

C-3) - İZMİR (KARABAĞLAR)-URLA EKSPRES YOLU ÜZERİNDEKİ BALÇOVA TÜNELİ JEOFİZİK ÇALIŞMALARI

1. GİRİŞ VE AMAÇ

İzmir-Urla ekspres yolu üzerindeki açılımı düşünülen Balçova tüneli eksenini üzerinde ve yüzeyden derin rezistivite ve sismik –refraksiyon çalışmalarını içeren bir jeofizik araştırma programı uygulanmıştır. Bu çalışmalar Şekil-1 deki haritalar üzerinde belirlenen tünel eksenini boyunca ve tünel eksenine dik olarak yapılan açılımlarla (dar ve geniş off-setli sismik refraksiyon çalışmaları) P ve S dalga hızlarının bulunmasına yöneltilmiştir. Zira hız parametreleri temel kayanın kompaktlığı ve çimentolaşma derecesiyle yakından ilgili olduğundan kazım çalışmalarından hemen önce tünelin hangi kesimlerinin sağlam veya hangi kesimlerinin çok zayıf olduğuna ışık tutulmalıdır. Ref (1).

Ayrıca tünel eksenini üzerinde çeşitli hatlarda Manyetik (Ege Üniversitesinden temin edilmiştir) ve Radyoaktif aletlerle (M.T.A İzmir Bölgesinden temin edilmiştir) ölçümler alınmıştır. Sunulan bu ön raporda sadece tünel kazım çalışmaları sırasında faydalı olabilecek parametreler ve ön bilgiler sunulacaktır. Detaylı bilgiler esas jeofizik raporda sunulacaktır. Ayrıca sismik zaman-mesafe diyagramları ve rezistivite-derinlik eğrileri de söz konusu esas raporda yer alacaktır.

2. İSTATİSTİKİ BİLGİLER

Balçova tünel eksenini boyunca yüzeyden yapılan jeofizik çalışmalarla 24 noktada toplam 3000 metre elektrik sondajı yapılmıştır. 24 noktada off-set mesafesi (dinamitin patladığı nokta ile ilk jeofon arası mesafesi) etüt edilecek derinliğin durumuna göre 2 ile 300 metre arasında seçilmiş ve özellikle tünel kazımının gerçekleşeceği seviyede hem P ve hem de S dalgalarını elde edilmesine çalışılmıştır. Söz konusu jeofizik çalışmalar km. 6+310 – 6+800 arasında tamamlanmıştır.

3. BALÇOVA –POLİGON (ÜÇKUYULAR YÖRESİNİN) JEOLJİSİ

3.1. GENEL JEOLJİ : 1:5000 Ölçekli Jeolojisi Haritasına bakıldığında, tünel yapılacak yerde mesozoik yaşlı birimlerin olduğu görülür. Anılan yerin, Dr. Hasan Gümüş tarafında 1:25000 ve yersel 1:10000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Ref(4). Yörenin jeolojisine geçmeden bölgesel litoloji istifinin bir çok araştırmacıların bulgularına dayanarak şöyle olduğu saptanmıştır.(Şekil-2a,b,c,)

1.Kristali (metamorfik) şistler , kuvarsitşist-muskovit-şist biotitşist, kloritşist, serijitşist v.s. (Menderes Masifi örtü şistleri).

2. Şistler üzerinde tamamen konkordan gelen mermerler

3. Mermerler üzerine diskordan olarak kireçtaşı veya filiş gelmektedir. Kireçtaşı ve flişin yaşının üst kretase olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar arasında kireçtaşı mı altta ? Filişmi altta konusunda görüş ayrılığı vardır. (bakınız Şekil-3).

4. Kretase yaşlı birim üzerine konglomera ile başlayan kumtaşı+konglomera+çamurtaşı şeklinde ardalanmalı orta miosen yaşlı birimlerle killi-kireçtaşları (marn) gelmektedir. Marnlar volkanik tuf ve lavlarla yersel ardalanmalıdır.

5. Andezit-tuf –aglomera ve Riyolitler sedimanter litolojileri diskordan olarak örtmektedir.

3.2. STRATİGRAFI : Anılan yöre; tamamen filişle örtülüdür. Filiş+kumtaşı+şeyl karmaşığı olarak düşünülmüştür. Kumtaşı ve şeyl tabakaları birbirine dik geçişli olup, kalınlıkları yersel çok değişkendir. Düzenli bir sıralanma gözlenmez. Kumtaşı ve şeylden oluşan filişte kalınlık 800-1000 m.dir. Güney ve güneybatıda bu rakam 1600m. ye ulaşmaktadır. Manisa bölgesinde filişin kalınlığı 4000 m.ye ulaşmaktadır. Filişin içinde yersel olarak kırıklar (faylar) boyunca yüzeye ulaşmış diyabaz, split ve serpantinitler gözlenebilir. Ayrıca filişin içinde taşınmış kireçtaşı, diyabaz, kumtaşı, çört blokları yer almaktadır. Bu blokların uzun eksenleri 2 m. ile 50 m. arasında değişmektedir. Özellikle kireçtaşı blokları rekristalize olmuş kalın katmanlı, gri renklidir. Düzenli bir yön göstermemektedirler. Filişin içinde görülen kireçtaşı görüntüleri (Çatalkaya, Payamlı'da) mercekssel konumludur. Bu merceklerin kot yönünden farklı seviyelerde bulunduğu çalışmalar sonunda saptanmıştır. Bu kireçtaşları açık renkli, ince taneli olup, fosil içermektedirler. Bununla beraber yersel olarak koyu renkli plaketli kireçtaşları ve konglomeralar filiş içinde ardışıklı olarak yer almaktadır.

3.3 YAPISAL JEOLJİ : Balçova ve Poligon yöresinde litoloji birimlerinde belirli yönde doğrultu ve eğim görülememektedir. Bununla beraber genellikle eğimlerin ortalama 42° NW olduğu söylenebilir. Filişin fasiyes özelliğinden ve kalınlığından dolayı çok kırılğan olduğu gerçektir. Kumtaşı ve şeyl birimlerinde dinamometamorfizma izlerini görmek olağandır. Filiş, Alpin orojenezinin etkisinde kalarak kıvrımlanmıştır. Yörede önemli kırıklar olmamasına karşın, bölgede saptanan fayların doğrultuları genellikle NE-SW yönündedir. E-W yönlü fayların varlığından da söz edilebilir. Tersiyer başında Alpin hareketlerin şiddetinin azalmasıyla yöre ve bölge az etkilenmiştir. Bununla beraber Batı Anadolu'nun jeoloji evrimine paralel olarak kuvarterner başına kadar etkilenmiş ve etkilenmektedir.

4. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Jeofizik çalışmalar tüm tünel ekseni üzerinden Sismik, Rezistivite, Manyetik ve Radyoaktif yöntemleri kapsamaktadır.

Alınan profiller tünel eksenine dik ve topografik meyilin en az olduğu hatlar boyunca tamamlanmıştır. Derin sismik-refraksiyon atışları için 12 kanallı S.I.E. firmasınca imal edilen sismik refraksiyon cihazı kullanılmıştır. Sismik refraksiyon cihazına jeofon aralıkları 15 metre olan jeofon kablosu bağlanmıştır.

Aynı anda kayıt yapacak tarzda “Engineering Seismograph” cihazıyla kesme veya S-dalgası elde edilmiş ve 6 ayrı kanal üzerinde S-dalga varışları belirlenmiştir.

Etüt sahasından laboratuara getirilen numuneler üzerinde yapılan denemeler, ancak sağlam karotlar üzerinde tamamlanabilmektedir. Etüt sahasında irili ufaklı birçok fay ve ezilme zonlarının mevcut olması ve bu malzemelerin, tüneli temsil edebilecek gerçek vasıflara sahip olmaları, yerinde yapılacak çalışmaların önemini daha da artırmaktadır. Dinamik elastisite modülünün sadece laboratuvar şartları altında değil, fakat aynı zamanda sahadaki jeolojik birimleri gerçek tektonik ve litolojik şartları içerisinde etüt edilmelerinde zorunluluk ve yarar vardır.

Mühendislik Jeofiziği tatbikatlarında en önemli parametreler, dinamik Poisson oranı, P ve S dalgaları hızlarıdır. Ancak bu değerler ve ayrıca yoğunluk bilindiği takdirde E_d yani dinamik elastisite modülünü hesaplanabilir. P ve S dalgalarının kayıt üzerinden varış zamanları hesaplanarak, zaman –mesafe diyagramları teşkil edilmelidir. Bu diyagramların yapımında amaç, gerek P ve gerekse S dalgası hızlarının bulunmasıdır. Dalgaların varış sürelerini, hassasiyetle okuyabilmek için büyütmesi 50 olan “Leitz” marka bir mikroskop kullanılmıştır. Bu şekilde zaman-mesafe eğrilerinin üzerindeki hız değerlerinin hassasiyetle hesaplanması mümkün hale gelmiştir.

Dinamik Elastisite modülünün hesaplanması için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$E_d = V_p^2 \cdot \rho \cdot [(1-2\mu)(1+\mu) / (1-\mu)]. (10^5 / 9.81) \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Burada E_d = Dinamik Elastisite modülü (kg/cm^2), ρ =kayanın yoğunluğu (gr/cm^3), μ = poisson oranı, V_p =P dalga hızı (km/sn), V_s =S dalga hızı (km/sn),

Masuda (1962) , Kudo (1960) kayaların dinamik özelliklerine dayanan ve çatlak katsayısı olarak bilinen bir K katsayısı ile temel durumu ilişkilerini aşağıdaki biçimde ifade etmektedir.

<u>K</u>	<u>TEMEL DURUMU</u>	<u>SINIFI</u>
0-0.25	Çok İyi	A
0.25-0.50	İyi	B
0.50-0.65	Yeterli	C
0.65-0.80	Yetersiz	D
0.80-1.00	Kötü	E

Burada çatlak katsayısı (K)i laboratuarda bulunan en yüksek Dinamik elastisite modülü değerinden, arazide yerinde saptanan dinamik elastisite modülü değeri farkının gene laboratuarda bulunan elastisite modülü değerine oranına eşittir. Bu ifade kısaca aşağıdaki tarzda belirlenebilir.

$$K = (E_{d_{max}} - E_d) / E_{d_{max}}$$

5. ALINAN NETİCELER VE YORUMLARI

Sismik refraksiyon ve rezistivite ölçü neticeleri tünel eksenini boyunca Şekil 3,4,5, 'te sunulmuştur. Her iki yöntemin beraberce tünel etütlerine uygulanmasının avantajı şu şekilde açıklamak mümkündür. Bilindiği gibi bir formasyonun ihtiva ettiği suyun kondüktivitesi ve içermiş olduğu kil miktarına rezistivite kuvvetle tabidir. Ancak ölçülen sismik hız değerleri: ne kondüktiviteye nede temel kaya içindeki kil miktarına tabi değildir. Her iki yöntemin formasyonun litolojisinin aydınlanmasında tamamlayıcı yönde bir avantajları mevcuttur. Örneğin Şekil-3 te Balçova tüne eksenini boyunca yüksek kil miktarı içeren (X işareti ile belirlenmiştir) bir seviye görülmektedir. Bu seviye mevcut 4 mekanik sondaj verileriyle karşılaştırıldığında şunlar izlenmektedir:

- 1- 17-48 ohm.m rezistivite değerleriyle karakterize edilen jeolojik birimler andezitik tuf, kıltaşı, kalker-marn-kıltaşı-kalker, fliş-kalker-gre-kıltaşı ve filiş şeklinde sıralanma gösteren jeolojik birimlere tekabül etmektedir.
- 2- Kil miktarı yününden yüksek bu seviye bazen tünelin kazılacağı seviyenin çok üstünde Örneğin P-4 noktasında olduğu , ve bazen de B-5 noktasında görülebileceği gibi tünelin altındaki seviyelerden başlamaktadır.
- 3- Kil miktarı yüksek olan karkterize edilen bu seviyedeki temel kaya sismik yonden incelendiğinde “yetersiz”, “çok iyi” olarak belirlenmektedir. Bu durum özellikle “çok iyi” olarak belirlenen seviyelerde şu anlamı ifade edebilir: Örneğin S-1 mekanik sondajının veya P-1 elektrik sondajının gösterdiği kesitte temel kaya

içerisinde kırıklı zonlarda düşük rezistivite gösterebilecek kil miktarı fazla seviyeler teşekkül etmiş olabilir. “Yetersiz” olarak belirlenen noktalarda örneğin P-5 elektrik sondajı ve B-3 elektrik sondajının yapıldığı noktalarda rezistivite değerleri 45-48 ohm.m olarak görülmektedir. Özellikle tünel kazımının yapılacağı seviyelerde temel kayanın oldukça kırıklı ve kil içerdiği söylenebilir.

- 4- Derin rezistivite sondajlarının Şekil-3 üzerinde görülebildiği gibi derinlerde 1700-3200 ohm.m rezistivite değerleriyle karakterize edilen rezistif bir temel kayanın mevcudiyetini ortaya koymuş bulunmaktadır. 85-130 m arasında derinliklerde mevcut olduğu görülen bu kristalize kalker veya metamorfik şistin rezistivite verileriyle oldukça düzensiz bir dalım gösterdiği saptanmıştır.
- 5- Tünel kazımının gerçekleşeceği seviyenin üstünde bazen aynı rezistivite değerleriyle (3000 ohm.m ye kadar) karakterize edilen seviyeler ortaya konmuştur. Ancak Şekil-3’te P-7 ile B-1 noktaları arasında izlenen bu rezistif seviyeler kamalanma şeklinde ve süreksiz, muhtemelen de kalker, marnlı fliş olabileceği düşünülen jeolojik birimlerden ibarettir.
- 6- B-3 elektrik sondajı (veya S-2 mekanik sondajı) nın yapıldığı noktada 29 m civarında yer altı suyu bulunmuştur. Derin rezistivite eğrilerinin yorumlanmasını takiben yer altı su seviyesi Balçova kesimi için saptanmış ve kesik çizgilerle gösterilmiştir. Bu verilerin ışığında yer altı su seviyesi Balçova kesiminde yüzeyden itibaren 25-35 m arasında değişmektedir. Mevcut yer altı su seviyesinin özellikle Şekil-5’teki temel durumunu belirleyen ve kesitte “kötü” olarak saptanmış bulunan B-8 , B-10, B-11 ve B-12 noktalarında tünel kazım çalışmaları yapılacağı sıralarda önemli problemleri doğurabileceği düşünülmektedir. REF (1).

Sismik refraksiyon çalışmaları ve bunların yorumlamalarını takiben aşağıdaki neticeler elde edilmiştir:

1. Daha önceden belirtildiği gibi ölçülen sismik hız değerleri formasyonun çimentolaşma ve kompaktlık derecesine kuvvetle tabidir. Bu husus göz önüne alınırsa etüt edilen Balçova tüneline dört ayrı grup altında incelemek yararlı olur.

- a) Şekil-4’te 1 no ile gösterilen P dalgasının 3000-7400 m/sn aralığında değiştiği sismik seviye ,
- b) 2000-3000 m/sn hızlarla karakterize edilen ve tünelin büyük bir kısmını içine alan sismik seviye
- c) 1300-2000 m/sn hızlarla karakterize edilen ve daha ziyade tünelin tepe noktasında V şeklinde bir görünüme sahip sismik seviye

- d) 91-350 m/sn sismik hızlarla karakterize edilen gevşek ve kolaylıkla sökülebilecek bir zemine ait sismik seviye yer almaktadır.

2. Söz konusu 4 ayrı sismik hız zonunun tünel kazım çalışmaları sırasında daha faydalı bir hale getirmek için aşağıdaki yaklaşım kullanılmıştır:

- a) Bilindiği gibi satıhtan yapılan sismik refraksiyon çalışmalarıyla bulunan hızlar kayacın dinamik elastisite modülünün saptanmasına olanak tanımaktadır. Ancak bunun yapılabilmesi için sağlam kayaların yerinde veyahutta laboratuarda dinamik elastisite modüllerinin bulunması gerekmektedir. Daha önce bulunan ve Kudo, Masuda tarafından geliştirilen yöntemlerle tünel kazımının gerçekleşeceği seviyede temel kayanın kırık parametresi saptanmıştır. Sonuçlar Şekil-5'te özellikle tünel açılıminin gerçekleşeceği seviyeler için bulunmuş ve aynı şeklin sağ üst köşesindeki yöntem uygulanmıştır. Sağlam bir kaya için bulunmuş olan dinamik elastisite modülü 370769 kg/cm^2 olarak bulunmuş ve kırık parametresi bu değer göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

- b) Şekil (5)'ten çıkarılan neticeler şu şekilde sıralanabilir:
Özellikle Balçova kesiminde kazım çalışmalarının yapılacağı kesimlerde zemin "kötü" ,olarak belirlenmiştir. Ancak "iyi" olarak belirlenen seviyeler B-9 ve B-11 noktalarında görülmektedir. B-7,B-6,B-5 noktalarında temel kayanın "iyi-çok iyi" olduğu göze çarpmaktadır. B-3,B-2,B-1 noktalarında temel kayanın "yetersiz-çok kötü"olarak belirlendiği dikkati çekmektedir. P-2 ,P-3 noktalarında temel kaya "çok iyi" olarak belirlenmektedir. P-4, P-5 , P-6 noktalarında temel kayanın "yetersiz" olarak tarif edildiği, P-7 ,S-4 , P-9 noktalarında temel kayanın "iyi "olduğu P-11 noktasından sonra ise "yetersiz" zemine girildiği yapılan bu çalışmalarla saptanmış bulunmaktadır.

3. Bilindiği gibi temel kaya içerisinde yer altı su faaliyetlerinin olması açılacak bir tünelde kazım çalışmalarını ve tünelin stabilitesini önemli şekilde etkilemektedir. Bu nedenle açılmamış bir tünelin yüzeyden yapılan sismik çalışmalarla su muhtevası yönünden durumu araştırılmış ve Şekil (6)'da gösterilmiştir. Bu grafiğin izahına geçmeden, daha önce yapılmış çalışmaların bu konuya yaklaşımının incelenmesinde yarar görülmektedir.

Bilindiği gibi P-dalga hızının yüksek olduğu durumlarda kayanın kuru değilse su ile doymun olduğu anlara rastlanmaktadır. Halbuki S-dalgası hemen hemen aynı değerlerde elde edilmektedir. Yapılan çalışmalar [REF (5)] kuru kayalarda V_p / V_s oranının su ile doymun olan

kayalara nazaran daha az olduğunu göstermektedir. Şekil (6)'daki grafiğin çiziminde şöyle bir yol takip edilmiştir. Düşey ekseninde V_p / V_s oranı, yatay ekseninde ise Dinamik-Poisson oranı işlenmiştir. Tünelin özellikle kazım çalışmalarının gerçekleşeceği seviyelerdeki noktalar ve bu noktalara ait dinamik elastisite modülü, temel durumu belirten parametreler ve formasyon gerçek rezistivite grafik üzerinde belirlenmiştir. Grafikten açıkça görülebileceği gibi en düşük V_p / V_s oranının elde edildiği B-1 noktası kuru bir temel kayaya tekabül etmekte ve dinamik elastisite modülü düşük olarak elde edilmekte rezistivitesi ise 27 ohm.m olarak belirlenmektedir. Bu seviye temel durumu yönünden “kötü” olarak belirlenmiştir. V_p / V_s oranının en büyük olduğu B-9 noktasında dinamik elastisite modülü 196831 kg/cm², formasyon gerçek rezistivitesi 99 ohm.m, temel durumu “iyi” olarak belirlenmektedir. Daha önce yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulursa bu noktanın yüksek V_p / V_s oranı nedeniyle suya doymun olması beklenebilir. Şekil (3) te B-9 noktası seviyesinde yer altı suyu seviyesinin yukarıda belirlenen formasyonu etkisi altına aldığı rahatlıkla söylenebilir. Şekil (6) ‘dan çıkartılan diğer dikkate değer bir netice P-4,P-5,B-8,B-12,P-10 ve ayrıca mostra üzerinde yapılan kristalize kalkere ait bir değer eğrinin dönüm noktası civarında yoğunlaşmakta olmasıdır.

Sismik hızlardan formasyonun doymunluk derecesinin aydınlatılması yeni bir araştırma konusu olup, tünel kazım çalışmalarını takiben çok daha yararlı bilgiler sağlanacak ve bu hızlarla doymunluk derecesi arasındaki ilişki daha sağlıklı biçimde kurulabilecektir. Bu yolda alınacak neticelerle ileride açılmamış bir tünelin nerelerinin daha büyük doymunluk gösterdiği, nerelerinin kuru olabileceği konusu önceden bilinecektir.

4. Caterpillar firmasınınca hazırlanan sismik P-dalgası hızıyla formasyonların hangi riperlere sökülebileceği konusunda grafikler tanzim edilmiştir. Bu grafiklerin kolaylıkla hangi riper türünün temel kayayı ne seviyede kazabileceği konusu belirlenebilir. Ayrıca bu grafiklerde dinamitle kazılabilecek seviyeler ve bunları karakterize eden hızlar karakterize edilmiştir. REF (6). Bu bilgiler gözönünde tutulduğunda Balçova kesiminden girişteki B-12,B-11,B-10 noktalarında 2033-2569 m/sn hızlarla karakterize edilen seviyeler D9G riperiyle kazılabileceği ancak bu noktaların D8H ve D7F riperleriyle sökülemeyeceği Caterpillar firması tarafından sunulan grafiklerden çıkartılmıştır.

6. SONUÇ VE TAVSİYELER

Daha önce yapılan jeofizik çalışmalar göstermiştir ki REF (1) ,özellikle tünel kazım çalışmalarından önce yapılan sismik çalışmalarla zeminin stabilitesi önceden tahmin edilebilmektedir. Zigana Tüneli içerisinde yapılan çalışmalar sırasında P-dalgası hızının 2193 m/sn olduğu ve kırık parametresiyle “kötü” olarak tarif edildiği yapıların dinamitleme

sırasında tamamen çökerek önemli problemler çıkardığı bilinmektedir. Özellikle B-12, B-10, B-3, B-1 noktalarında benzer durumların mevcudiyeti tünel kazımı sırasında, tünel stabilitesini koruyucu yönde tedbirlerin alınarak çalışmalara devam edilmesini zorunlu kılmaktadır. Tünel boyunca sadece düşey olarak değil aynı zamanda yatay olarak da önemli çimentolaşma derecesindeki değişimler (ki bunlar farklı değerlerinin mevcudiyetiyle saptanmıştır.) tünel kazımı sırasında dikkate alınarak tünel kazım çalışmaları programlanmalıdır.

REFERANSLAR

- 1-) KURAN Uğur; 1979 , *Zigana Tünelinde S-dalgasının elde edilmesi ve kayaların dinamik elastisite modülünün yerinde ve laboratuvarında saptanması,*
- 2-) MASUDA, H., 1962, *Geophysical Exploration and Measurements of Physical Properties of The Rocks CRIEP.*
- 3-) KUDO, Shin-lehi ; 1960, *Survey on foundation Rocks of Dams by Geophysical Methods. PWRI, JAPAN*
- 4-)GÜMÜŞ, Hasan, Ş.ŞİMŞEK, S. YILMAZER ; 1976, *URLA-İZMİR-SEFERHİSAR Jeotermal Sahasının Jeolojisi ve Jeotermal Olanakları. MTA Derleme.*
- 5-) ANDERSON, Donl. and WHITCOMB, J.H ; 1975, *Time –Dependent Seismology J.G.R Vol.80, No :11*
- 6-)BAILEY D.Allen, *Rock Types And Seismic Velocities Versus Rippability, Nimbus Instruments.*