1. Heyelanların Ekonomik Ve Sosyal Önemi

Gerek insan yapımı yarmaların gerekse tabii şevlerin bozulması sonucunda önemli derecede hayat ve can kaybı meydana gelmektedir. Can kaybının ekonomik yönden ölçülerek heyelan sonunda hesaplanması olanaksızdır. 1963 yılında Vjont barajının rezervuarında meydana gelen kayma 3000 kişinin hayatlarını kaybetmesine sebep olmuştur. Heyelanların doğrudan veya dolaylı ekonomik kayıplarını hesaplamak oldukça zor, adeta imkansızdır. Heyelanlar insan hayatında önemli bir yer işgal eden binaların, karayolları, demiryolları ve hidroelektrik santrallerinin kısmen veya tamamen zara görmelerine neden olur. Şehir dışında heyelan zararına uğrayan bölümler kullanılmaya gayelerini kaybettikleri için yerleşme sahası olarak kabul edilmemişlerdir.

Netice olarak ayrılan saha bir ekonomik kayıptır. İnşaat mühendisleri ve jeologlar her iki emniyet ve ekonomi açısından getirebilmek için ciddi problemler ile karşı karşıyadırlar. Heyelanların ülkelere kaç mal olduğu hakkında güvenilir bir tahmin elde etmek güçtür. Ancak ABD’de heyelanların yılda ortalama birkaç yüz milyon dolar zarara sebep olduğu söylenir. Amerika çapında bir anket kara ve demiryolu idarelerinin heyelanlardan uğradıkları zararların portresi hakkında bilgiler sağlamıştır. Örneğin: heyelanların Eyalet Yollar İdarelerinden birinde bir milyon doların üstünde, üçünde beşyüz ile bir milyon doların üstünde, başka birinde 250 bin ile 500 bin doların, beşinde 150-250 bin doların, altısında 25-100 bin doların ve yedisinde de 25 bin dolar hasara sebep olduğu bildirilmiştir. Yeniden yapım ve zarar ziyan bedellerinin elde edilmesin genellikle mümkün olmamaktadır. (1973 Atalay F. İzzet-Bekaroğlu Nüzhet tercüme Bayındırlık Bakanlığı Yayın No. 200)

Diğer bir örnekte ise takriben 1940 senelerinde Ladd-1 Batı Pensilvanya güney ve doğu Ohio, kuzey ve doğu Kentucky ve batı Virginia içine düşen sahada heyelanların senede takriben Onmilyon dolarlık hasara sebep olduğu hesap edilmiştir.

Son olarak duyulan Samsun-Ordu sahil yolu Hoynat mevki heyelanı; Kara-deniz sahilindeki trafiğin 31.8.1976 günü kapanmasında sebep olmuş, ve büyük çapta ekonomik kayıplara yol açmıştır.

Yaklaşık olarak 40.000 m³ kaya hafriyatı yapılmış dolgu için gerekli 130.000 m³ stabilize malzeme taşınmıştır. Karadeniz sahil trafiğini büyük çapta aksatan heyelanın giderilebilmesi için önemli mali harcamalar gerekmiş ve yolun çift taraflı şeritten trafiğe açılması 28.10.1976 günü mümkün olabilmıştır.

2.2. Mevcut Heyelanların Rakamlarla İfade Edilen Boyutları, Meydana Getirdikleri Zararlar Ve Yerleri

Bilinen en büyük zemin kaymalarından biri; İtalya’da bulunan Vajont barajının rezervuarında 9.10.1963 günü saat 22.40 da meydana gelmiştir. Bir veya iki dakika içinde 300 milyon m³’lük zemin(çatlakları az veya çok kil ile dolu olan kretase, jura kalker ve dolomitleri) 2 km’lik bir genişlik boyunca yer değiştirdi ve 100 metre genişliğindeki boğazı geçerek karşı kıyıya 140 metre yükseldi. 3000 kişinin hayatlarını kaybetmesine sebep oldu. Kaymanın nihai hızının 25-30 m/s olduğu hesaplanmıştı. Kaymadan az bir zaman önceki hızı ise 20-30 cm/gün idi. (L.Müller 1964).

Bu kayma felaketinden önce, diğer bir 700.000 m³ lük zemin kayması 4.11.1960’da on dakika içinde meydana geldi. Bu kaymayı etüt eden L.Müller bunu bir buzul kaymasına benzetti kayma hızı yalıyarın kretinde maksimumdu. Kırılma yüzey ise kayaların tabakalaşma

yüzeyinden ayırt edilemiyordu. Böyle bir olaydan sonra dağ hareketlerinin meydana gelmesi normaldir.

Türkiye’de ise 182 yerleşim alanında heyelandan 4557 konut ve 12 kaya düşmesinde 258 konut yıkılmıştır. Ayrıca 1055 heyelanda 45617 konutun da muhtemel afete maruz kaldığı tespit edilmiştir. (TAŞDEMİROĞLU, 1970)

3. YAMAÇ HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

3.1. Genel : Terzaghi’nin 1950 senesinde yayınladığı en mükemmel tebliğinde, heyelan olayının son derece karışık ve çeşitli olduğunu ve bir çok sınıflandırmaların yapılmasının mümkün olabileceğini belirtmiştir. Mühendisler ve jeologlar heyelan, şev stabilite problemleri ile ayrıca ekonomik ve emniyetli inşaat projelerinin ortaya konmasında sorunludurlar. Mühendisler gayelerine en iyi şekilde ulaşabilmek için bu açıdan hareketle bir sınıflandırma yapabilirler.

Aşağıdaki paragrafta ABD’leri Karayolları Araştırma teşkilatının 1958 de yaptığı detaylı bir araştırma verilecektir.

Heyelanların sınıflandırılması çok çeşitlidir. Mesela: İçerdikleri malzemeler yönünden Şekil, hız, sebep ve hareket tarihleri yönünden; birçok gruplara ayrılabilirler. Terzaghi 1950’de heyelanı oluşturan birimlerin fiziki özelliklerine göre bir sınıflandırma yapılmasını önermiştir. SAVARENSKİ tarafından geliştirilen sınıflandırma, Rusya’da sık sık kullanılan ve heyelan kayma yüzeyine göre gruplandırılan sistem olarak tariflenmiştir. Bu sınıflandırma Sovyetler Birliği’nde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. (Mencil, V. And ZaARUBA, Q.1969 Landslides and their control.) Yazar heyelanları üç gruba ayırmıştır: Asequent Heyelanlar, Consequent Heyelanlar, İnsequent Heyelanlar olmak üzere.

Absequent Heyelanlar : Homojen, kohezyonlu zeminlerde meydana gelirler. Kaymalar eğrisel, kabaca silindirik yüzeyler boyunca olur.

Consequent Heyelanlar: Bu tür heyelanlar, tabakalanma, eklem, çatlak ve şistozite yüzeyleri gibi daha önceden mevcut düzlemler boyunca olur.

Insequent Heyelanlar: Tabakalanma yüzeyleri boyunca olurlar ve çok derinlere kadar ulaşabilirler. Popov’a göre heyelanların sınıflandırılmasında rejyonel şartların dikkate alınması önerilmektedir. Bu tip sınıflandırma bu sahalarda çalışan genç mühendisleri, problemlerine kolaylıkla yaklaştırmak için imkan verir.

SKEMPTON VE HUTCHINSON, 1969. İse heyelan sınıflandırmalarını killi zeminlerde hareket şekline göre ayırmışlardır. Heyelanları yaşlarına göre aktif heyelanlar ve durmuş heyelanlar olarak bölümlere ayırmak mümkün olabilir. Başlangıç olarak biz heyelanları iki kısma ayırıp bölümlerini aşağıdaki şekilde göstereceğiz.

I – Heyelanlar

I.1. Düşmeler (Kopmalar)

I.2. Kaymalar

I.3. Akmalar

I.4. Karmaşık Heyelanlar

II – Çeşitli Şev Hareketleri

II.1. Krip (creep)

II.2. Akıcı (Çok Hassas) killerdeki heyelanlar

II.3. Soliflüksiyon (Solifluction)

II.4. Çığlar

3.2. Heyelanlar

Heyelan sözcüğü, doğal kaya, her çeşit zemin, yapma dolgu malzemesi ve bunların çeşitli bileşimlerinden meydana gelen şevli malzemelerin aşağıya ve dışa doğru hareketleri olarak tanımlanır. Hareket eden kütle şu üç ana hareketten biri yada çeşitli bileşimleri şeklinde gelişir. “düşme”, “kayma”, yada “akma”. Bir heyelan aşağıya doğru gelişirken öteki parçaları yukarıya doğru hareket edebilir.

Ekte sunulan ŞEMA(I) de heyelan örnekleri küçük resimlerle gösterilmiştir. Şemada zemin cinsi sütunlar, hareket tipi ise satırlar halinde tertiplenmiştir. “Akma” tipindeki heyelanlarda zeminin suya doygunluk dereceleri resimlerin akma grubu içindeki konumları ile belirtilmiştir. Her bir heyelan şeklinin yanında hareketin hızını belirten bir not yazılır. ŞEMA: I'nin alt tarafında verilen hız ölçeğinde de bu hızların değerleri belirtilmiştir. (ŞEMA: I u). “Kaya düşme ve kaymaları” ŞEMA: I 'nin sol üst kısmında ;”toprak düşme ve kaymaları” ise sağ üst kısmında gösterilmiştir.). “Akma “hallerinde zemin cinsleri çeşitli kategorilere göre gruplandırılmıştır.

3.3. Düşmeler

“Düşmeler” çok yaygındır. “Toprak ve kaya düşmeleri” kütle, havada serbest düşme , sıçrama, sekme yada yuvarlanma hareketi yapar, bu düşme sırasında hareket eden birimler birbirlerine ya hiç etkisi olmaz veya çok az olur. Hareketler hızlıdan son derece hızlıya kadar değişir.

3.4. Kaymalar

Gerçek kaymalarda hareketler bir yada birkaç yüzey boyunca kesme mukavemetinin azalmasından doğar; Bu yüzeyler gözle görülebilir veya tahmin edilebilir. Kaymalar hareketlerin mekanik özelliklerine göre iki alt gruba ayrılabilir: “Hareket eden kütlede büyük

değişmeler bulunmayanlar” Bu gruba herkezce çok iyi bilinen “çökmeler”, yani “dönel kaymalar” olarak tanımlanan az çok düzlemsel yüzeyler boyunca oluşan kaymalar girmektedir. Diğer alt grubu, daha çok “kaya ve döküntü kaymaları” ve “yanal yayılmalar” kapsamaktadır. Her iki gruba, sınıflandırmada”blok kaymaları” olarak adlandırılan ve az çok düzlemsel yüzeyler boyunca oluşan kaymalar da dahildir.

3.5. Akmalar

“Akmalar” da yer değiştiren kütle içerisindeki hareket o şekildedir ki hareket eden malzemenin aldığı şekil yada görünen hız dağılımları ve yer değiştirmeler yüksek viskoziteli sıvılardaki duruma benzer. Hareket eden kütle içindeki kayma yüzeyleri çoğunlukla görülmez. Hareket eden malzeme ile duran malzeme arasındaki sınır kesin olabilir,veya “plastik akma bölgesi” ile ayrılabilir. Malzeme zorunlu olarak akma anında gevşemiştir. Ancak bu malzeme kaya parçaları, ince granüler zemin, su ve döküntü karışımı, yada plastik kilden teşekkül etmiş olabilir. Kaya, toprak, bozmuş kaya parçaları karışımından oluşan katı malzemenin daha fazla su alması sonucunda “döküntü heyelanı yada döküntü çığı” ve sonunda “döküntü akması”na giden devamlı bir geçiş vardır. Plastik yada çok taneli malzemeden teşekkül eden toprak kaymaları su tenörü artınca, “çamur akması” haline gelir.

3.6. Karmaşık Heyelanlar

Herhangi bir heyelan çoğunlukla gelişiminin çeşitli zamanları yada türlü kısımlarında değişik hareket tipleri gösterir. Böylece heyelanların çoğu karmaşıktır. Ancak bunlardan her biri hakim ve karakteristik bir hareket tipini göz önüne serdiğinden kolaylıkla sınıflandırılabilir.(Atalay, Bekaroğlu. 1973).

3.7. Çeşitli Şev Hareketleri

Heyelan, aslında belli, tariflenmiş bir hareket olduğu halde, heyelandan bahseden herhangi bir makale veya eserde, Krip akıcı (çok hassas) killerdeki heyelanlar, Solifluction, çığlar gibi arazinin diğer denge bozukluklarına da yer vermek adet haline gelmiştir.

Her mühendis arazide diğer hareket tiplerine rastlayabileceğinden, bu noktalara kısaca değinerek ana konu olan heyelanın daha iyi anlaşılması sağlanacaktır.

3.8. Krip (Creep)

Krip yer çekimi tesirlerine ilave olarak kar,yağmur,don,ısı tesirleriyle, şişme ve büzülme, donma ve erime sonucu su muhtevasında ve sıcaklıkta meydana gelen değişmeler gibi mevsimsel iklim olayları etkisiyle kohezyonlu zeminlerde meydana gelir. Kripte hareketin hızı yılda cm.ler hatta mm.ler mertebesindedir. Yerçekiminden doğan krip çok derin zonlara inebildiği halde iklimsel olaylardan doğanlar bu olayların etkileyebildikleri zonların

derinliği ile sınırlıdırlar. Kripte stabil ve hareket eden zonlar arasında kesin bir sınır yoktur. Yerçekiminden doğan krip uzun süreli bir plastik deformasyonun sonucudur.

3.9. Akıcı Killerdeki Heyelanlar

8 veya daha büyük hassasiyetli denizel orijinli kil çökeltilerinde özel bir türde kitle hareketleri meydana gelir. Denizin çekilmesi nedeniyle, İskandinavya ve Kırım'da olduğu gibi yüksek tuz ihtiva eden denizel killer deniz seviyesinin üstünde kalırlar. Zeminin boşluk suyundaki tuz muhtevasının tedricen azalması, zeminin floküle (petek) (kardan ev gibi bir strüktür.) yapıdan dağınık (danesel bir strüktür) yapıya dönüşmesine yol açar. Bu olay bu çökeltilerinin kayma direncinin azalması sonucunu doğurur. Zemin tuzunun yıkanması durumunda zeminin su muhtevası değişmez. Kayma direncinin azalması bu tür killerin viskoz bir sıvı gibi davranarak kaymasına yol açar. Bu olay geriye doğru gelişen bir karakter gösterir. Çok az eğimli veya hemen hemen yatay durumdaki şevlerde bile çok geniş alanlara yayılabilir. Olay çok hızlıdır.

3.10. Soliflüksiyon (Solifluction)

Donlu bölgelerde donmuş yüzeysel tabakalar yazın sıcaklığa bağlı olarak bir sınıra kadar erirler. Suya doygun bu yüzeysel tabakalar donmuş, dolayısıyla geçirimsiz durumda olan alttaki tabakalar üzerinde hareket edebilirler. Bu olay çok az eğimli şevlerde bile meydana gelebilir.

3.11.Çığlar

Çığlar esas olarak kar ve buzdan oluşurlar. Ancak yöresel koşullara bağlı olarak zemin kitlelerini de bünyelerine alabilirler veya oluşumları sırasına yolları üzerindeki zeminleri kazanabilir ve bünyelerine alabilirler. Zaten pür çığlar (zemin ihtiva etmeyen) bile, mühendislik açısından heyelanlar gibi pek çok sorunlar doğururlar.

4. TÜRKİYENİN HEYELAN VE MAKROSİSMİK DURUMLARINA GENEL BİR BAKIŞ

Türkiye dünya deprem haritalarında "Kuzey Anadolu fay hattı" olarak bilinen ve uzunluğu 1000 km yi aşan bulan aktif bir deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Bu fay doğuda Van ilimizden başlayarak kuzeybatıda uzanmakta olan daha sonrada önemli bir kısmı Karadeniz kıyı şeridine paralel ve 50-80 km kara içerisinde devam etmektedir.(Kuran 1975). Tarihi depremlerin meydana geldiği fay kuşağı bilahare güneybatıya yönelip Edremit'in kuzeyinde son bulmaktadır. (Şekil 4.a.) Diğer önemli bir deprem kuşağı Antakya, Maraş, Malatya, Erzincan ve Kars illerimiz üzerinden geçen bir hattır. Bu harita hazırlanırken Karnik 1969, Ambraseyes, 1971 Kuran , 1975, Güçlü, Ketin 1967, kaynaklarından istifade edilmiştir. Ayrıca heyelanlarla ilgili gelişmeler Taşdemiroğlu 1970 çalışmalarından yararlanılmıştır.

Hazırlanan haritada ayrıca Kuzey Anadolu Fay hattı üzerinde 1939-1966 yılları arasında tahripkar depremlerle birlikte oluşan fay kırıklarının yerleri ve boyutları da gösterilmiştir. Yıkıcı depremler ve bunlarla birlikte oluşan fay kırıkları sırasıyla 1939 Erzincan depremi, 1942 Erbaa-Niksar arasında meydana gelen fay kırığı, bir yıl sonra meydana gelen 1943 depremi ve Amasya ile Kastamonu arasında meydana gelen fay kırığıdır. 1944 de meydana gelen depremlerle birlikte Bolu ile Kastamonu arasında büyük bir fay kırığı meydana gelmiştir. 1967 Mudurnu vadisi depremi ile meydana gelen fay kırığı ve 1953 Yenice-Gönen depremiyle hasıl olan fay kırığı haritada gösterilmektedir. Ayrıca 1957 Abant ve civarında meydana gelen deprem ve bununla birlikte meydana gelen kırık dikkati çekmektedir.

Kuzey Anadolu Fay hattı üzerinde yeni bir aktivite 1966 da Erzincan'ın güney doğusunda görülmektedir. Bu depremlerle oluşan fay kırığı Kuzeybatı-Güneydoğu istikametinde gelişme göstermektedir. Bütün bu tahripkar depremlerle oluşan faylar Kuzey Anadolu fay zonunda karakteristik en-echelon (kademeli) tipte kırıklar meydana getirmişlerdir. Heyelan sahalarıyla deprem episantrlarının aynı harita üzerinde işlenmesi şu hususları ortaya koymaktadır.

Mevcut heyelanların büyük bir kısmı tahripkar depremlerin meydana geldiği Kuzey Anadolu fay hattıyla Antakya-Kars hattı arasındaki aktif deprem kuşağı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Özellikle 1939,1943 ve 1944 yıllarında oluşan fay kırıkları boyunca ve bu fayların uçlarında heyelanların yoğunlaştığı dikkati çekmektedir. Ege Bölgesinde de $M > 7$ olan depremler civarında da aktif heyelan sahaları yer almaktadır. Konya ve civarında ise hem deprem episantrlarının ve hem de aktif heyelan merkezlerinin azaldığı dikkati çekmektedir. Göller bölgesinde kaya düşmeleri, heyelanlar ve büyük magnitüdü depremler görülmektedir. Etüt sahamız olan Samsun-Hava Alanı ve civarı özellikle tahripkar depremlerin olduğu, 1939,1942 ve 1943 fay kırıklarına çok yakın olduğu görülmekte ve özellikle 1938 yılında meydana gelen bir depremde bazı evlerin zarar gördüğü ve repliklerin ise Samsun'da 2-3 ay süreyle devam ettiği bilinmektedir. Etüt sahamızda görülen kırık sistemlerinin doğrultularıyla ana fay doğrultuları arasındaki benzerlikler ve ilişkilere Bölüm (8-6) da yer verilecektir.

5. SAMSUN HAVA ALANI HEYELANINA İLİŞKİN ÖN BİLGİLER

Samsun Hava alanı 1958 yılında hava trafiğine açılmıştır. Sonraları pist boyutları ihtiyacı karşılayamamış emniyet sahalarında ve pist başlarına ilaveler yapılmıştır. Şekil 5.a. Bu çalışmalar sırasında pist yanında (güneybatı) heyelan görülmüş bu durum Hava Meydanları ve Akaryakıt Tesisleri İnşaat Reisliğinin 13 Mart 1967 tarih ve 2337 sayılı yazıları ile Karayolları Genel Müdürlüğüne bildirilmiştir. Karayolları ve Hava alanları arasında yapılan protokol antlaşması üzerine Karayolları Araştırma Fen Heyeti

Müdürlüğünden İnş.Yük.Müh. Turhan Utku ile Jeomorfolog Talat Uysal görevlendirilmiştir. İlk etütler yapılarak görüşlerini bir ön rapor ile belirtmişlerdir. (Utku , Uysal 1967).

Hava alanı inşaatı sırasında yapılmamış olan 60 m lik toprak dolgu emniyet pisti, alan işletmeye açıldıktan sonra eksikliğini hissettirmiş, heyelan projesi ile birlikte buranın da ele alınması istenmişti. Daha önce beton pist başında (kuzey) 10 m uzunluğunda bir imla teşkil edilmişse de derhal kaydı görülmüştür. Yeni inşa edilecek emniyet pistinin tamamen heyelanlı arazi üzerine oturtulması gereği ile proje hazırlanmış bu projede yüzey drenaj ve kılçık drenajları ile 3 m eninde 7 m derinliğinde 170 m boyunda istinat duvarı önerilmiştir.(Utku 1967) .Daha sonra proje müh. İnsiyatifi ile duvar ebatları en 3.78 m minimum derinlik 9.60 m uzunluğu 170 m olmak üzere inşaatı 24.12.1968 de tamamlanmıştır.

Pist yanı istinat duvarı ise projesinde öngörülen boyutlarda 7 m derinlik ve 3 m en ve 116 m uzunluğunda olmak üzere inşa edilmiş. 18.11. 1968 de pist başı projelerinde detayları verilen pareler ve şutleriyle birlikte teslim alınmıştır.

Kısa müddet sonra istinat duvarlarında ve arazide çatlaklar belirmiş araştırma Fen Heyeti Müdürlüğünden İnş.Yük.Müh. Talat Dada heyelan sahasında etütlerini yapmıştır. Neticede drenaj derinliğinin projesine uygun olmadığını, pist yanı istinat duvarının ise projesine uygun inşa edildiği halde duvar hafriyatından çıkarılan malzemenin düzensiz bir şekilde duvar önünde bırakılmasının suların göllenmesine sebep olduğu belirtilmişti (Dada 1969).

Toprak dolgu emniyet pisti inşaatını tehlikeye düşürdüğü için tekrar yerinde çalışmalar kararlaştırılmış 10 adet sondaj ile zemin durumu ve yeraltı su seviyesi incelenmiştir.

Açılan sondaj deliklerine sonradan plastik borular (Alkathene tüp) yerleştirilerek kayma yüzeyi tespit edilmeye çalışılmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonunda Heyelanlı kütlenin yaklaşık olarak 3 m ile 6 m ler arasında mevcut suların tesiri için çeşitli yüzeyler boyunca kaydığı tahmin edilmiştir. Yer altı sularının pist sonu yani dolgunun başlangıcından itibaren yapılacak derin drenaj sistemi ile kestirilmesi önerilmiştir. Drenaj derinliği en derin yer altı su seviyesi (7.50 m) nin altına inecek şekilde minimum 8 metre derinlik 200 m uzunluğunda uygun görülmüştür.(Balkır 1970). Ancak, inşaatı başlamadan evvel yeniden tahkik sondajlarının yapılması öngörülmüş 22.4.1972 tarihinde bitmek üzere 9 adet sondaj ile 3 adet el burgusu çalışması yapılmıştır. Neticede drenaj projesinde değişiklikler yapılmış minimum 8 m olan drenaj derinliği bir miktar arttırılmıştır.(Balkır 1972).

Drenaj projesi Karayolları 7. Bölge Müdürlüğünce minimum derinlik 9.6 m, uzunluğu 200 m olmak üzere Ocak 1973 tarihinde tamamlanmıştır.

6. İNCELEME ALANI GENEL JEOLJİSİ

İnceleme alanının genel jeolojisi haritası Şekil 6.1 de verilmiştir.

6.1. Stratigrafik Jeoloji

İnceleme alanı ve çevresinde altı kaya birimi ayırt edilmiş ve haritası yapılmıştır. Bu birimlerin stratigrafik yönden istiflenmesi aşağıda verilmiştir.

Senozoyik, Alüvyon, Tersiyer, Neojen, Üstte kil, altta jips bantlı marn, Paleojen, Eosen

i) Volkanik seri (Andezit, Bazalt, Tüf, Aglomera)

ii) Fliş

Mesozoyik, Kretase

i) Fliş

ii) Kireçtaşı

Aşağıda eskiden başlanarak bu birimlerin özellikleri açıklanmıştır.

Mesozoyik, Kireçtaşı

İnceleme alanı içinde yersel olarak

Mahmur Dağı kuzey ve kuzeybatısında görülürler. Kireçtaşı beyazımsı gri, mavimsi, çoğun masif veya kalın tabakalı ve kristalendirler. Alt kretase yaşlıdır.

i) Fliş

Bu birim sahilden 10 km kadar içerden başlar ve güneye doğru geniş bir alanı kaplar. Fliş, marn, kumtaşı ve kıltaşı tabakalarından oluşur. Ardalanmaya yer yer marnlı kireçtaşları ve konglomeralar katılır. Ayrıca sahile yakın kısımlarda seyrek volkanik katkılar görülür. Marn ve marnlı kireçtaşları gri ve kirlili yeşil, kumtaşı, kıltaşı ve konglomeralarda çoğunlukla koyu renklidirler. Kumtaşı ve konglomeralarda çimento kireçtir. Yol yarmalarında çok güzel tabakalanma gösteren flişte tabaka kalınlıkları 10-50 cm arasındadır. Volkanik katkılar ise 5-25 m lik kalınlıklar gösterir. Yer yer fosil izlerinde rastlanan flişte marn ve kıltaşı tabakalarında yersel şistiyet görülür.

Senozoyik, Eosen

i) Fliş

Bu birim kumtaşı, kıltaşı marn ve konglomera tabakalarından oluşmuş olup, birim içinde seyrek olarak volkanik tüf ve aglomera katkıları görülür. Güzel tabakalanma kesitleri veren birimde tabaka kalınlıkları 5-10 cm arasında değişir.

Volkanik Seri

İnceleme alanında yaygın olan bir birimdir. Çoğunlukla ayırt edilemeyen andezit, bazalt, aglomera ve tüf karmaşığı yapısındadır. Eosen yaşlı bu iki birim sahada Kuzeybatı-Güneydoğu doğrultusunda, genişliği 5-12 km arasında değişen bir şerit şeklinde uzanır.

Tersiyer, Neojen

i) Kil-Marn

Bölgede Neojen, Samsun ili yerleşme alanını içine alıp SW doğrultusunda uzanır. Bu birim çeşitli amaçlarla açılmış derin kuyu verilerine göre, üst düzeylerde kil, alt düzeylerde ise Jips arabantlı, sarı renkli marn özelliğinde devam eden birimde, daha sonra mavi, kurşuni renkli jipssiz marn tabakaları görülür. İl sınırları içindeki aktif heyelanları kapsayan birimdir.

Kuarterner

i) Alüvyon

Marn ve kürtün ırmaklarının yataklarında biriktirdiği, kalınlığı 10-35 m arasında değişen çakıl-kum, kıyı şeridi boyunca sel sularının ve akış gösteren derelerin birikinti materyali ile denizel orijinli kum-çakıl karışımları bu birimi teşkil eder.

6.2. Volkanizma

Bölgede, volkanizma, üst Kretase içinde başlar Eosen ve Eosen sonrasında da aralıklı olarak devam eder. Bu durum, gerek inceleme alanında gerekse Karadeniz kıyı bölgesinde açıkça gözlenir. Üst Kretase Fliş birimi içinde, kalınlığı 5-25 m arasında değişen andezit sill'lerinin yer aldığı, ayrıca bazalt aglomera ve tüflerinde gerek ara tabakalar halinde gerekse üst düzeylerde olmak üzere stratifikasyona katıldıkları gözlenir. İki birim ile temsil edilen Eosen'de ayrı ayrı görülen andezit, bazalt, tüf ve aglomeralar yanında, fliş biriminde de ara tabakalar halinde volkanikleri ve hatta fliş birimlerini birbirinden ayırt etmek güçtür. Ancak Eosen fliş serisinin belirgin rengi olan sarı renk yardımıyla ve fosil muhtevasıyla iki zaman arasında bir ayırım yapmak mümkün olabilmektedir.

6.3. Yapısal Jeoloji

İncelenen sahayı da içine alan Karadeniz Bölgesi, daha çok Alp'in hareketlerinden etkilenmiştir. Bu kısımdaki Üst Kretase birimleri özellikle Laramien safhasında kıvrımlanmış, yer yer geniş dalgalı jüra tipi kıvrımların yanında karmaşık şekiller, devrik ve yatık antiklinal ve senklinaller oluşmuştur. Genellikle güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda bir sıkışmadan etkilenmiş sahada, kıvrım eksenleri kuzeybatı-güneydoğu (NW-SE) doğrultusundadır. Sürüme kıvrımları ise doğu-batı (E-W) olup, devrilme kuzeye doğrudur. Kıvrımlanmanın yanında pek çok kırık hattı da oluşmuştur. Silsilelerin sahile bakan yüzünde, bilhassa basamak şekilli faylar göze çarpar. Hatta denilebilir ki, sahil boyunca, yaklaşık doğu-batı istikametinde büyük bir kırık hattı uzanmaktadır. Tektonizma neticesi meydana gelen kırık hatları çoğunlukla alt yapıya kadar ulaşmakta böylece, gerek Kretase'de gerekse Eosen'de kırıklar boyunca andezit, bazalt, spilit, saha dışında da, dasit ve granodiyoritler yer yer yüzeye çıkmış,

yer yerde stratifikasyona iştirak etmişlerdir. Faylar, aktivitelerini Neojen hatta Kuvarterner'de sürdürmüş ve yeni volkaniklerin teşekkülüne yol açmıştır.

Üst Kretase ile Eosen arasında bir diskordansın mevcut olduğu ve Pirene safhasında denizin bölgeden çekildiği izlenir. Eosen fliş birimi sahile bakan kısımlarda denize doğru hafifçe meyillidir. Güneyde ise oldukça meyilli tabakalar görülür. Eosen sonrası, deniz yer yer çekilmiş Lagünler teşekkül etmiştir. Yer yerde denizel sedimanların biriktiği gözlenir ki bu, Miosen transgresyonuna bir işaret sayılır. (Karaalioğlu 1976).

7. SAMSUN HAVA ALANI JEOFİZİK ÇALIŞMALARI

Samsun hava alanı jeofizik çalışmaları, derin rezistivite etütleri ve karşılıklı atışlarla gerçekleştirilen sismik refraksiyon çalışmalarını içermektedir. Çalışmalar heyelanın en fazla zarar verdiği bir profil üzerinde yani, heyelan eksenini üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Rezistivite çalışmalarına öncelikle başlanmasının nedeni, eklemeli-sismik-refraksiyon çalışmaları için müsait off-set (yani dinamitin patlatıldığı noktaya ilk jeofon arası) mesafesini saptamak içindir. Mevcut heyelan sahası civarında derin mekanik sondajlar bulunmamaktadır. Rezistivite ve sismik çalışmalar bu nedenle derinlerde yer alan jeolojik birimlerinde ortaya konulmasına yöneltilmiştir. Hava alanında pist kenarına paralel olarak seçilen jeofizik kesit üzerinde: formasyon rezistivite, zeminin dinamik özelliği (dinamik kayma modülü, G_{max} , dinamik poisson oranı, σ gibi) ve farklı sismik hıza sahip tabaka derinlikleri göstermiştir. (Şekil 7a). jeofizik çalışmalar aşağıda iki bölüm halinde derlenerek sunulmuştur.

7.1. Derin Elektrik Rezistivite Sondajları

Şekil- 5a da Samsun hava alanı uçak pistinin güneydoğusundan başlamak üzere, kuzeye doğru müsait aralıklarla elektrik rezistivite ölçü noktaları atılmıştır. E.H.A.1 ile E.H.A.20 ölçü noktalarını kapsayan profil hattı üzerinde, heyelan sahası topografyasının olarak verdiği ölçüde derin rezistivite sondajlarının yapılmasına çalışılmıştır. Rezistivite noktalarının arasındaki mesafeler E.H.A.1 ile E.H.A.9 ölçü noktaları arasında 50 şer metre, E.H.A.9 ile E.H.A.20 noktaları arasında aktif heyelan sahasına girildiği için 25 şer metre olarak alınmıştır. Rezistivite ölçüleri sırasında 300 metre derinliğe nüfuz edebilmek için açılım yapılarak, dış akım elektrotlarından yere akım tatbik edilmiş ve iç elektrotlar vasıtasıyla daha önce saptanan elektrot aralığı mesafeleri için ρ_a (görünür rezistivite) değerleri ölçülmüştür. Logaritmik bir kağıt üzerinde her elektrot açıklığı (a) için görünür rezistivite ρ_a değerleri belirlenmiştir. Şekil (7.1a-7.15)

Wenner açılımı için $\rho_a = 2\pi.a.(V/I)$ formülü kullanılmıştır. Burada a, elektrod aralığı(metre), V/I ise alet üzerinde okunan potansiyel farkının akım şiddetine olan oranıdır.

Rezistivitenin birimi bu hesaplarla ohm.m olarak hesaplanmıştır. Wenner dizilimi için bulunan bu görünür rezistivite değerleri Şekil 7.1(a-s) da elektrot aralığının (a) bir fonksiyonu olarak log-log ekseninde gösterilmiştir. Eğri tefsirleri aynı şekilde logaritmik bir abak çakıştırılması suretiyle yapıldığı için, log-log ekseninde gösterilmişlerdir. Eğri tefsirleri aynı şekilde logaritmik bir abak çakıştırılması suretiyle yapıldığı için, log-log grafikleri üzerinde saptanan derinlikler gerçek derinliklere tekabül etmektedir. Böylelikle (a) eksenine paralel kolonlar boyunca çakıştırma yöntemi ile bulunan tabaka derinlikleri, formasyon gerçek rezistivite değerleri, sismik verilerle elde edilen P ve S dalga hızları bir arada gösterilmişlerdir. Bu tür bir gösterim tekniği rezistivite ölçü sisteminin Wenner olması halinde mümkün olabilmektedir. Elektriki rezistivite çalışmaları İsveç firmasınca yapılan ABEM TERRAMETER cihazı ile sürdürülmüştür.

7.2. Sismik Refraksiyon Çalışmaları

Hava alanı heyelan sahasında, rezistivite ölçü noktalarında karşılıklı atışlarla gerçekleştirilen sığ refraksiyon ve ayrıca eklemeli-sismik-refraksiyon çalışmalarıyla derinde yer alan zeminlerin dinamik özellikleri incelenmiştir. Sismik refraksiyon çalışmalarının heyelan sahalarındaki uygulamasından gerçek amaç: gevşek zeminlerin uzanımlarının tayini, özel süreksizlik gösteren seviyelerin tanınması,ve ayrıca tabaka kalınlıklarının saptanmasıdır. Ölçülen P dalga hızının zeminin sıklığı ile yakından ilişkisi olması, sismik refraksiyon çalışmalarının önemini bir kat daha artırmıştır.(Kuran 1975). Killi zeminlerin gevşek-sert arası yerlerinin araştırılmasında sismik refraksiyon çalışmaları oldukça başarılı neticeler vermektedir. Derin rezistivite çalışmaları sonucu sahanın genel jeolojik birimlerinin kalınlıkları saptanmış, ve eklemeli-sismik-refraksiyon çalışmaları için müsait off-set mesafesi hesaplanmıştır. Konglomeranın 125 m yi bulan derinliklerde yer aldığı saptandıktan sonra müsait off-set mesafesinin 200-300 m arasında alınmasına yarar görüldü. Sığ sismik refraksiyon çalışmaları için Nimbus firmasının “Engineering Seismograph –6c)” aleti kullanılmıştır. Bu cihazla yerinde S dalgası (yani kesme dalgası) elde edilmiştir. Sismik refraksiyon çalışmaları karşılıklı atışlarla yapılarak, sismik hızlar hesaplanmış bilahare bunlardan kayma modülünün bulunmasına geçilmiştir. Kayma modülü aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$G_{\max} = (\rho/g).V_s^2. 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho = 2.65 \text{ gr/cm}^3 \text{ (yoğunluk)}$$

$$V_s = \text{S-dalgası hızı (km/sn)}$$

$$G = 9.81 \text{ (gravite ivmesi m/sn}^2\text{)}$$

Etüt sahasında alınan numunelerin D.S.İ. laboratuvarlarında elde edilen yoğunluk değerleri 2.65 gr/cm^3 olarak bulunmuş ve yukarıdaki formülde yerine konmuştur. Derin sismik refraksiyon atışları için 12 kanallı S.I.E. firmasınınca imal edilen RS-4 sismik refraksiyon cihazı kullanılmıştır. RS-4 sismik cihazına Jeofon aralıkları 50 feet olan jeofon kablosu bağlanmıştır. Sismik refraksiyon çalışmaları sırasında kısa off-setli mesafesi alınmış ve böylece ilk varışların kaydedilmesine olanak sağlamıştır. 1.2 m olarak alınan off-set mesafesinde 300 gr dinamit patlatılarak enerji hasıl edilmiş ve kayıtlar alınmıştır.

Sismik kayıtların sıhhatli okunması ve uzun süre muhafaza edilebilmesi için, aleti yapan firma tarafından gönderilen kimyasal bir madde kullanılmıştır. 10 milisaniyelik zaman aralıkları içindeki ilk varışları hassasiyetle okuyabilmek için, büyütmesi 50 olan bir mikroskop kullanılmıştır. Sismik dalgaların jeofonlara varış zamanlarını hesapladıktan sonra şekil(7.2a-7.2n) de gösterilen zaman-mesafe eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilerin tefsirlerinden sonra tabaka hızları hesaplanmış ve bu hızlardan istifade edilerek standart intersept tekniği uygulanarak tabaka kalınlıkları hesaplanmıştır. Hesaplama esnasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$H_1 = \frac{t_i}{2} \cdot \frac{V_1 \cdot V_2}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

Bu formülde ; t_i = intercept zamanı

V_1 = İlk tabaka hızı

V_2 = İkinci tabaka hızı

7.3. Alınan Neticeler Ve Tefsirleri

Sismik refraksiyon ve rezistivite ölçü neticeleri Şekil 7.a da , yatay ekseni 1/1000 düşey ekseni 1/200 ölçekli bir kesit üzerinde gösterilmiştir. Bu kesit üzerinde: 1968 de yapılan istinat duvarlarının konumu, aktif heyelan başlangıcı, pist ucu ve ayrıca kayma yüzeylerinin saptanması için yerleştirilen plastik tüplerin kırıldığı noktalar belirlenmiştir. Heyelan sahasında sismik refraksiyon, elektriki rezistivite mekanik sondaj ve standart penetrasyon test sonuçlarının müşterek analizi aşağıdaki hususları ortaya koymuştur.

i) Sismik hızların formasyonun ihtiva ettiği suyun kondüktivitesinden ziyade, sıklık ve sertlik derecesine bağlı olması nedeniyle heyelan sahasında sismik hızlarla önemli bölümlere ayırmak mümkün olacaktır. Örneğin, 126-226 m/s gibi düşük hız veren, yüzeydeki ilk birimler, S.P.T. testleriyle elde edilen ortalama darbe adetleri $N=4-5$ olarak bulunmuştur.

EARTH MANUAL Sayfa 313 de doygun ince taneli silt ve kil toprakların nisbi sıklığı ile penetrasyon mukavemeti arasındaki tabloda, darbe adedi 2-4 arasında olan birimler “yumuşak” olarak sınıflandırılmıştır. Bu yumuşak seviyenin kalınlığı 2.14 ile 5.50 m arasında değişmektedir. Bu seviye rezistivite ölçüm neticelerinde , 5-16 arasında düşük rezistivite değerleriyle karakterize edilmişlerdir.

ii) Yumuşak olarak nitelendirilen üst seviyenin altında, sismik P-dalga hızları 970-1875 m/s arasında değişme göstermektedir. Ancak şekil-7a da kolaylıkla görülebileceği gibi, bu yumuşak kil birimlerinin altında sismik P-dalgası hızlarının 703-1524 m/s arasında değişen değerleri S.P.T. verilerinin N= 11 darbe sayısına tekabül etmektedir. (E.H.A.12 noktası). S.P.T. değerlerinin 8-15 değer aralığında kalan birimler, “katı” olarak sınıflandırılmıştır Bu seviye, etüt sahasında daha önce yerleştirilmiş olan plastik tüplerin kopma derinliklerinin meydana gelmiş olduğu, suyla doygun birimleri içermektedir. El burgusu ile yapılan birçok sondajlar, yer altı su seviyesinin ortalama 4 m derinlikte başladığını kanıtlamıştır. Şekil 7.a dan da görülebileceği “katı” olarak sınıflandırılan bu killi birimin tabanı önemli derecede ondülasyon göstermektedir. E.H.A.12 ölçü noktasında yerinde kesme hızlarının elde edilmesini takiben G değeri hesaplanmış ve 7994 kg/cm² olarak bulunmuştur. Kayma modülünün (G) en düşük elde edildiği nokta E.H.A.11 ve E.H.A.12 noktaları olup bunlar 1968 yılında yapılmış bulunan istinat duvarının hemen üzerindedir. Plastik tüpün kırıldığı seviye, “katı” olarak sınıflandırılmış birimleri içinde yer almaktadır. Ancak bu N=11 darbe adedi ile karakterize edilen seviyeye ait kalınlık, sismik hız değerleri kullanılmak suretiyle 27.8 m olarak bulunmuştur. (E.H.A.12).

iii) Sismik P-dalga hızlarının 1700 m/s değerlerine eriştiği veya bu değeri aştığı seviyeler, heyelan mekanizması ile yakından ilişkili olduğu dikkati çekmektedir.

Kesitten bu 3. Seviyenin düzgün bir topografyaya sahip olmadığı, önemli ondülasyonlar gösterdiği izlenmektedir. Bu ondülasyonlardan en önemlisi E.H.10 ile E.H.A. arasındadır. 1700 m/s hızı aşan tabaka kalınlığı E.H.A.10 noktasında 4.82 m , E.H.A.11 noktasında 11.8 m ve E.H.A.12 noktasında ise 27.8 m derinlikte bulunmaktadır. Satıhta aktif heyelan başlangıcı olarak bilinen ve şekil 7.3a(a), (c) lerde görülen kopmalar, E.H.A.10 noktası üzerinde yer almaktadır. E.H.A.10 noktası ile E.H.A.12 noktaları arasında 1700 m/s hız seviyelerini aşan noktalar birleştirildiğinde doğrunun E.H.A.10 noktasını kestiği görülür. Ayrıca E.H.A.11- E.H.A.12 noktaları arasındaki plastik tüpün kesildiği seviyeye dikkat edilecek olursa, I nolu kayma yüzeyinin E.H.A.10 noktasından geçerek yüksek hız değerleriyle karakterize edilen formasyon sınırına paralel gelişme gösterdiği düşünülebilir.

Kesik çizgilerle gösterilen II. Nolu kayma yüzeyi; plastik tüplerin kesildiği derinlikler ve sismik hızlardan elde edilen tabaka sınırlarının müşterek analiz sonuçları; II Nolu kayma yüzeyinin, I Nolu kayma yüzeyine paralel olacak biçimde geliştiğini göstermektedir. Benzer şekilde III Nolu heyelan kayma yüzeyi de, elde edilen bilgilerin ışığında kesit üzerinde kesik çizgilerle belirlenmiştir. Kesitten görüleceği gibi maksimum kayma eksenini boyunca dairesel ve ardışıklı bir heyelan örneği etüt sahasının karakteristik görünümünü teşkil etmektedir.

Aktif heyelan başlangıcının güney-batısındaki kesimde altta büyük hız değerleriyle karakterize edilen seviyenin, heyelanın kuzey-doğusundaki görünümüne benzer biçimde aşırı derecede dalgalanma göstermekte olduğu dikkati çeker. 1700 m/s den daha büyük hız değeri veren seviyenin, S7 sismik noktasında ve E.H.A.10 noktasında yüzeye çok yakın olduğu, fakat güney-batıya doğru gidildiğinde, süratle derine daldığı sismik verilerin ışığında kanıtlanmıştır. Yüksek hız değeri veren seviye S2 ve S7 noktaları arasında bir çukurluk göstermekte, S7-E.H.A.10 noktaları arasında ise yukarıdaki durumun aksine bir tepe görünümü kazanmaktadır. Yukarıda da izah edildiği gibi yüksek hız tabakasındaki bu ondülasyonlar; aktif heyelan başlangıcının kuzey doğusunda daha sık ve kısa mesafeler içerisinde dalgalanma göstermektedir.

iv) Etüt sahasındaki sismik refraksiyon çalışmalarda derinlikleri 33-47 m arasında değişen ve 1886-2032 m/s gibi nispeten yüksek hız değerleri ile karakterize edilen dördüncü bir sismik zon elde edilmiştir. Yukarıdaki birimlere ait hızlardan daha büyük mertebelere ulaşan ve dolayısıyla daha sıkı bir seviye olarak düşünebileceğimiz bu zon kuzeydoğuya doğru dalımlı görülmektedir. 33-47 m derinliklerde yer alan bu seviye potansiyel bir kayma yüzeyi olarak düşünülebilmektedir. Ancak bunun daha iyi bir yaklaşımla saptanması 50 m derinliğe indirilecek bir plastik tüpün yerleşmesini gerektirebilir. Bu deneme sırasında tüpün ilk kayma yüzeylerinden kırılmasını önleyici bir tedbir olarak plastik tüpün ilk 30 metresi daha geniş çaplı bir demir boru içine alınmalıdır.

v) Samsun ve civarının aktif Kuzey Anadolu Fay hattına yakınlığı nedeniyle bir makro bölgeleme çalışmasının yapılmasını gerekli kılmıştır. Sismik refraksiyon çalışmalarının avantajları sadece özel süreksizlik gösteren “yumuşak” ve “katı” birimleri birbirlerinden ayırmakla kalmayıp fakat aynı zamanda mikro bölgeleme çalışmalarının da esasını teşkil etmektedir. Sismik hız ve tabaka kalınlıkları belirli olduğu için aşağıdaki yolda bir mikro bölgeleme çalışması yapılmıştır.

Zeminlerin toplam sismik şiddet artışı Prof. Medvedev (1963) tarafından aşağıdaki formül ile ifade edilmiştir.

$$n = 1,67. \log (\rho_o.V_o / \rho_n.V_n) + e^{-0.04 h^2}$$

Burada n =sismik şiddet artışı (GEOFIAN) skalasına göre değeridir.

ρ_o =Granite göre yoğunluk (2,9 gr/cm³), V_o = Sismik refraksiyon çalışmaları ile elde edilen granite ait P-dalga hızı (5600 m/sn). Granite ait sismik şiddet artışı $n_0=0$ olarak alınır. Diğer malzemelerin deprem şiddetini artırıcı özellikleri buna göre sınıflandırılır. Zeminlerin akustik sertliklerine hesaplama prensibine dayanan sismik-mikrozonlaşma çalışmaları, Samsun heyelan sahasında yukarıdaki formül kullanılmak suretiyle yapılmıştır. Bu yolda yapılan bir çalışmanın çok önemli avantajı: muhtemel bir depremden en fazla veya en az zarar görebilecek sahaları saptama olasılığıdır.

Yukarıdaki formülde (h) yer altı su tablası derinliğidir. Yer altı suyunun ilk 10 metre derinlerde bu ifade ihmal edilmektedir. Yer altı suyu hemen yüzeyde ise (h=0) bu değerde 1 olmaktadır. Yer altı suyu derinliğinin saptanmasında mekanik sondaj kuyu verileri ve sismik hız neticeleri göz önünde bulundurulmuştur. P-dalgası hızının 900-1000 m/sn aştığı seviyeler yer altı suyuna doymun kabul edilmiştir. Etüt sahasındaki zeminlerin yoğunlukları, laboratuarda hesaplanmış, 2,65 gr/ cm³ olarak bulunmuştur. Şekil 7a'dan görüleceği gibi sismik şiddet artış değerleri 1,62-2,35 arasında değişmektedir. En büyük sismik şiddet artışı değerinin E.H.A.11 noktası üzerinde 2.35 olarak bulunması, son derece dikkate değerdir. Zira en büyük sismik şiddet artışı olan noktada en düşük kayma modülü değeri $G=7081 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Birçok noktada sismik S-dalga hızları bilindiğinden KANAİ'nin formülü uygulanarak zeminlerin hakim titreşim periyodu $T=4h / V_s$ formülünden hesaplanarak ölçü noktaları üzerinde saniye olarak belirlenmiştir. Hakim titreşim periyodu değeri E.H.A.12 noktasında 0.2 saniye olarak S8. noktasında ise 0.18 saniye olarak bulunmuştur.

vi) Derin elektrik re4zistivite sondajları, killi birimler içerisinde meydana gelen sıklık farklılıklarını bize verememektedirler. Bunun nedeni yukarıda izah edildiği gibi, ölçülen rezistivite değerinin, formasyon suyunun kondüktivitesine kuvvetle bağlı olmasıdır. S9 nolu noktada 5 m derinlikten alınan yer altı su numunesinin 1 litresinde (1760) mg sülfat (SO_4^-) bulunmuştur.

Aynı suyun laboratuarda ölçülen rezistivite değeri 1.70 ohm-m dir.

Rezistivite sondajlarının ortaya koyduğu en önemli veriler şunlar olmaktadır: 300 metre elektrik sondajında 125 metreye kadar kayda değer rezistivite değişmesi olmamıştır. Bu durum derinlikle sıklığın artması halinde bile mineral sularının derinlere kadar formasyon içerisine hakim durumda olduğunu göstermektedir. Rezistivite eğrilerinin Şekil 7.1a-7.1s den de görülebileceği gibi 125 derinliğin altında dikkate değer şekilde artışlar göstermiştir. 300

metre derinliğe inen bu elektrik sondajlarında 125 metre kalınlığında hesaplanan Neojen yaşlı marn'ların çok kondüktif olmaları nedeniyle abak ile çakıştırma anında iki tabaka problemi çözülmüş gibi davranılmıştır. 125 m kalınlıktaki marn tabakası altında yer alan formasyonun hakiki rezistivitesi 38-150 ohm-m arasında değişmektedir. Bu rezistivite değerleri ile karakterize edilen formasyon, Samsun Limanı Feneri karşısındaki yamaçta mostra veren, Eosen yaşlı volkanik ara tabakalı konglemera üzerinde kısa elektrot aralıklı ($a=1$ m) rezistivite ölçümleri yapılarak, bu birime ait 77-156 ohm-m rezistivite değerleri bulunmuştur.

Gerek Samsun Hava Alanı etüt sahasında yapılan derin elektrik sondaj verileri, gerekse Samsun Feneri karşısındaki birimden alınan ölçüdeğerleri, birbirlerine so derece yakın sonuçlar vermiştir.

Şekil 7.2 m de Heyelan sahası civarındaki gevşek killi birimlerin altındaki marn (b), Zeytinlik mahallesi alanındaki sulu mağara olarak bilinen Aglomera ile ilgili (a) fotoğraflar görülmektedir. Şekil 7.2 m(c) de jips ara tabakalı marn üzerindeki heyelanlar görülmektedir.

7.4. Yeraltı Suyu Hareket Yönünün Saptanması İle İlgili Jeofizik Çalışmalar

Etüt sahasında bulunan yer altı sularını toplamak ve heyelan sahası dışına akıtmak amacı ile 1973 yılında derin yer altı drenajı yapılmıştır. Drenaj sisteminin doğrultusu yer altı sularına dik konumda tutulmalıdır. Bu husus yer altı sularını drenaj sisteminde toplayabilme açısından çok önemlidir. Jeofizik çalışmaları heyelan sahasında sürdürülürken drenaj doğrultusunun isabetli yönde seçilip seçilmediği araştırmak amacıyla kısa süreli ve pratik faydası olan bir jeofizik yöntem, drenaj hattının güneyinde Şekil-7.4a(b) de görüldüğü gibi uygulanmıştır. Bu uygulama sırasında elektriki rezistivite çalışmaları yapılmıştır.

Bir formasyonun rezistivitesi, formasyonun ihtiva ettiği suyun kondüktivitesine bağlıdır. (Sismik hız, suyun kondüktivitesine bağlı olmayıp, formasyonun sıklık derecesi ile doğru orantılıdır.) Rezistivite tekniği yukarıda izah edilen sebeplerden dolayı rezistivitenin suyun kondüktivitesi ile yakından ilişkili görünmesi bu yolda bir çalışma yapmamıza olanak vermiştir. Killi birimler üzerinde yapılan, elektriki rezistivite sondajları formasyon rezistivitesinin (4-16 ohm-m) arasında değiştiğini göstermektedir. Şekil(7.1a-7.1s).

Laboratuarda şekil(5a) da görülen tuzlusu konan noktadan 4 m derinlikten alınan bir suyun rezistivite değeri ölçülmüş (1,76-1,87 ohm-m)olarak bulunmuştur. Su rezistivitesinin bu derece düşük değer vermesi etüt sahamızda mevcut jips ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) seviyelerinin bulunmuş olmasındandır. Zira rezistiviteye etkiyen en önemli katyonlar (SO_4^- ve Cl^-) Sülfat ve klor olarak bilinmektedir. Yer altı suyunun hareketini kolaylıkla izleyebilmek için, önce el burgusu ile zemin delinmiş ve yer altı su seviyesine 3.97 metrede bırakılmıştır. Bundan sonra,

10 kg tuz (NaCl) büyük bir kap içinde suda eritilerek açılan kuyuya dökülmüştür. Şekil-7.4.a(b) den de görüleceği gibi 4 sabit elektrot N30°E doğrultusunda yere çakılmıştır. İkinci 4 elektrot N-S doğrultusunda elektrot açıklığı 5 m olacak şekilde yere çakılmıştır. 3. Bir 4 elektrot ise N45°W doğrultusunda a=5 m olacak şekilde çakılmıştır. Bu doğrultu uçak pistine dik olarak seçilen doğrultudur. Daha sonra 2 dış elektrottan yere akım verilmiş, 2.iç elektrottan da potansiyel farkı ölçülmüştür. Aşağıdaki formülden a=5 m için görünür rezistivite değeri hesaplanmıştır. $\rho_a = 2\pi.5 (\Delta V/I)$ kuyu içerisine boşaltılan tuzlu suyun rezistivitesinin 0.0877 ohm-m gibi çok düşük bir değer taşıması yer altı suyunun kil içerisindeki hareketi sırasında çok küçük rezistivite değerlerinin elde edilmesine olanak vermiştir. Şekil-7.4a(a) da görüldüğü gibi burğu ile açılmış sondaj kuyusundan itibaren daha önce seçilmiş olan elektrot doğrultuları esas olmak şartıyla 1'er m lik mesafeler ilerlemek suretiyle elektrotlar yer değiştirmişlerdir. Bu şekilde yapılan bir ölçü sistemiyle yer altı suyunun daha fazla hareket gösterdiği doğrultuda düşük rezistivitenin elde edilmesi beklenmekteydi. Nitekim N30°E , S-N , N45°W doğrultularında 1 Nolu, 2 Nolu, 3 Nolu durumlar için önemli bir rezistivite farkı göstermemiştir. Buna rağmen 4 Nolu elektrot durumu için N30°E doğrultusunda rezistivitenin 3.85 ohm-m den 1,93 ohm-m'ye düştüğü görülmüştür. Diğer iki doğrultuda hiçbir rezistivite değişmesi kaydedilmemiştir. Aynı şekil üzerinde kolaylıkla görülebileceği gibi 5-12 Nolu ölçü durumları içinde rezistivite değerlerinin N30°E istikametinde 1,93 ohm-m den 1,62 ohm-m ve 1,06 ohm-m gibi çok düşük rezistivite değerleri elde edilmiştir. S-N , N45°W doğrultularındaki elektrotlar 5 ve 12 Nolu durumlar için hiçbir kayda değer düşüş göstermemiştir. Bu çalışmada ortaya konan sonuç: yer altı su hareketinin heyelanın kayma eksenine (yani N30°E doğrultusuna paralel olduğu) paralel olarak geliştiğini göstermektedir. Ayrıca su hareketi drenaj sistemine dikey olarak gelişme göstermektedir. Bu çalışma pratik bir jeofizik yöntemi ile drenaj hattının isabetli doğrultuda seçildiğini kanıtlamıştır.

8. HEYELAN SAHASINDA DEFORMASYON-ZAMAN OLAYI

8.1. Kullanılan Metod ve Teknik: Milimetrenin binde biri hassasiyetindeki deformasyonları okuyabilecek güçte İsviçre yapısı TENSO marka 3 ekstensometre Şekil-8.1a(a) de görüldüğü gibi 1.5 m uzunluğundaki çelik bir çubuğa takılmıştır. Çelik çubuğun vidalı olan ucu, yere düşey olarak 50 cm kadar sokulan diğer bir çelik çubuğa vidalanmıştır. Göstergenin duyarlı ucu karşısına yine düşey olarak yere sokulmuş ve bilahare betonlanmış ikinci bir çubuk yerleştirilmiştir. Çubuğun düşey hareketlerini sınırlamak ve yatay hareketlerini düzenli sağlayabilmek için 3. Bir halkalı çubuk orta kısımdan yere sokularak etrafı betonlanmıştır. Böylece belirli bir (l) uzunluğundaki bir çubuğun sabit iki nokta

arasındaki zamana bağılı olan w , deformasyon miktarı her saat başı veya yarım saatte bir göstergeden alınan okumalarla belirlenmiştir. Ekstentometreler üzerine Şekil-8.1a(a) de görülebileceği gibi müsait bir tahta kapak konularak atmosferik koşulların cihazı etkimesi önlenmiştir. Ekstensometrelerin dış gürültülere karşı son derece duyarlı olması nedeniyle okuma sırasında alete yaklaşırken büyük dikkat gösterilmiştir. E-W doğrultulu ekstensometrenin ölçüsü alınırken, cihaza S-N istikametinden yaklaşılmıştır. N-S doğrultulu ekstensometrenin ölçüsü alınırken de cihaza, E-W istikametinden yaklaşılmışa çalışılmıştır. N-S ve E-W doğrultularındaki ekstensometreler yukarıda izah edilen biçimde ölçü alınır duruma konulmuştur. Düşey ekstensometrenin arazide çalışır duruma getirilebilmesi için farklı yöntem uygulanmıştır.

Düşey ekstensometreyi tatbik etme ihtiyacının duyulması, özellikle istinat duvarında izlenen önemli düşey yer değiştirmelerin şekil-8.3 (b) fark edilmesi üzerine olmuştur. Düşey ekstensometre 5.11.1976 günü ölçü alınır duruma getirilmiştir. Bu ekstensometrenin arazide ölçüye hazırlanması sırasında el burgusu yardımı ile önce 1.40 m derinliğe düşey bir delik açılmıştır. Göstergenin takılı olduğu 1,5 m lik çelik çubuk, açılan delik içerisine 10-15 cm sokulmuştur. Göstergenin dışarıda kalan ucu üzerine, müsait yükseklikte bir kapak konmuştur. Cihazı rüzgar gürültüsü ve diğer atmosferik etkenlerden korumak için de cam bir kapak kullanılmıştır. Şekil-8.1a(b).

8.2. Deformasyon Zaman Olayının Tanımı

Deformasyon-zaman olayı Şekil-8.2a(a) da etüt sahasında yer alan 3 ekstensometrenin konumu ve istikametinde belirlenmiştir. S-N doğrultusunda yerleştirilen mekanik ekstensometre Şekil-82a(b) de görüldüğü gibi bir ucu heyelanın çok aktif kısmına diğer ucu ise önemli ölçüde yer değiştirmelerin görülmediği kısma yerleştirilmiştir. Böylece S-N doğrultusundaki deformasyonlar zamanın bir fonksiyonu olarak çizilmiştir. 22.10.1976 ile 11.11.1976 tarihleri arasında 3 doğrultuda elde edilen deformasyon-zaman eğrileri şekil-8.2a(a) da görülmektedir. Düşey ekseninde deformasyon miktarı 10^{-3} mm veya $\Delta w/l = \text{Strain}$ (birim deformasyon) yer almaktadır. Bu ekseninde sıkışma yukarıya doğrudur. Ölçülerin alındığı günler ise yatay ekseninde gösterilmiştir. Ayrıca ayın safhaları N-S doğrultusundaki ekstensometre üzerinde belirlenmiştir. Bu grafiklerden elde edilen sonuçlar aşağıdadır: Ölçülerin okunmasına başladığı 22 Ekim 1976 tarihinden sonra E-W doğrultusundaki ekstensometre E-W istikametinde zeminde sıkışmaların meydana geldiğini göstermektedir. Bu deformasyon artışı monotonik tek yönlü bir artış olmayıp, çeşitli artma ve azalmalar gösteren biçimdedir. Genellikle gündüz saat 12.00 a doğru maksimum değerlere ulaşan bu deformasyon , güneşin batıya kaymasıyla azalmalar göstererek minimum değerlere

düşmektedir. 31.10.1976 gününe kadar E-W doğrultusundaki ekstensometre, etüt sahasında kompresif bir yükün mevcut olduğu dikkati çekmektedir. Hesaplanan deformasyon hızı değeri dw/dt , E-W doğrultusundaki ekstensometre için 31.10.1976 tarihinden sonra 0.00075 mm/saat olarak bulunmuştur. Etüt sahasında N-S doğrultusunda yerleştirilen ekstensometre 22.10.1976 ile 31.10.1976 tarihleri arasında pek önemli bir değişme görülmemiştir. Ancak ayın dolunay safhasına girdiği 1.11.1976 tarihinden sonra deformasyon hızı $dw/dt = 0.0022$ mm/saat değerine ulaşmıştır. Bu ekstensometre kayıtlarından görülen saat 12.00 e kadar kompresif bir kuvvet etkisiyle meydana gelen sıkışma, güneşin batıya doğru kaymasından sonra, yerini yük boşalmasıyla oluşan bir deformasyon eğrisine bırakmıştır. N-S doğrultusunda meydana gelen deformasyon hızı E-W doğrultusuna hasıl olan deformasyon hızının 3 katı daha fazla olarak hesaplanmıştır. Şekil-8.2a(a) da aynı zamanda 5.11.1976 ile 11.11.1976 tarihleri arasında düşey ekstensometrenin bir kaydı görülmektedir. Düşey ekstensometre kayıtlarının kısa süreli olmasına rağmen diğer doğrultularda elde edilen deformasyon-zaman olayından farklı; şüphesiz ki, deformasyon değerlerinde önemli derecede büyük artışların elde edilmiş olmasındandır. Özellikle bu büyük deformasyonlara öğle saatlerinde ulaşıldığı dikkati çekmektedir. Deformasyon hızının $dw/dt=0.0015$ mm/saat değeri N-S doğrultusundaki ekstensometre neticelerine çok yakın olduğu dikkati çeker. Ay'ın dolunay safhasından kurtulduğu 10.11.1976 tarihinden sonra düşey ekstensometrenin deformasyon-zaman olayında ters yönde kuvvetlerin sebep olduğu bir deformasyon-zaman eğrisi oluşmaktadır. 10.11.1976 ve 11.11.1976 tarihlerinde elde edilen deformasyon amplitüdüleri oldukça büyük mertebelerde gelişme göstermiştir.

8.3. Deformasyon Hızının Yıllara Göre Değişimi

Kısa süreli hassas aletlerle yapılan ölçümler yanı sıra pist başı ile istinat duvarı arasındaki mesafenin ölçümünü kapsayan çalışmalar, Karayolları 7. Bölge Müdürlüğüne de sürdürülmüştür. Şekil-8.3a(b) de istinat duvarıyla pist başı arasındaki mesafenin iki nokta arasındaki değişmelerin zamana göre bir grafiği görülmektedir. 45 m enindeki uçak pistine ait iki ucun, istinat duvarına olan mesafelerin zamana göre değişimi şekilden görülebileceği gibi oldukça farklılıklar göstermektedir. Şekil-8.3a(b) den açıkça anlaşılacağı gibi deformasyon hızı 1969 ve 1970 yıllarında en büyük değerlere erişmiş bulunmaktadır. 1 Nolu ölçü noktasına ait deformasyon hızı 2 Nolu ölçü noktasına ait deformasyon hızından daha büyük mertebelere erişmektedir. 1971 yılından itibaren deformasyon hızında dikkate değer azalmalar görülmektedir. Bu durum gerek 1 Nolu, gerekse 2 Nolu, ölçü noktalarında kendini göstermektedir. Deformasyon hızındaki bu değişmeler, etüt sahasında elektronik cihazları kullanarak ortaya çıkartılan kısa süreli bilgilerin ışığında aşağıdaki şekilde yorumlanabilir:

Mekanik ekstensometrelerin kaydettiği zamana bağlı deformasyon değişmelerinin aynı doğrultuda bile sabit olmadığını göstermiştir. Buna sebep olan etkenin sadece iklim şartları olmayıp Ay ve Güneşin gravitasyonel çekim kuvvetlerinin zamanla farklılıklar göstermesi olarak yorumlanmaktadır.(Kuran 1975). 15 gün içerisinde deformasyon hızında meydana gelen değişikliklere benzer tarzda, yıldan yıla değişebilen deformasyon hızları, gravitasyon alanının zamanla farklılıklar göstermesi açısından izah edilebilir. 1973 yılında yapımı tamamlanan yer altı çevre drenaj sisteminin 2 Nolu ölçü noktası arasında, deformasyon hızını azaltıcı yönde bir etkisi görülmemektedir. Ancak 1 Nolu ölçü noktası arasında 1973 yılında deformasyon hızında hissedilir derecede azalma görülüyorsa da, 1974 yılı başlarındaönemli deformasyon hızı artışları kaydedilmiştir. 1974 yılı ortalarıyla 1975 yılı arasında deformasyon hızında önemli bir azalma görülür. Ancak 1976 yılı başlarında yeniden dikkate değer bir artış farkedilmektedir. Şekil-8.3b(a,b)de pist başı istinat duvarında meydana gelen çatlakların, yatay hareketlerin ve düşey oturmaların, Kasım 1976 tarihinde saptanan durumları görülmektedir. Pist başı istinat duvarının üstten görünüşü, bize deformasyonun hızı ve etkisi olduğu sahaları göstermesi bakımından dikkate değerdir. Bu şekilden kolaylıkla görülebileceği gibi duvar, bir çok yerlerinden geniş açıklıklar bırakarak kopmalar göstermiştir. Kopmaları takiben istinat duvarı boyunca yatay hareketler tespit edilmiştir. 1/500 ölçekli bir kesit üzerinde görülen en büyük hareketlerin, yüksek deformasyon hızlarının 2 Nolu ölçü noktasında kolaylıkla saptanması dikkati çekmektedir. Duvar üstü profilinde ise, yatay hareketlerin hakim bulunduğu yerlerde, düşey hareketlerinde yoğunlaştığı açıkça izlenebilmektedir.

Yer altı çevre drenaj sistemi, heyelanı önleyici tedbir olarak 1973 yılında devreye sokulmuştur. Deformasyonun yıllara ait deformasyon hızında, tatmin edici bir azalma görülmemiştir.

Şekil 8.3c de, istinat duvarı üzerindeki aşırı yatay 8.3c(b) ve düşey 8.3c(a) hareketlerin durumunu gösteren fotoğraflar görülmektedir.

8.4. M.D.S. 18b. Maihak Deformasyon Ölçeri İle Heyelan Sahasında N.45° .E.

Doğrultusunda Elde Edilen Deformasyon-Zaman Olayı

Şekil(8.4a) da Maihak firmasının imal edilen M.D.S.18.b Deformasyon ölçerinin araziye tatbiki görülmektedir. 2,42 m boyunda bir çelik çubuğa takılı bulunan deformasyon ölçeri, şekilde görülen trafik babalarının betonu delinerek vidalanmıştır. Belli bir frekansta titreşim yapan tellerin, herhangi bir yük altında frekanslarının değişmesi prensibine dayanan Maihak ölçü sistemi 26.11.1976 tarihinde araziye monte edilerek, 200 m. mesafede treyler içerisinde bulunan M.D.S. 4r. Alıcısı ile sürekli kayıtlara hazırlanmıştır. 10 cm eninde bir

kağıt rulo üzerine her 5 dakika arayla beş haneli kayıt yapabilen bu aletle, gece gündüz devamlı kayıt alınmıştır. Şekil(8.4b) de Maihak deformasyon ölçerinin 27.10.1976 ile 9.11.1976 tarihleri arasındaki sürekli deformasyon-zaman kaydı görülmektedir. Düşey ekseninde deformasyon miktarı mm olarak, yatay ekseninde ise ölçü alınan günler gösterilmiştir. Şekilden açıkça görülebileceği gibi N45°E doğrultusundaki bu ekstensometrede öğle saatlerinde en büyük değerlere erişilmektedir. En küçük deformasyonlar sabahın erken saatlerinde güneşin doğuda olduğu zamanlara tekabül etmektedir. Sadece günlük deformasyon miktarı 1 mm mertebesinde bulunmaktadır.

Deformasyon-zaman eğrisinden kolaylıkla görülebileceği gibi, 24 saat içinde heyelan sahasında fasıllı yüklenme-boşalma sonunda oluşan bir deformasyon-zaman eğrisi görülmektedir.

8.5. Pist Başı Ve Apron Üzerinde Saptanan Kırıkların Doğrultu Ve Boyutları

Heyelanın aktif olduğu, sadece Şekil(8.5a) da yapısal hasarın görülmesiyle değil, fakat aynı zamanda pist başı ve apron üzerinde önemli boyutlara ulaşan en-echelon tip kırıklarla da kanıtlanmıştır. Pusula yardımı ile saptanmış bulunan kırık doğrultuları, Şekil(8.5b) de hazırlanmış bulunan gül diyagramı üzerinde açıkça görülmektedir. Bu çalışmaların amacı, saptanmış olan kırık doğrultularıyla, aktif fayların arasında herhangi bir ilişkinin mevcut olup olmadığını araştırmak içindir. Gül diyagramı-hazırlanması için önce bir daire çizilmiş, bu daire üzerinde sağ taraf doğu, sol taraf batı, yukarı kısımda kuzey olacak şekilde belirlenmiştir. Pusula yardımı ile Pist üzerinde görülen kırıkların kuzeyle yaptıkları açılar belirlenmiştir. Kırık doğrultuları önce kuzey-batı ve sonrada kuzey-doğu olarak iki grup altında toplanmıştır. E.H.A.9 ve E.H.A.5 noktaları arasında doğrultuları saptanmış bulunan 88 adet kırığın 0°-10°-20° . . . 80°-90° ler arasındaki tekerrür sayıları hesaplanmıştır. En fazla tekerrür eden açı sayısı, (50°-60° arasında bulunmuştur.) dairenin yarı çapının tüm uzunluğuna tekabül ettirilmiş, diğer açılar arasındaki tekerrür sayıları buna göre kıyaslanmıştır.

Gül diyagramında simetriyi sağlamak için; siyah renkle belirlenen açılar SE, SW doğrultularında da belirlenmiştir. Böylece hakim durumdaki kırıkların hangi doğrultuda yoğunluk kazandıklarını görmek mümkündür. Şekil(8.5b) den açıkça görüleceği gibi en-echelon tipi kırıkların hakim olduğu doğrultu N. 50°-60°dir. Bu kırıkların boyları 0.50 metre ile 10 m arasında değişmektedir. Kırıklar arasında bazı kademeler oluşarak pistin bir başından diğer başına kadar ulaşmaktadırlar. Bu kırıkların açıklıkları 1 mm ile 100 mm arasında değişmektedir. Hava alanı pist betonunun üzerinde sonradan oluşan çatlaklar siyah renkli bitüm (zift) ile doldurulmuştur. Bu görünüm en-echelon tip kırıkların çok uzaktan dahi seçilebilmesine olanak sağlamıştır.

1/1000 ölçekli heyelan sahası ile ilgili Şekil (5a) da önemli boyutlara erişen bu kırıkların durumları görülmektedir. Ayrıca beton plakalarda hasarların artarak çökmelere varan kısımları 1964 yılında değiştirilmiştir. Değiştirilen bölge Şekil (5a) da taranmak suretiyle belirlenmiştir.

8.6. En-Echelon Tipi Kırıkların Oluşumu Ve Bunların Mühendislik Yapıları Üzerindeki Tahribatları

En-echelon tip kırıklar, karayollarında trafik akımı nedeniyle çift dingilli yüklerin yükleme ve boşalma sonucu asfaltın yorulması (fatigue) ile meydana gelirler. (PELL, 1965). Karayollarında görülen bu kırıklar “Alligator” yani “timsah sırtı” kırıkları olarak bilinirler. İzmit Topel Hava Alanında 1973 yılında Kutlu ve arkadaşları tarafından yapılan etütlerde, en-echelon tipi kırıklar tespit edilmiş ve bunlar şekil-8.6(a) da gösterilmiştir. Samsun Hava Alanında çekilmiş bir en-echelon kırığa ait resimde, aynı şekil üzerinde görülmektedir. Şekil-8.6(b) Diğer bir en-echelon tip kırığın meydana geldiği yer Amerika’da, 1966 parkfield depreminden 11 gün önce BROWN ve arkadaşları tarafından, karayolları üzerinde hava fotoğrafı yardımı ile tespit edilmiştir. Şekil-8.6(c) Ayrıca Türkiye’de meydana gelen tahripkar depremler, karayolları üzerinde en-echelon tip kırıkların meydana geldiğini göstermiştir.(Aytun 1975). Şekil-8.6(e). En-echelon tip kırıkların en güzel örnekleri Kuzey Anadolu ve San Andreas Fayı boyunca görülür. (Kuran 1975). En-echelon tip kırıkların izlendiği diğer bir saha: Deprem mekanizmasının araştırılması ile ilgili kayalar üzerinde yapılan fatigue çalışmalarıdır. Şekil-8.6.(d) de maksimum kayma eksenı boyunca (Shear Zone) kademeli olarak gelişen en-echelon tip kırık görülmektedir. (Kuran 1975). Heyelan sahasında fasılalı yükleme ve boşalmaların mevcut olduğunu açıkça göstermiştir.

Fasılalı yüklerin ve en-echelon tip kırıkların Eğridir Kemik Hastalıkları Hastanesi civarında da bulunduğu daha önceki çalışmalardan bilinmektedir. (Kuran 1976). Bir malzeme tek yönlü bir kuvvetten ziyade, Fasılalı olarak yüklenip boşalırsa, bu malzeme dayanma mukavemetinin çok altında kırılır. Kırılma esnasında ve kırılmayı takiben en-echelon tip kırıkların oluştuğu izlenebilir. Şekil-4a. Türkiye’de meydana gelen heyelanlar ve deprem episantrlarını gösteren harita üzerine, Samsun Hava Alanında izlenen 88 adet kırığın gül diyagramı işlenmiş ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

Heyelan sahası üzerindeki kırık doğrultularının $N(50^{\circ}-60^{\circ})W$ açıları arasında yoğunlaştığı görülür. Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde oluşan 1939,1942 ve 1943 fay kırıkları bu yörede Samsun Hava Alanında saptanan kırık doğrultularına paraleldir. Ayrıca jeolojik haritadan da görüldüğü gibi, bölgede hakim olan faylar SE-NW doğrultusundadır. Yukarıdaki araştırmalar sonucu: Samsun Hava Alanının oturduğu 125 m kalınlığındaki marn

kütlesinin (Neojen yaşlı jips ara tabakalı) Kuzey Anadolu Fay tektoniğinden önemli ölçüde etkilendiği kanısına varılmıştır. Aktif fay kuşağında mevcut heyelanların geniş çapta yoğunluk kazanması; muhtemelen, depremlerden önce kabukta meydana gelen deformasyon olaylarının yüzeyde yer alan jeolojik üyeler içerisinde stabilite bozukluklarına yol açtığı ve neticede kütlelerin yamaç aşağı kaymalarına olanak verdiği düşünülmektedir.

Hassas ekstensometreler yardımıyla elde edilen deformasyon-zaman olayları heyelan sahasındaki kütle hareketleri içinde fasıllı yüklem ve boşalmaların oluştuğunu göstermektedir. Bu tarz bir kuvvet alanı, tek yönlü bir kuvvet alanının ,(monotonik olarak artan çekme veya sıkıştırma kuvvetleri gibi) ortaya koyduğu deformasyon zaman olayından ve neticede kırılma olayından çok farklıdır. (Kuran 1975) Örneğin: Çekme kuvvetleri tatbik edilen malzemeler kırıldıklarında, kırılma düzlemi kuvvetin doğrultusuna dik olarak gelişir. Sadece monotonik bir sıkışma gösteren malzemelerde deformasyon-zaman eğrisi ekstensometre verileri gibi olmayıp, çok monotonik bir biçimde (artma veya azalma göstermeden) sürekli yüklem şeklinde görülür. Kırılma sırasında kopma maksimum-kesme zonunda (maksimum-shear zone) meydana gelir. Fakat en-echelon tipi kırıklar izlenmezler. Ancak fasıllı yüklere tabi bırakılan malzemeler yukarıdaki kırılma şekillerinden çok farklıdır. Herşeyden önce kırılmanın meydana gelmesi için, tek yönlü sıkışmada, görüldüğü gibi mutlaka malzemenin “dayanma mukavemetine” erişmesi gerekmez. Malzemeler fasıllı yüklere maruz kalırsa, kırılma, dayanma mukavemetinin %50 altında dahi kırılabilir. (Kuran 1975) Kırılma sırasında en-echelon tipi kırıklar son derece belirgin durumda kesme eksenine boyunca gelişme gösterirler.

Heyelan sahasında hareketlerin oluşma ve hızlanmasında etken diğer önemli faktörleri şu şekilde sıralamak mümkündür:

Yamaç eğimi, üst seviyelerin oldukça yumuşak ve yer altı suyu ile doygun killi birimlerle, alt seviyelerin ise sıkı yapıda jips ara tabakalı marn birimi ile temsil edilmesi ve yağışlar. Yağmur ve kar suları kırık sistemlerinden geçerek altta sıkı tabir edilen jips ara tabakalı marn birimi üzerine ulaşır. (Bu birim oldukça geçirimsiz ve eğimi ise yamaç aşağıdır.) Yer altı suları ve kırık sistemlerinden gelen yağış suları ara tabakalardaki jips katmanlarını eriterek tabaka arası boşlukların oluşmasını sağlar ve eğim boyunca akar. Bu mekanizma üst seviyelerde yer alan yumuşak birimlerin yamaç aşağı hareketlerinde etken olur.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Samsun Hava Alanı ile bağıntılı heyelanın yamaç aşağı maksimum uzunluğu, 1065 m genişliği ise 525 m kadardır. Karayolları Genel Müdürlüncü 1967 yılından süregelen jeolojik

ve zemin mekaniği çalışmaları; kayma eksenini boyunca 150 m lik bir saha üzerinde yoğunlaşmıştır. 9.10.1976-15.12.1976 tarihleri arasında, heyelan sahasında tatbik edilen Jeofizik ve Mekanik sondaj çalışmaları heyelan eksenini boyunca 850 m lik bir uzunluk üzerinde tamamlanmıştır.

Araştırmalarda 4800 m elektrik sondajı, 17 adet profil üzerinde karşılıklı atışlarla gerçekleştirilen sismik refraksiyon çalışmaları yapılmıştır. Jeofizik ve Zemin Mekaniği araştırmalarının müşterek korelasyonu ışığında aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

i) Etüt sahası kısa mesafelerde oldukça önemli hız farkı gösteren,(Bu durum farklı miktarda sıklıklar arz eden bir yapının işaretidir.) Neojen yaşlı birimler üzerinde yer alır. Sismik hızlar kayma eksenini boyunca kısa mesafelerde değişiklik göstermesine rağmen, kayma eksenine dik doğrultularda sismik hızlarda farklılık görülmektedir.

ii) Pist başı ile S7 noktası arasında yüksek hız veren seviyenin sathı çok yaklaştığı izlenir. 1700 m/s nin üstünde hızlarla karakterize edilen bu seviye, E.H.A.10 noktasının Kuzey-doğusunda süratle derinlere dalım gösterir. Bu bölge en büyük kayma, kabarma ve çökmelerin olduğu yerdir. Örneğin: 1968 yılında yaptırılan istinat duvarı 5 metreden fazla yatay hareket göstermiştir.

iii) S7 noktası ile E.H.A.10 noktası arasında kalan sıkı birim, şeklen bir yamuğu hatırlatır. Bu birim üzerinde yer altı suyu ihtiva eden oldukça yumuşak killi seviye yer alır. Durum, sismik hız verileri ve S.P.T. sonuçları ile kanıtlanmıştır. Hidrolik permeabilitenin birimlerin sadece tane boyutlarına bağlı kalmadığı, aynı zamanda birimlerin sıklığı ile yakından ilişkili olduğu bilinir. Bu nedenle sadece yumuşak seviyeden yamaç aşağı bir yer altı suyu için müsait görülmektedir. Hatta, yer altı suyunun Kuzey-doğu doğrultusunda hareketini karakteristik yamuk biçimindeki görünümü ile sınırlayarak, suların üst seviyelerde akmasını zorunlu kılar.

iv) S2 ile S7 sismik noktaları arasında “V” şeklinde oluşmuş yumuşak bir kesim bulunmuştur. Bu kesim, 33-47 m derinde, kuzey-doğu doğrultusunda eğim veren potansiyel kayma yüzeyi üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle potansiyel kayma yüzeyinin saptanmasında plastik tüp denemelerinin faydalı olacağı kanısını eklemek isteriz.

v) Mikrobölgeleme çalışmaları, E.H.A.11 ve E.H.A.12 noktalarında, büyük sismik şiddet artışı özelliklerinin varolduğunu göstermiştir. $N=2,35$ sismik şiddet artışı ile belirlenen bu bölge, Kuzey Anadolu fay hattında meydana gelecek şiddetli depremlerden zarar görebilir.

vi) Aktif heyelan sahalarının Türkiye üzerinde yayılımı ile makrosismik veriler arasında önemli bir ilişkinin bulunduğu araştırmalarımız sonunda saptanmaktadır. Bir çok Karayolu, demiryolu, hidrotermik santraller ve hava alanlarının deprem kuşağı üzerinde

bulunması halinde makro ve mikrosismik araştırmaların müsait ölçekli detay haritalar üzerinde işlenmesi çok faydalı olacaktır. Zira aktif faylar üzerinde yer alan yapıtlar, her yıl heyelanlardan önemli derecede hasar görmektedirler. Bu nedenle detay jeoloji, mikro ve makro-sismik etütlerin yapılması ve ayrıca sürekli deformasyon ölçümlerinin alınması Karayolları mühendislik problemlerinin üzümünde yararlı olacaktır. Mikrobölgeleme çalışmalarının yapılabilmesi için, aktif fay zonları üzerinde yer alan Karayolları güzergahlarında, sığ sismik refraksiyon çalışmalarıyla yerinde S dalgasının saptanması gereklidir. Bu çalışmaların yapılması halinde; Karayolu mühendislik problemlerinin zmne daha iyi bir yaklaşım yapılması mümkün olacak ve yapılan tesislerden daha uzun sürede yararlanma olanakları çıkacaktır.

Bu araştırmaların tesirli bir şekilde yapılması T.C.K. Araştırma Fen Heyeti Müdürlüğü bünyesinde “sismoloji ve Heyelan etütler” yapabilecek bir grubun teşkili ile mümkün olabilir.

vi) E.H.A.9 Nolu noktada el burgusu ile yapılan sondajda 4. metrede yer altı suyuna girilmiştir. Yer altı suyundan alınan numune üzerinde laboratuarda ölçü yapılmış 1.70 ohm-m değeri bulunmuştur. Drenaj sisteminin deşarjından alınan su numunesinde ise bu değer 30 ohm-m olarak bulunmuştur. Bu sonuç drenaj sisteminin iyi filtre ettiğini göstermektedir. Ayrıca drenaj sistemi ile istinat duvarı arasında kalan bölgede Kasım 1976 da yapılan 4 adet mekanik sondajla maksimum 30 metre derinliğine gidilebildiği halde yer altı suyu bulunmayışı, drenaj sisteminin arzu edilir tarzda çalıştığını kanıtlamıştır.

Drenaj sistemi ile drene edilen yer altı suları aktif heyelan sahasına deşarj olmaktadır. Bu suların uygun bir sistemle heyelan sahası dışına akıtılması gerekir. Heyelan sahasında İmar ve İskan Bakanlığı mensuplarınca yapılan etütlerle; Heyelan sahası üzerindeki inşaatların ilerde can ve mal kaybına neden olabileceği gereğiyle yasaklanmıştır. Halen yapımı sürdürülen yüzlerce inşaat, aktif heyelan eksenini üzerinde yükü arttırarak, deformasyon hızının yükselmesine de etken olmaktadır. şekil 8.5a.

Yukarıda elde edilen verilerin ışığında Samsun Hava Alanı heyelan bölgesinde mühendislik tedbirlerin yeniden gözden geçirilmesi faydalı olacaktır.

- REFERANS -

- Atalay F. İzzet-Bekaroğlu Nüzhet 1973. Heyelanlar ve Mühendislik Uygulanması Bayındırlık Bakanlığı yayın N. 200
- AMBRASEYS, N.N,1970 Some characteristic Features of the Anatolian Fault Zone. *Tectonophysics*. 9 pp 143-165.
- Aytun, Alkut, 1975. Özel görüşmelerden.
- Balkır, Tankut 1.8.1970 Samsun Hava Alanı Pist başı Heyelanı Önleme Projesi T.C.K. Araştırma Fen Heyeti Müdürlüğü.
- Balkır, Tankut 22.5.1972 Samsun Hava Alanı Pist başı Heyelanı Önleme Projesi T.C.K. Araştırma Fen Heyeti Müdürlüğü.
- BROWN ROBERT., Jr. J.G. Vedder, Robert E. WALLACE. 1966.
- The park Field-Cholame Clifornia, Earthquakes of June-August. 1966
- CAQUOT. A, Methode Exacte pour le calcul de la Rupture d'un Massif par Glissement Cylindrique, 1954, Sess. ¼.
- Collin A. (Trans. N.R. Schriever) Landslides in Clays (1846) TORONTO 1956.
- DADA, TALAT 16.7.1969 Samsun Hava Alanı İstinat duvarı heyelanı raporu. T.C.K. Araştırma Fen Heyeti Müdürlüğü.
- FELLENIUS, W. ERDSTATİSCHE Berechnungen mit Reibung un Kohaesian und unter Annahme Kreislindrisher Gleitflaechen, 1927, Ernst und Sohns. BERLİN.
- FRONTARD, J. Lignes de Glissement et Hauteur Dangereuse d'un Massif de Terre Limite par un Talus plan., Sess. 1/5
- GÜNER, RÜŞTÜ 1972., Master tezi.
- 10-Jaky, J., Stability of Earth Slopes 1. Int Conf. Soil Mech. Found. Vol 11. P. 200-207, 1936
- KARAALIOğLU, BİLALŞ., 1976. Samsun ve civarı Hidrojelojik İnceleme Raporu (D.S.I-7 nci Bölge raporu).
- KARNIK, VIT, 1969 Seismicity of the European area. Parti, D. Reidel Publishing Company, Dardrecht, Holland.
- KETİN, İHSAN, GÜÇLÜ, UğUR 1967 Türkiye Sismo-Tektonik Haritası.
- KURAN,UğUR,1975., Yer altı suyundan maksimum verim elde edilebilecek sahanın jeofizik çalışmalarla saptanması ve bunların mühendislik problemlerin çözümündeki önemi. Jeofizik Mecmuası- Türkiye Jeofizikçiler yayını.
- KURAN,UğUR,1975.; An experimental Investigation of cyclic Stress-strain relations and fatigue crack propagation in Rocks. Doktora Tezi, Londra Üniversitesi.

- KURAN UĞUR, 1976. *Samsun Havaalanı Heyelan Sahası Etüdü*, Jeofizik Ön Raporu, T.C.K
- KURAN, UĞUR, 1976, *Özel görüşmelerden*
- KUTLU, Mükerrerem, GÜZ Hüsamettin, TOKAY Melih, DOYURAN, Vedat, 1973. *İzmit Topel Hava Alanı Jeolojik Etüdü Proje Esasları Raporları*. (Yalçın Teknik, No.18)
- MENCL, V, AND ZARUBA, Q. 1969, *Landslides and their control*
- Medvedev, S.V. 1963- *Quantitative data on ground motion from Strong earthquakes, in research in the field of engineering seismology. Federal Sci. Tech. Inst. TT-66-62216.*
- PELL, P.S. (1965). *Fatigue of Bituminos Materials in Flexible pavements. Proc Inst. Civil Engrs. V.31.*
- RENDULIC, L., *Ein Beitrag zur Bestimmung der Gleitsicherheit. Der Bauingnieur, No. 19/20, 1935.*
- SARMAN. H. *Ziya (Tercüme) Heyelanların Analizi Karayolları Genel Müdürlüğü yayın No. 62, 1958.*
- SKEMPTON, A.W. ve HUTCHINSON, J.N. 1969 *Stability of naturel slopes and embankment Foundations Proc. 7 tn. Ind. Conf. Soil mech. Vol. State of Art. P. 291-340.*
- TANERİ, Semay- ÖZGÖNCÜ, Yusuf 20.11.1969. *Samsun Hava Alanı Pist Başı Emniyet sahası Heyelanı Raporu. T.C.K. Araştırma Fen Heyeti Müdürlüğü.*
- TAŞDEMİROĞLU, Mehmet 1970. *Türkiye Kütle Hareketleri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni Sayı 2., Cilt XIII.*
- TAYLOR, D.W. *Stability of Earth Slopes 1937. Cont. Soil Mech. Boston. Soc. Civil Eng. 1925-1940.*
- TERZAGHİ, KARL, "Mechanism od Landslides." in "Application of Geology to Engineering Practice." *Mühendislik alanında jeoloji uygulamasında (Heyelanların Mekanizması. BERKEY Volume, Sidney Paige, chairman; Geol. Soc. America, Sayfa 83-123, 1950.*
- TERZAGHI. K. 1950 *Mechanism of Landslides. Form Theory to Practice in soil mechanics. P. 202-245.*
- TİMUR ERHAN, 1973 (H. Cambefort'dan Tercüme) *Zemin Kaymaları D.S.İ. Bülteni Sayı. 28.*
- UTKU Turhan 23.8.1967 *Samsun Hava Alanı Heyelanı ve Pisti Projesi T.C.K. Araştırma Fen Heyeti Müdürlüğü.*