

ANTALYA'NIN ZEMİN SORUNLARI VE JEOFİZİK YÖNTEMLERLE ÇÖZÜMLERİ

The Ground Problems of Urban Area in Antalya and Their Resolutions by Means of Geophysical Methods

A. Ergün TÜRKER*, D. Ali KEÇELİ*, Züheyr KAMACI* ve M. Ali KAYA*

ÖZET

Antalya kenti zemini travertenlerle kaplıdır. Daha önce burada çalışanlar jeolojik görüşlerini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmalara göre, sahil kenarındaki travertenlerde birçok kırıklar, faylar, alterasyon zonları ve mağaralar bulunmaktadır. Bu alanın çok karmaşık ve heterojen bir yapısı vardır. Böyle ortamlarda inşaat zemininde yapılacak sınırlı sayıda mekanik sondaj numunelerine bakarak, zeminin mühendislik özelliklerini ve yapısal durumunu aydınlatmak olası değildir. Yalnızca zemin taşıma gücünü küçük almak, hasarı önlemek için yeterli değildir. Bu güçlüğü yenmek için, jeolojik yöntemlerden sismik ve elektrik yöntemleri birlikte kullanarak zeminin yapısal durumu, mühendislik özellikleri, taşıma gücü, emniyet gerilmesi ve elastisite parametreleri ile kompleks ve heterojen yapısı tanımlanabilir.

Bilindiği gibi, yeraltı suyu etkisindeki fay zonlarında genellikle düşen blok diğer bloka göre düşük özdirenç ve yüksek IP gösterir. Oysa kendine özgü jeolojik koşullardan dolayı Antalya'daki travertenlerde düşen bloklar diğer bloklara göre yüksek özdirenç ve düşük IP gösterir. Bu karakteristik özellikler Antalya'da travertenlerin kırık zonlarını tanımlamaya yardımcı olmaktadır. Ayrıca Antalya'daki travertenler mağaralardan dolayı düşük IP ve yüksek özdirenç göstermektedir. Antalya'daki zemin araştırmalarında jeofizik yöntemlerin kullanılması zaman ve parasal kazanç sağlamaktadır.

Antalya'da çok katlı yapılaşma hızla artmaktadır. Gelişen bir kenttir. Birçok zemin sorunu bulunan bu kente ait jeoteknik haritaların bir an önce yapılması zorunludur.

ABSTRACT

The ground in Antalya urban area is covered by travertins which have been studied extensively by a number of authors from the geological point of view. According to those studies, travertins near to shore have many fracture, faults, alteration zones and caverns. In some part of the area, it has very complexity and heavy heterogeneity. In such areas, it is not possible to elucidate structural situation and engineering properties of the ground or foundation from drillings and samples in limited number on the construction area and also to use a permissible bearing capacity as a low value does not sufficient to prevent any hazard. In order to overcome this difficulty, seismic and electrical techniques of the geophysical methods should be used because they can determine structural geology, foundation engineering properties, permissible bearing capacity and elastic modulus which cause complexity and heterogeneity of foundation. In a fault zone, it is known that fall down segment generally shows lower apparent resistivity and higher IP parameter than other segment has. But, travertins in Antalya show contrarily higher apparent resistivity and lower IP parameter because of cavern. This is a characteristic properties for determination of travertins fractures zones in Antalya. Our applications show that the geophysical methods is the best one for foundation investigations in Antalya because of its gain of time and financial reason.

Antalya is a town developing quickly with a number of high buildings. For this reason, its geotechnical map should be made by means of geophysical methods.

GİRİŞ

Jeofizik mühendisliği uygulamalarında, inşaat mühendislerine verilecek en önemli parametre zemin emniyet gerilmesi ile zeminin elastisite parametreleri ve zemin altının yapısal özellikleridir. Bunun için Antalya travertenlerinde; zemin

emniyet gerilmesini, zeminin elastik parametrelerinin ve temel hafriyatı ile birlikte zeminin sökülebilirliğinin, ayrıca zeminin yapısal durumunun; yani kırıkların, çatlakların ve fayların, erime boşluklarının ve mağaraların, alterasyon zonlarının ve killeşmelerin, yeraltı suyu durumunun saptanması gerekmektedir.

* Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Isparta.

Bunlardan başka mühendislik yönünden belki de en önemlisi hızla büyüyen şehirdeki atık suların içme suyu olarak kullanılmakta olan yeraltı suyuyla karışmasıdır.

Yukarıdaki sorunların bir veya bir kaçının çeşitli zeminlerde de bulunabileceği ve jeofizik mühendisliği uygulamalarıyla çözümlendiği bilinmektedir. Ancak Antalya ilinde benzer şekilde zeminle ilgili pek çok sorunun bir arada olduğu seyrek karşılaşılan bir zemin türüdür. Bu bakımdan Antalya ilindeki zemin sorunlarının daha ziyade jeofizik mühendisliği uygulamalarıyla çözümlenebileceği bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır.

ANTALYA ZEMİNİNİN JEOLJİK DURUMU

Antalya kentinde zemin travertenlerle kaplıdır. Travertenler Pleistosen devrinin iki buzul dönemi arasında, kalsiyum bikarbonatlı sulardaki kalsiyum karbonatın çökmesi ile oluşmuştur. Bu travertenler çökme devrindeki bitkileri sararak çeşitli şekiller oluşturmuşlardır. İçlerindeki bitkiler günümüze kadar çürümüş olduklarından travertenler gözenekli bir görünüm kazanmışlardır. Traverten kalınlıklarının bazı bölgelerde 300 metreye ulaştığı ileri sürülmektedir. Antalya'daki travertenlerin oluşum türleri;

- 1) Sıkı dokulu masif traverten,
- 2) Gözenekli ve süngerimsi traverten,
- 3) Bitki dokulu traverten,
- 4) Oolitik traverten,

olarak gözlemlenmiştir. Bunlardan "bitki dokulu travertenler ile oolitik travertenler" in daha çok erime boşlukları geliştirebildikleri belirtilmektedir. Travertenler deniz kıyısından iç kesimlere doğru yer yer traverten özelliğini nisbeten yitirmekte ve kilce zenginleşmektedir.

Can Aydar ve Jean - François Dumont'un çalışmalarına göre, Antalya travertenlerinde görülen dizilmelerde üç ana çizgisellik doğrultusunun varlığı belirtilmektedir (Şekil 1).

(I) Travertenlerin kuzey kısmında, bitkisel değişmelerle kendini gösteren ve sürekli olmayan kuzeydoğu - güneybatı çizgisellikleri görülür.

(II) Kuzeybatı - güneydoğu çizgisellikleri travertenlerin kuzey kısmında koyu renk bant veya çizgilerle belli olmaktadır. Bu doğrultu kuzeybatı - güneydoğu kıyı kısmından Antalya şehrinin doğusuna uzanan bir çizgi ile belirtilebilir.

(III) Kuzey - güney çizgisellikleri daha seyrek, fakat çok sürekli. Kuzeyden güneye travertenlerden kıyıya kadar uzanmaktadır.

Bu gözlemlenen doğrultular Miyosen sonrası genç tektoniğe bağlanabilir. Travertenler içerisinde gözlenen çizgisellikler tektonik midir? Şimdiye kadar gözlemi ve tanımı yapılmış hiç bir fay yoktur. Bu karstik sirkülasyon çizgileri, traverten biçimine giren gerçek fay çizgilerini takip edebilir. Pliyo-Kuvaterner genç tektoniğe bağlanabilen yeni faylar gerilim tektoniği nedeniyle yeraltı sularının sirkülasyonuna çok elverişlidir. Antalya travertenlerinin oluşturduğu bu gözenekli masa altında, travertenlerin hemen altında bulunan en yeni fayları takip eden su sirkülasyonu, bunlar içerisinde uzun karstik akıntı izleri halinde kendini gösterir.

Kıyı şehrindeki travertenlerin deniz tarafından aşındırılması, oyulması ve ayrıştırılması ile büyük blokların deniz tarafları desteksiz kalmakta ve bunun sonucunda sahil iç kesimlerinde kırıklar ve ayrılmalar oluşmaktadır. Travertenlerde erime boşlukları olup, bu erime boşlukları çeşitli kesimlerde mağara türü boşlukların oluşmasına neden olmaktadır. Yüzeyle söz konusu boşluk araları kırmızı renkli killere dolu görünmektedir. Antalya şehrinin zemini, birbiri ile bağlantılı irili ufaklı mağaraların yer aldığı, kırıklı, çatlaklı, çok kompleks ve heterojen bir yapıya sahiptir.

ANTALYA ZEMİNİNDE YÜKSEK YAPILARI BEKLEYEN RISK

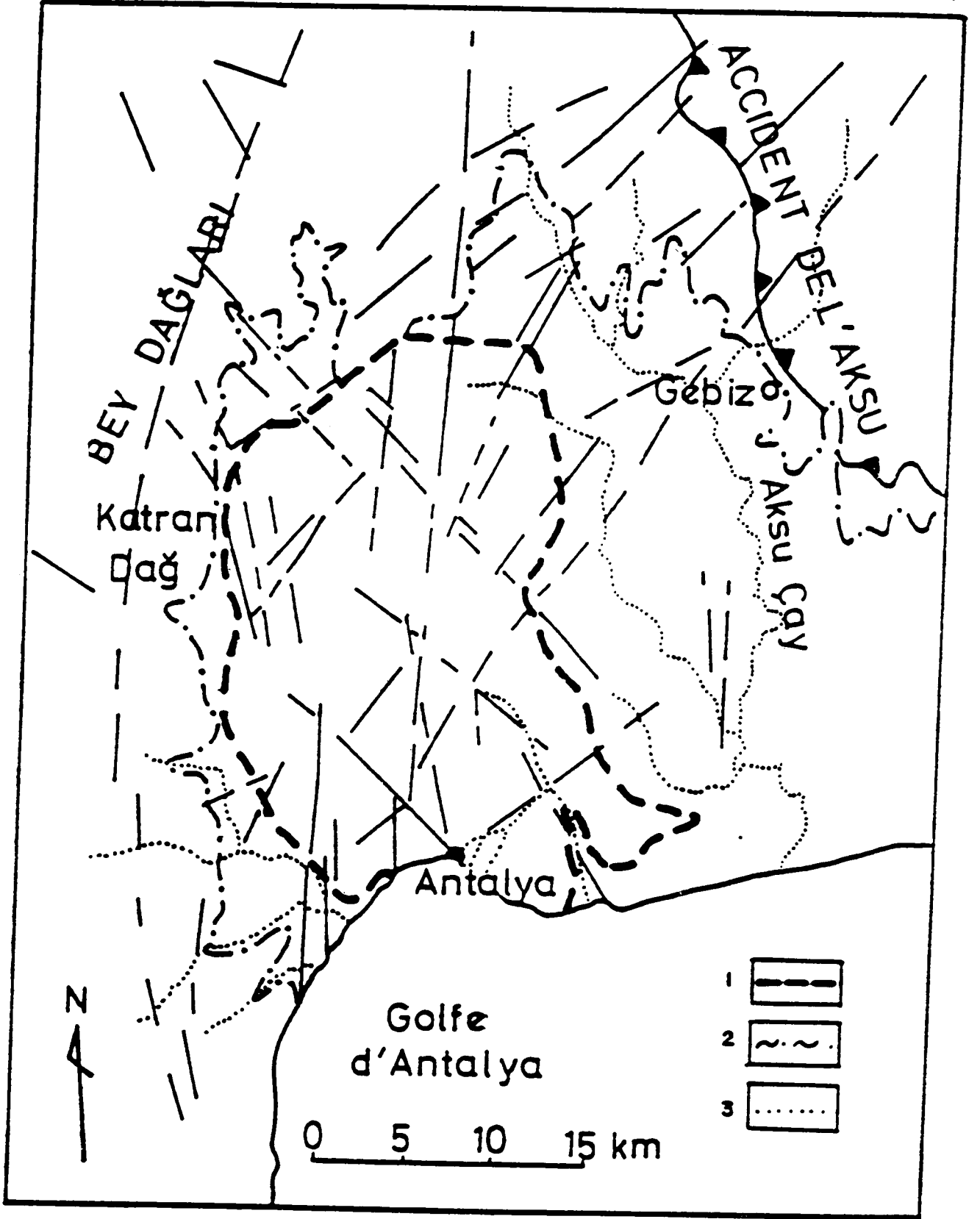
Antalya travertenlerinin oluşturduğu gözenekli masa üzerinde büyük binaların beş yıldızlı otellerin hızla artışı beraberinde zemin sorunlarını da getirmektedir. Yeraltı boşluklarının geometrileri Antalya'daki Atatürk parkında görülebileceği gibi çok düzensiz olarak gelişmiştir. Yüzeyle görünmeyen bu mağara ve erime boşlukları üzerine gelebilecek yüksek binalar ile yine falezdeki kırık, çatlak ve mağaraların üzerine oturacak yüksek bina ve beş yıldızlı oteller risk taşımaktadır. Yeni binaların yükselmesiyle ve zamanla bu yapılarda hasar olabilir. Sadece zemin emniyet gerilmesini küçük almak hasarı önlemek için yeterli değildir. Aksine zemin emniyet gerilmesini küçük almakla bina yükü artacağı için görünmeyen boşluk ve mağaraların tavanları daha kolay çökebilecektir. Bunun yanında travertenlerin ve kilce zengin kısımların yanal ve düşey değişimlerini içeren heterojen zeminde farklı oturmalar hasara neden olabilir. Bunun için travertenlerdeki kırıkların, çatlakların, erime boşluklarının, mağaraların ve alterasyon zonlarının saptanması gerekmektedir.

Traverten falezlerinin gelişmeleri de duraysız şevlerin ve heyelanların gelişmesi gibi daima geriye yani karaya doğru olacağından, falez gerisindeki kırıkların etüdü bu bakımdan önem taşımaktadır. Falez duraylılığı için eğer varsa iç kesimlerdeki örtülü kırıkların yerlerinin ve konumlarının saptanması gereklidir. Nitekim eski Orduevi ve PTT binaları, falezdeki duraylılığı bozduğu için yıkılmış ve park haline getirilmiştir.

Antalya'da kanalizasyon yoktur. Her bina 20 - 30 m derinliğinde açtığı sondaj ile rast geldiği traverten boşluklarına kanalizasyonunu vermektedir. Bu durum ilerde çevre kirlenmesine neden olabileceği gibi traverten boşluğuna bırakılan asitik atıklar, boşluk ve mağaraların genişlemesine neden olabileceğinden zamanla oturmalarla binalarda hasarlar görülebilir.

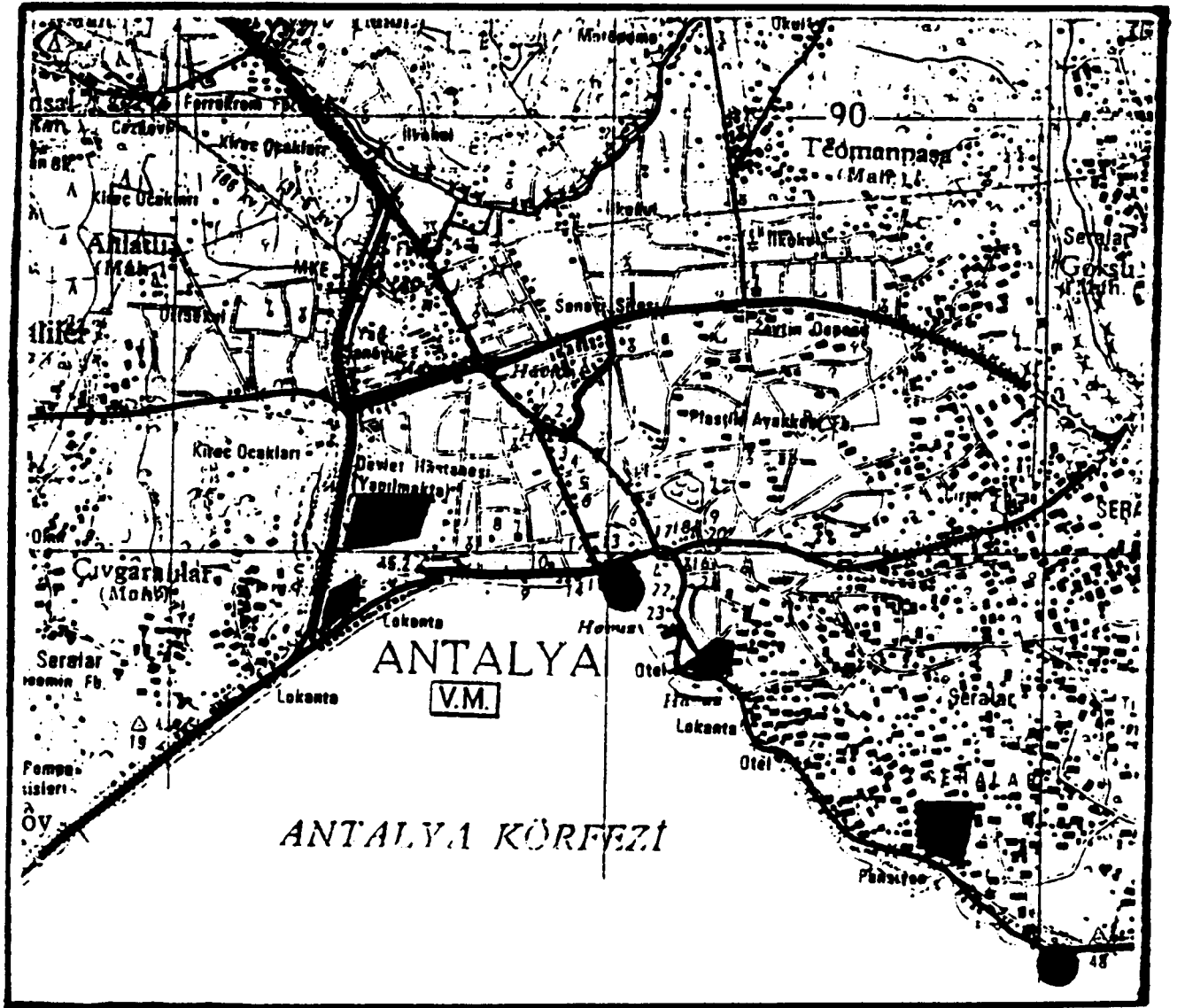
ANTALYA ŞEHRİNİN ZEMİN SORUNLARININ ÇÖZÜMÜ İÇİN YAPILMASI GEREKENLER

Antalya travertenlerinde; zemin emniyet gerilmesinin, zeminin elastik parametrelerinin, temel hafriyatı ile zeminin sökülebilirliğinin, zeminin yapısal durumu ile mühendislik özelliklerinin saptanması gerekmektedir. Sınırlı sayıda mekanik sondaj ile böylesine heterojen bir zeminin mühendislik özelliklerini ve yapısal durumunu aydınlatmak olası değildir. Bu güçlüğü yenmek için, jeofizik yöntemlerden sismik ve elektrik yöntemleri birlikte kullanılarak zemin emniyet gerilmesi, zeminin elastisite parametreleri, zeminin yapısal durumu ile zeminin mühendislik özellikleri saptanabilir. Bu amaçla yapılan çalışmaların yerleri Şekil 2 de görülmektedir.



Şekil 1. Antalya travertenleri ve civarında çizgisellik haritası. 1. Traverten sınırı; 2. Kuvaterner ve Pliyo Kuvaterner sınırı; 3. hidrografik ağı (Aydar ve Dumont 1979).

Fig. 1. The map of structural zones of Antalya travertins and surrounding area. 1. Boundary of travertins; 2. Boundary of Quaternary and Plio-Quaternary; 3. Hydrographic map (after Aydar and Dumont 1979).



Şekil 2. Çalışma yapılan sahaların yer bulduru haritası (Ölçek 1:25000).
 Fig. 2. The location map of the studied areas (Scale 1:25000).

Zemin Emniyet Gerilmesi

Bir yapının temel projesi hazırlanırken zemin taşıma gücünün ve zemin emniyet gerilmesinin göz önünde tutulması gerektiği ve bunların daha çok statik yöntemlerle belirlendiği bilinmektedir. Zemin emniyet gerilmesi kavramı, kaya ve zemin mekaniğinin ilk gelişimi ile birlikte tanımlanmıştır. Zemin emniyet gerilmesi uygulayıcı mühendis için oturmalar, taşıma gücü, zaman etkenleri ve zeminin heterojenliği gibi faktörleri ortadan kaldırdığından günümüze kadar kullanılagelmiştir. Bu kavramın oturma ve taşıma gücü faktörlerini içerdiği varsayılr. Genel anlamıyla, zeminin nihai taşıma gücünün uygun bir güvenlik sayısına bölünmesiyle bulunan zemin emniyet gerilmesinin; yeraltısuyunu, arazinin heterojenliğini, çatlak sistemlerini ve özelliklerini, poroziteyi göz önüne almaması çok kaba bir klavuz olduğu izlenimini vermektedir. Bu kavram, jeolojik koşulların çok iyi bilindiği ve zemin özelliklerinin birçok kez denendiği durumlarda projelendirme için faydalıdır. Yerleşim merkezlerinde taşıma gücü ile oturmaların hesaplanmasının yanında yüklem ve SPT deneylerinin yapımındaki güçlükler V_s enine dalga hızlarından yararlanmayı ön plana çıkarmıştır. E. Türker ve A. Keçeli tarafından V_s enine dalga hızlarından zemin emniyet gerilmesinin ve V_p boyuna dalga hızlarından taşıma gücünün hesaplanması için bağıntılar geliştirilmiştir. (Türker 1988).

Zemin emniyet gerilmesi (σ_e)

$$\sigma_e = \rho \cdot V_s \cdot \frac{T_0}{4} \text{ kg/cm}^2$$

ile taşıma gücü (σ_n) ise

$$\sigma_n = \rho \cdot V_p \cdot \frac{T_0}{4} \text{ kg/cm}^2$$

olarak tanımlanabilir. burada ρ yoğunluk, T_0 zemin hakim titreşim periyodudur. Bu bağıntılardan elde edilen zemin emniyet gerilmesi değerleri aynı yerdeki statik yöntemlerle elde edilen zemin emniyet gerilmesi değerleri ile büyük bir uyumluluk göstermektedir. Sismik yöntemlerle hesaplanan zemin emniyet gerilmesi değerleri güvenle ve büyük bir kolaylık içerisinde kullanılabilir.

Antalya'daki zemin etütlerinde bu yöntemle elde edilen zemin emniyet gerilmesi değerleri 2 kg/cm² ile 12,5 kg/cm² arasında değişmektedir. Bu değerler Yazganlar İnşaat alanında 2 kg/cm², Alke Oteli'nde 2,5 kg/cm², Birmaş A.Ş. inşaat alanında 2,5 kg/cm², Cender Oteli'nde 5 kg/cm², Antalyaspor Mensupları Yapı Kooperatifi'nde 10 kg/cm² ve Etmem Yapı Kooperatifi'nde 12,5 kg/cm² civarında saptanmıştır. Etmem Yapı Kooperatifi'nin inşaatı buna göre projelendirilmiş ve kaba inşaatı iki sene önce tamamlanmış olan 12 katlı bu binalarda herhangi bir hasar izi görülmemektedir.

Zeminin Elastik Parametreleri

Sismik yöntemle V_s ve V_p dalga hızlarından zemin emniyet gerilmesi saptanırken diğer elastik parametreleri (Young Modülü E, Kayma Modülü G ve Poisson oranı μ) elde etmek olanaklıdır.

Temel Hafriyatı ile Zeminin Sökülebilirliği

V_p boyuna dalga hızı değerleri ile kayaların sökülebilirliği arasındaki deneysel ilişkiden yararlanarak makina parkı ve zeminin sökülebilirliği hakkında karar verilebilmektedir (Şekil 3).

Zeminin Yapısal Durumu ve Mühendislik Özellikleri

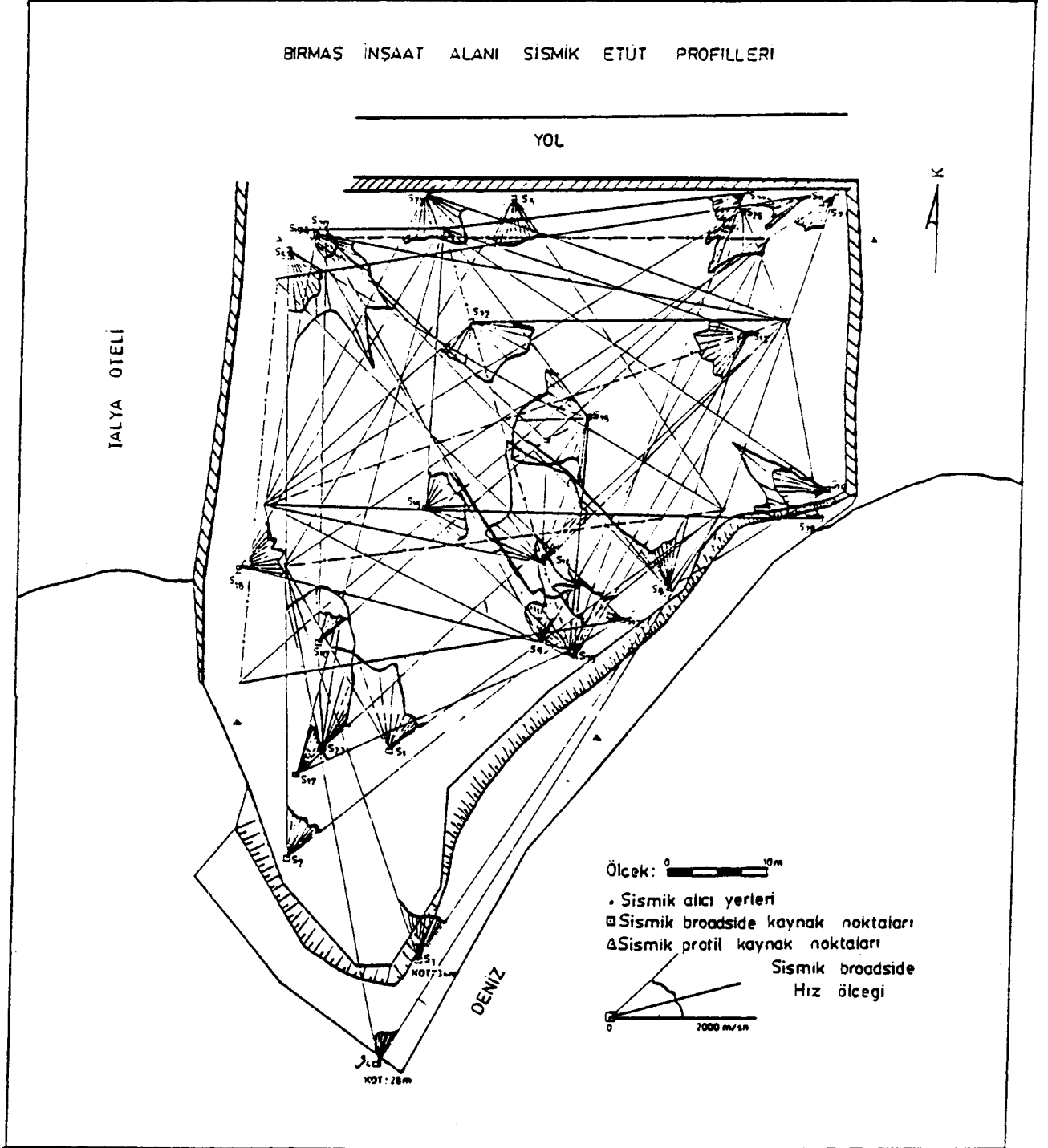
Bu amaçla sismik ve özdirenç çalışmaları birlikte yapılmıştır. Örneğin Talya Oteli bitişiğindeki Birmaş A.Ş. inşaat sahasında sismik broadside (Şekil 4) ve çeşitli doğrultularda in-line çalışmaları yapılmıştır. In-line çalışmalarından W-E doğrultusundaki zaman - uzaklık grafiği Şekil 5 te görülmektedir. Şekil 4'teki broadside çalışmasında sismik hız vektörlerinin değerleri çeşitli yönlerde ve farklı ölçü noktalarında aşırı hız farklılıkları göstermektedir. Düşük hız değerlerinin varlığı zemin altının aşırı derecede kırıklı ve boşluklu olduğunu göstermektedir. Sismik hızlar kayaçların mekanik özelliklerini yansıttığından V_p dalga hızının 1000 m/s den küçük değerleri zemin türüne göre zayıf sağlamlıkta zemin türüne, V_p dalga hızı 1000 m/s ile 2500 m/s arasındaki değerler orta sağlamlıkta zemin türüne ve V_p dalga hızı 2500 m/s den büyük değerler ise sağlam zemin türüne kabul eder. İnşaat zemini altında sismik dalga hızları (600 m/s - 3500 m/s) arasında değerler aldığından düşük sismik hızlar bozmuş (altere) traverten bölgelerini, orta derecedeki sismik hızlar ise travertenlerin kısmen altere kısmen orta sıklıktaki bölgelere sahip olduğunu göstermektedir. Orta sıklıktaki traverten bölgeleri süreklilik göstermemektedir. Şekil 5'teki in-line çalışmasına göre elde edilen zaman-uzaklık grafiği aşırı kırıklılığın varlığını ve derinlere doğru bu kırıkların devam ettiğini açıkça göstermektedir.

Elastisite modülü (Young modülü) E, zeminin sağlamlığını, sertliğini, bir başka deyişle zeminin katılığını yansıtır. İnşaat alanında elastisite modülünün (767 kg/cm² - 29925 kg/cm²) arasında değerler alması yine bu zeminin zayıf sağlamlıkta bir zemin olduğunu belirtir. Örneğin, betonun elastisite modülü değeri (100 000 kg/cm² - 300 000 kg/cm²) arasında ve granitin ise 500 000 kg/cm² civarında olduğu bilinmektedir. Bu örnekler göre inşaat alanının elastisite değerlerinin düşük olduğu anlaşılmaktadır. İnşaat alanı için dinamik kayma modülünün (265 kg/cm² - 11 250 kg/cm²) arasında değerler alması zeminin yanal kuvvetlere karşı dayanıklılığının zayıf olduğunu belirtmektedir.

Yukarıda sözü edilen sismik hızların ve dinamik elastisite parametrelerinin inşaat alanı altındaki dağılımları izlendiğinde travertenlerin üç boyutlu olarak, yani düşey ve yanal doğrultularda kısa aralıklarda mekanik özelliklerinin farklılaşma gösterdiği anlaşılmaktadır.

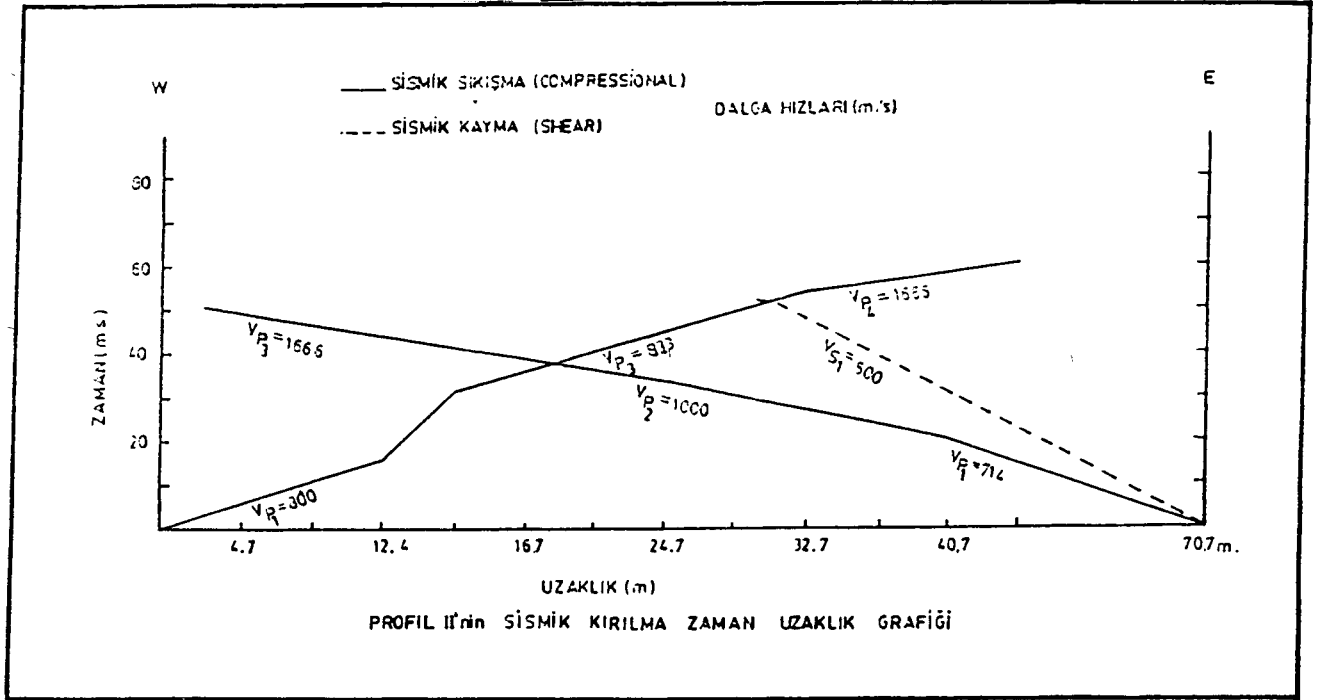
İNŞAAT ZEMİNİNİN ALTINDAKİ TRAVERTENLERİN YANAL VE DÜŞEY DOĞRULTULARDA ELEKTRİK AKIMI İLETİM ÖZELLİKLERİ BU NOKTALARIN AYRISIMA VE BOZUŞMA ÖZELLİKLERİNİ, YENİ BLOKLAŞMALI, KIRIKLI, MAĞARA TÜRÜ BOŞLUKLU VE GÖZENEKLI YAPININ SU, KIL VEYA HAVA İLE DOLU OLUP OLMADIĞINI YANSITMASI BAKIMINDAN VE AYRICA SISMİK ÇALIŞMAYLA KORELASYON İÇİN ÖZDİRENÇ VE ETKİSEL KUTUPLAŞTIRMA % frekans etkisi (EIP) ölçüleri alınmıştır. Bu ölçüler düşey elektrik sondaj (DES) ve profil ölçüsü şeklindedir. Elektrik özdirenç değerleri (Şekil 6 ve Şekil 8) kırık hattını varsa boşlukları ve kil, silt, kum bakımından katmanlaşma özelliğini saptamak için, EIP ise (Şekil 7 ve Şekil 9) söz konusu ortamların traverten alterasyonu miktarını, su muhtevasını ve konsolidasyon durumunu yansıtmaları bakımından uygulanmıştır.

Özdirenç ve EIP değerlerine baktığımızda sismik çalışmaya paralel heterojen bir yapı görülmektedir. Prensipte olarak sağlam ve sıkı travertenlerin elektrik akımı iletmeleri zayıf olacağından özdirenç değerleri de yüksek olacaktır. Altere olmuş traverten bölgelerinin bir miktar ıslak kil içermeleri nedeniyle elektrik akımını iyi iletmeleri sonucu özdirenç değerlerinin küçük olması gerekir. Traverten boşlukları ise özellikle mağara türü durumlarda elektrik akımı havadan iletilemeyeceği için çok yüksek özdirenç değerlerinde olması gerekir. Bu nedenle inşaat sahası zemininde elde edilen yüksek özdirenç değerleri sağlam traverten bölgelerine, düşük özdirenç değerleri

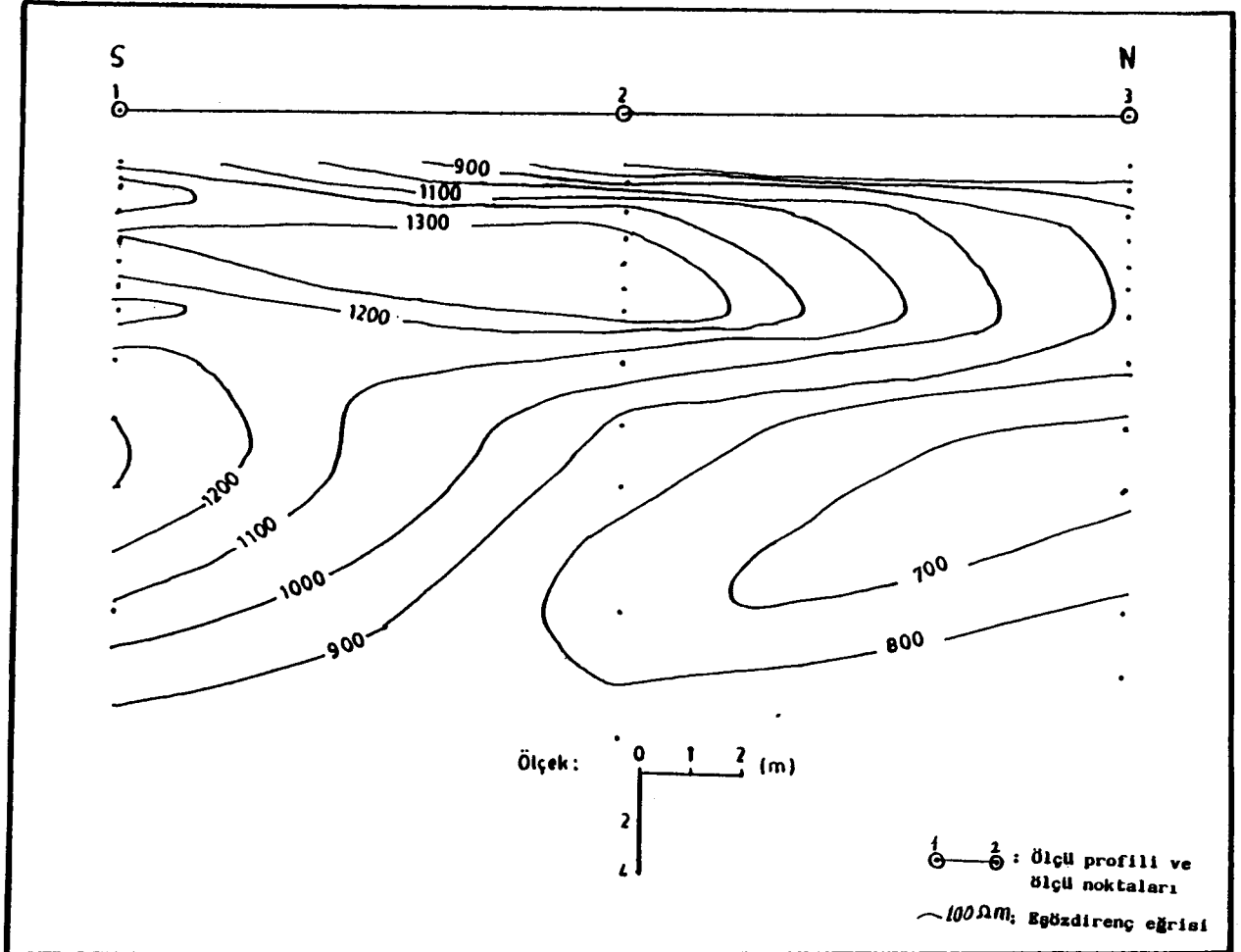


Şekil 4. Birmaş inşaat alanında yapılan sismik profilleri (broad-side ve in-line).

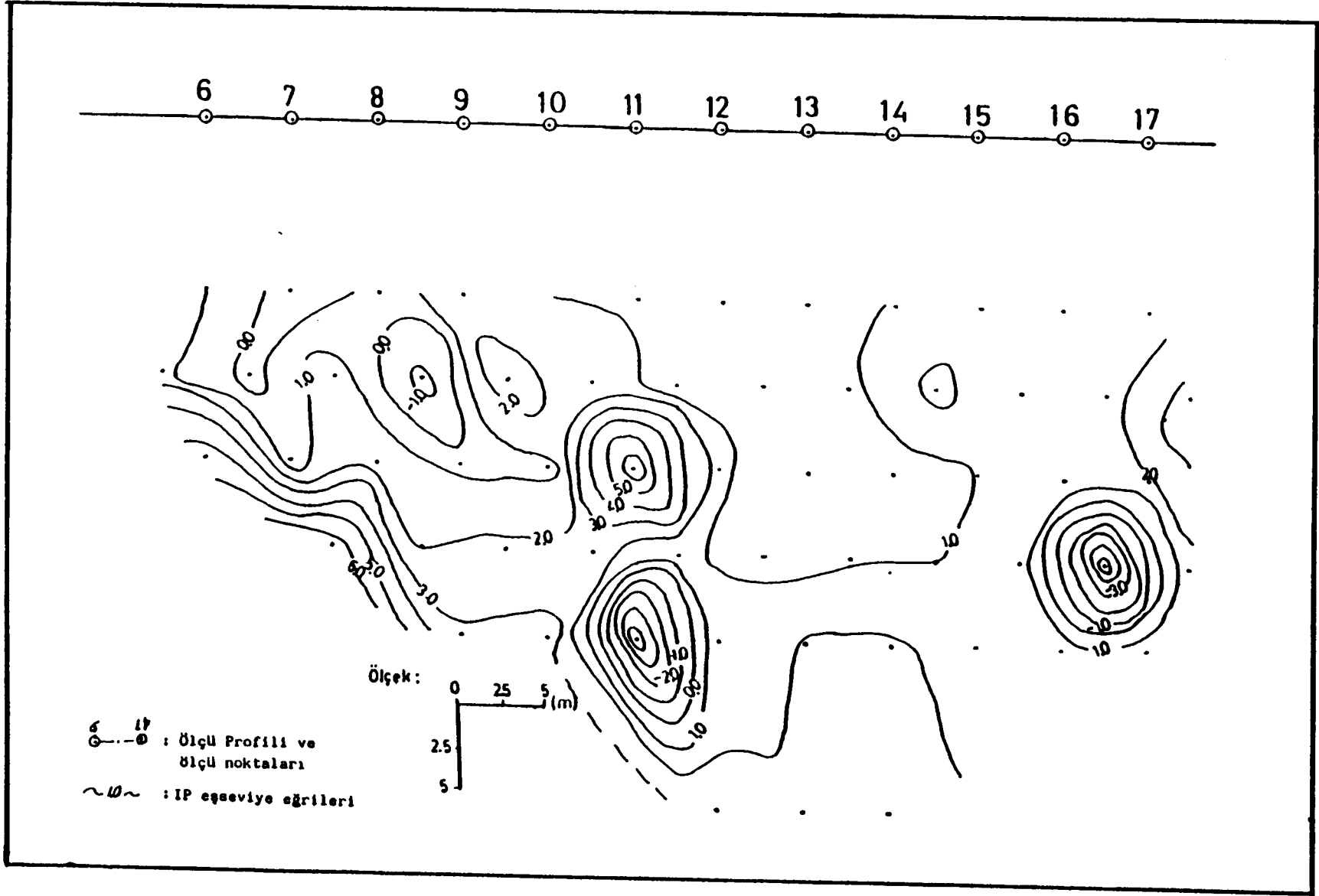
Fig. 4. Seismic profiles conducted (broad-side and in-line) at the Birmaş construction area.



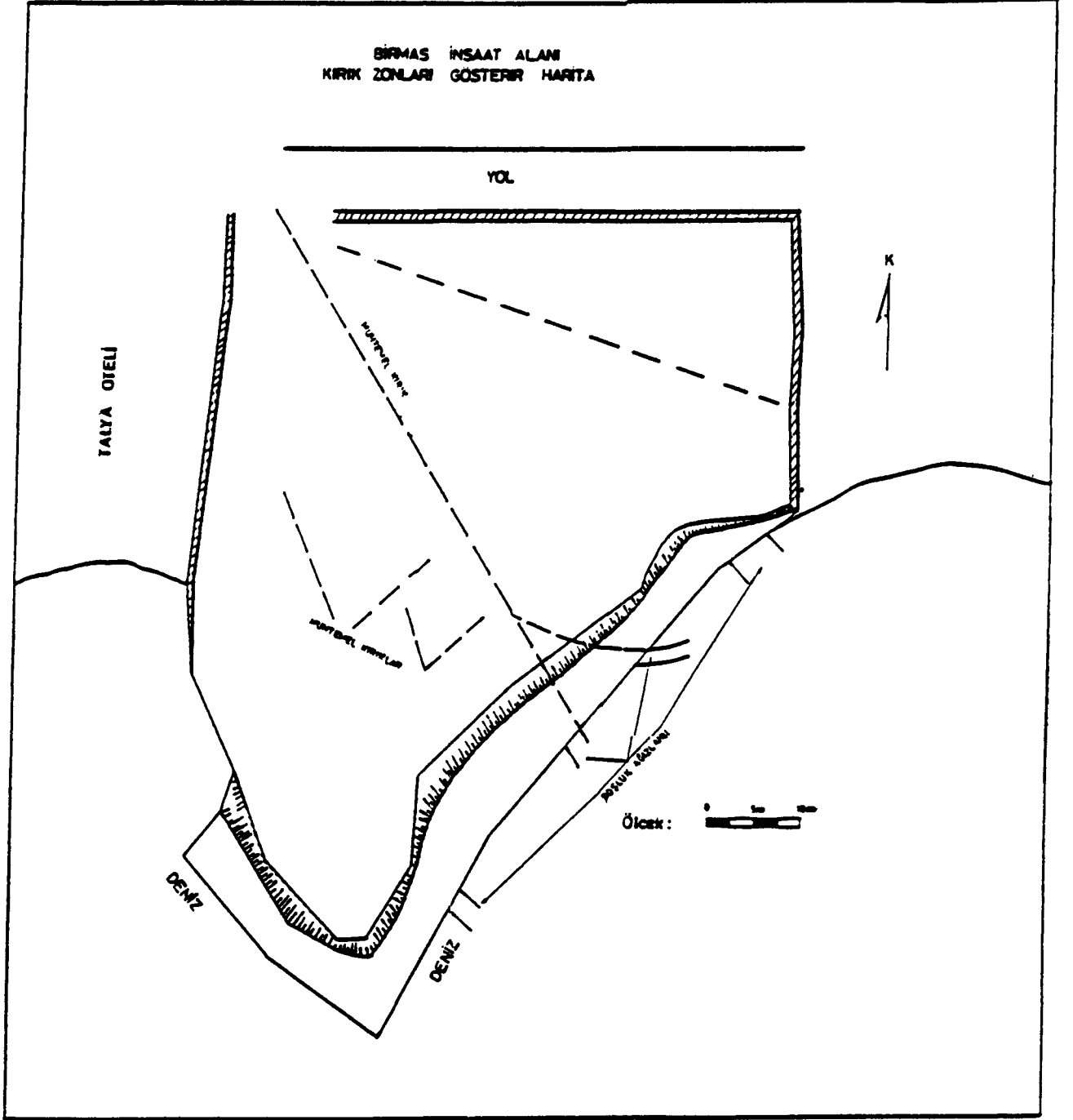
Şekil 5. Profil II'nin sismik kırılma zaman-uzaklık grafiği.
 Fig. 5. Travel time-distance graph of seismic refraction profile II.



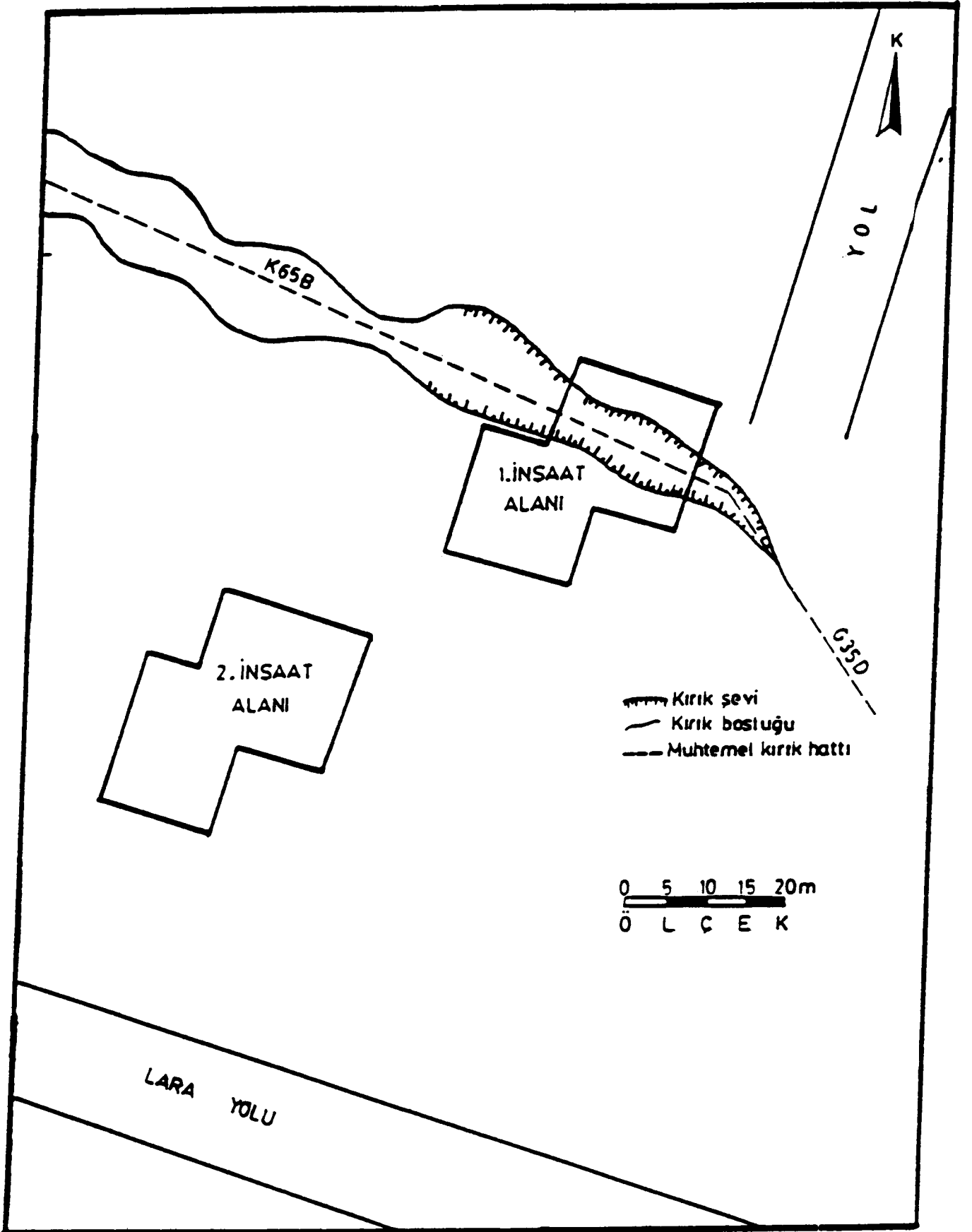
Şekil 6. Görünür öz direnç kesiti.
 Fig. 6. Apparent resistivity pseudosection.



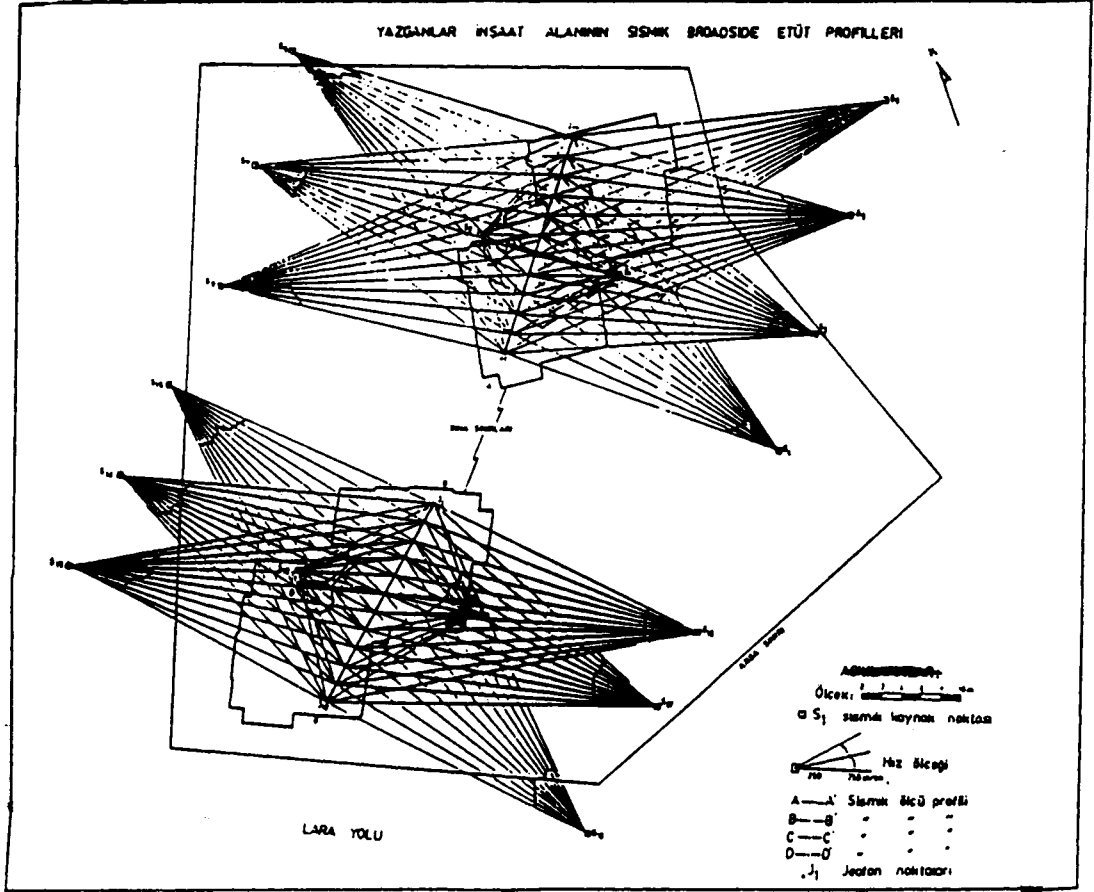
Şekil 9. Görünür frekans etki kesiti.
 Fig. 9. Apparent frequency effect pseudosection.



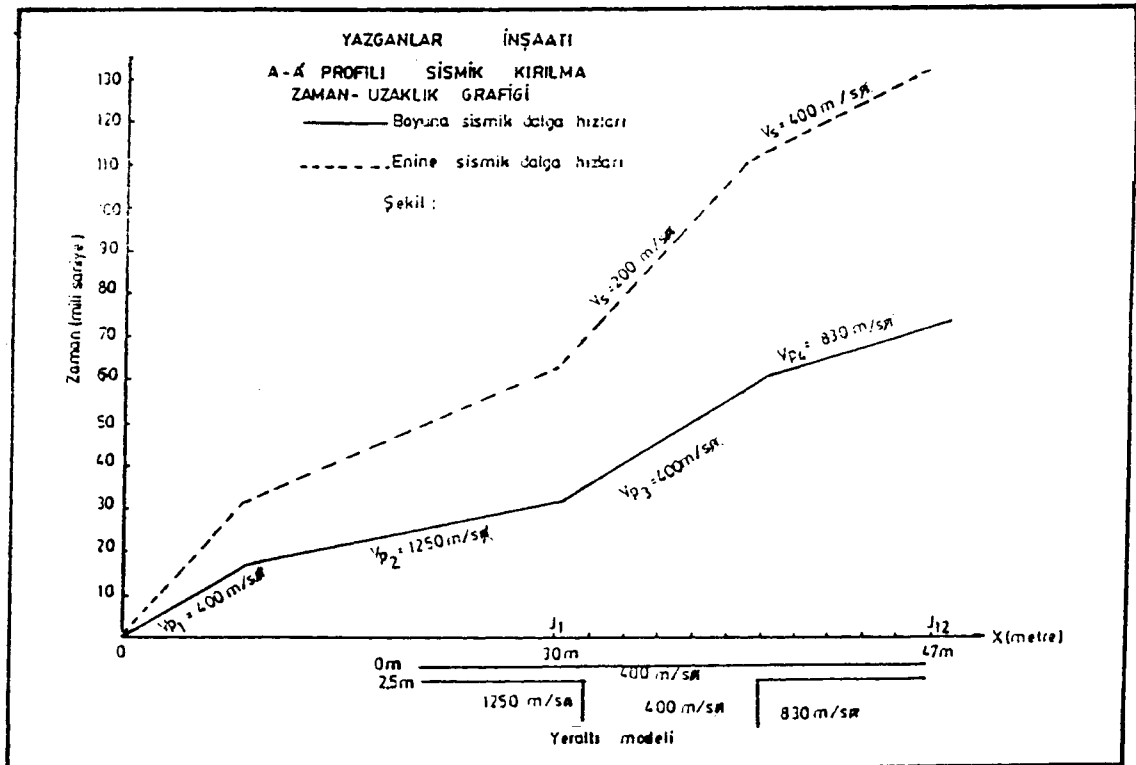
Şekil 10. Birmaş inşaat alanı kırık zonlarını gösterir harita.
Fig. 10. Faults zones map of the Birmaş construction area.



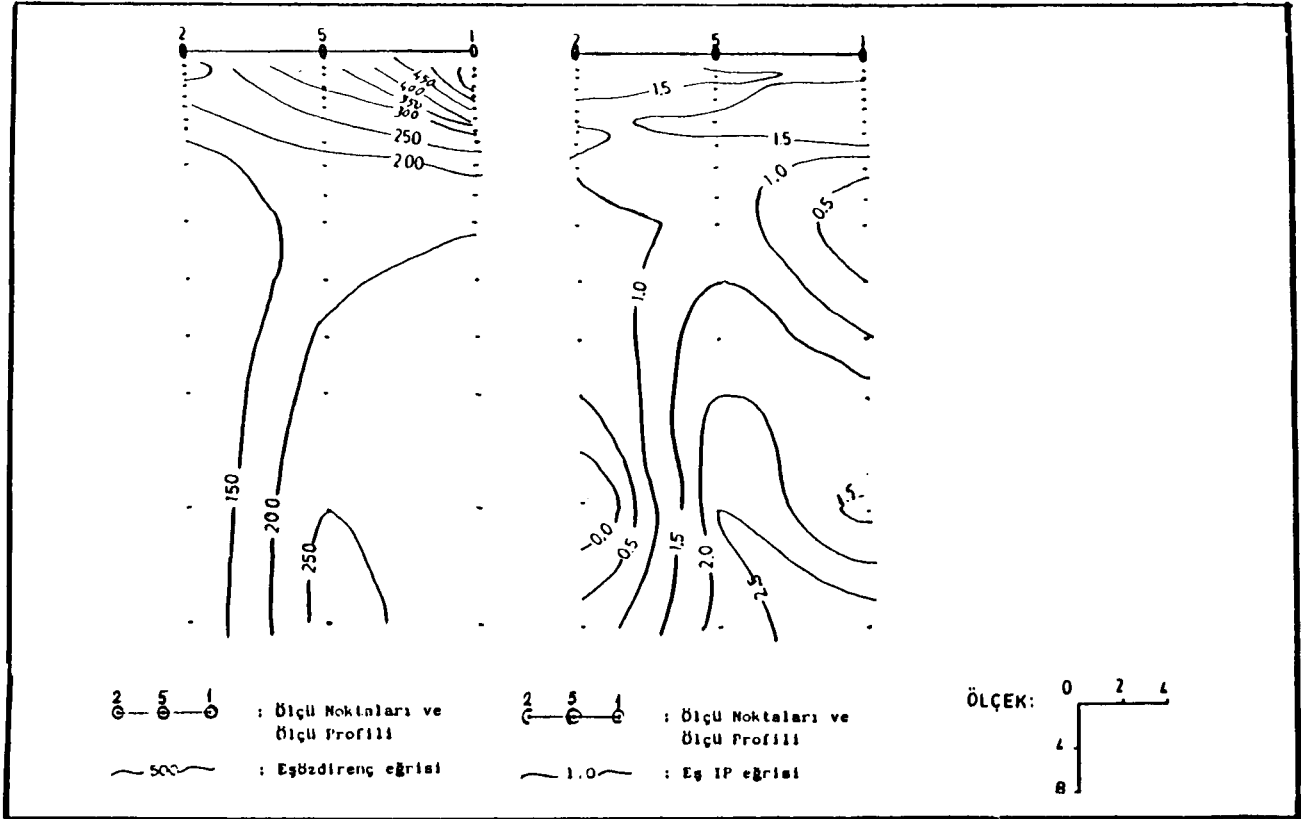
Şekil 11. Yazganlar inşaat şirketi inşaat sahaları
Fig. 11. Yazganlar Construction area



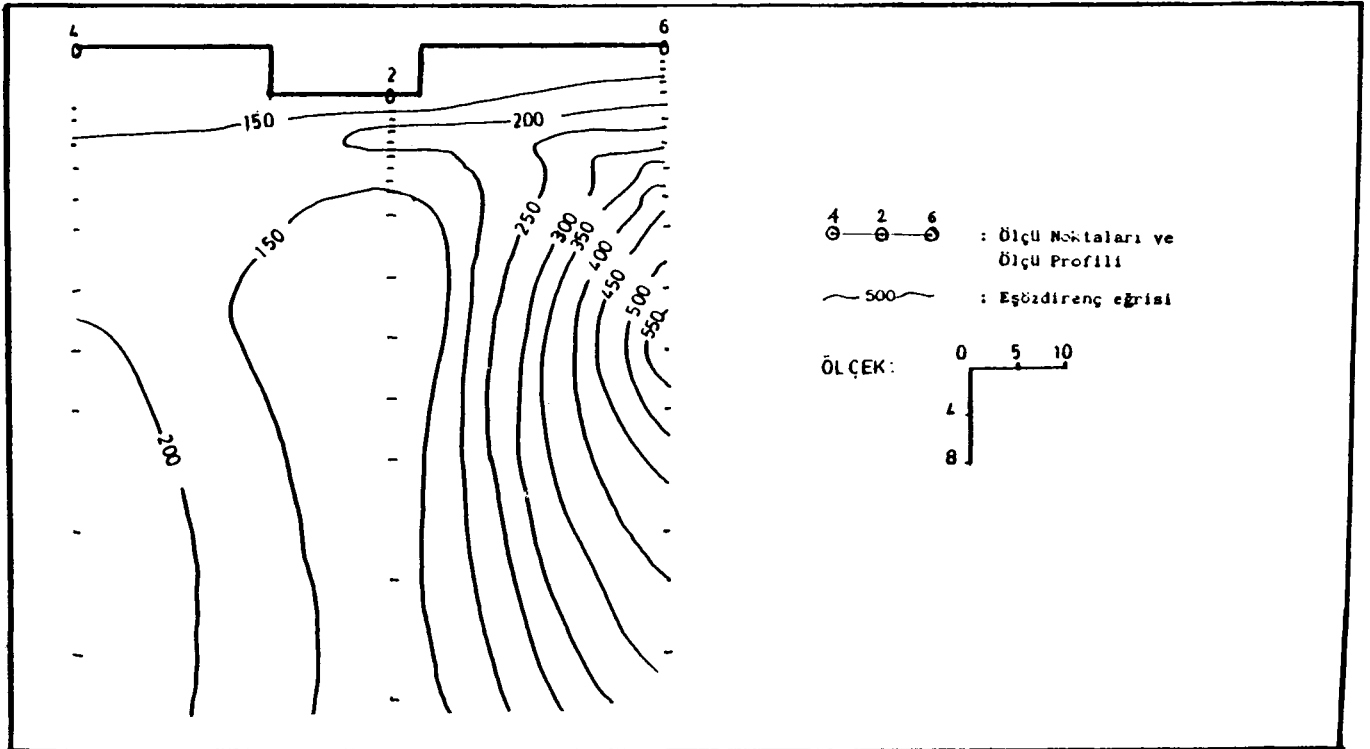
Şekil 12. Yazganlar inşaat alanında yapılan sismik etüt profilleri (broad-side ve in-line).
 Fig. 12. Studied seismic profiles (broad-side and in-line).



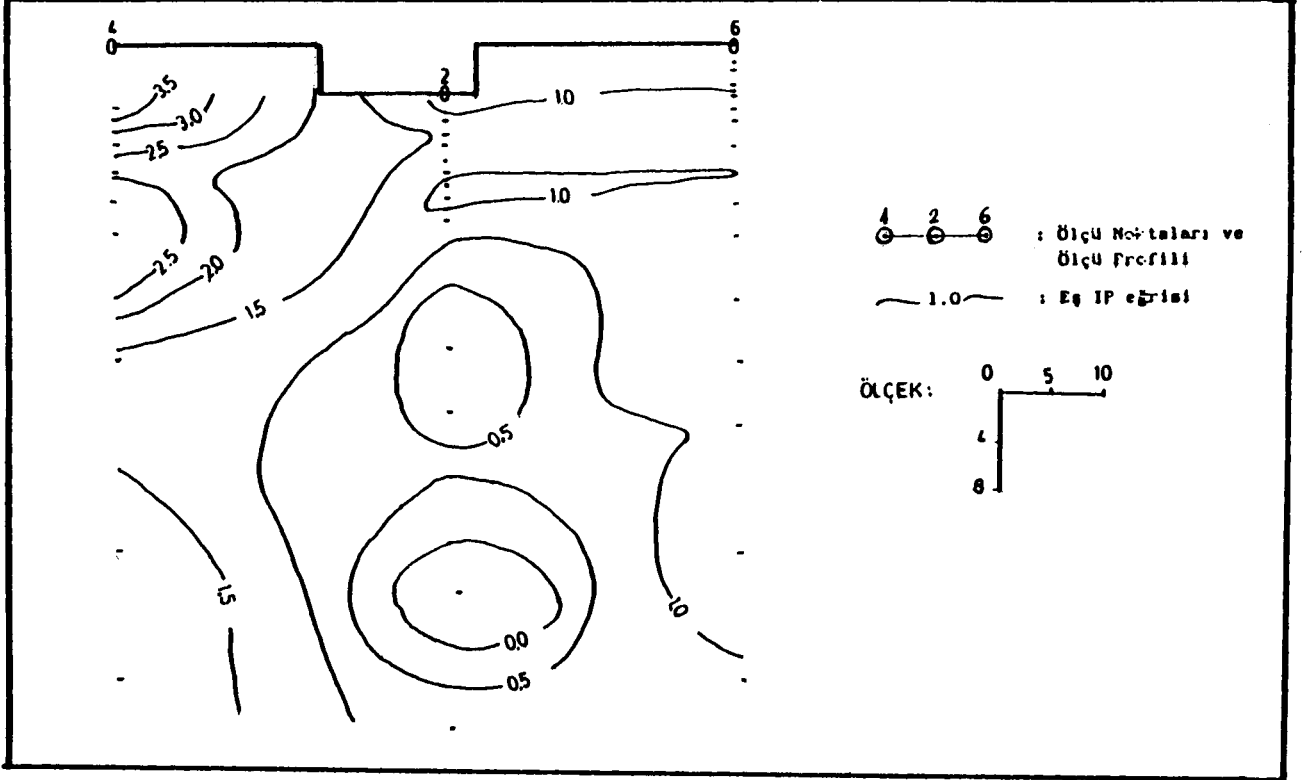
Şekil 13. Yazganlar inşaat alanı A-A' profili sismik kırılma zaman - uzaklık grafiği
 Fig. 13. Traveltime - distance graph of A-A' seismic refraction profile.



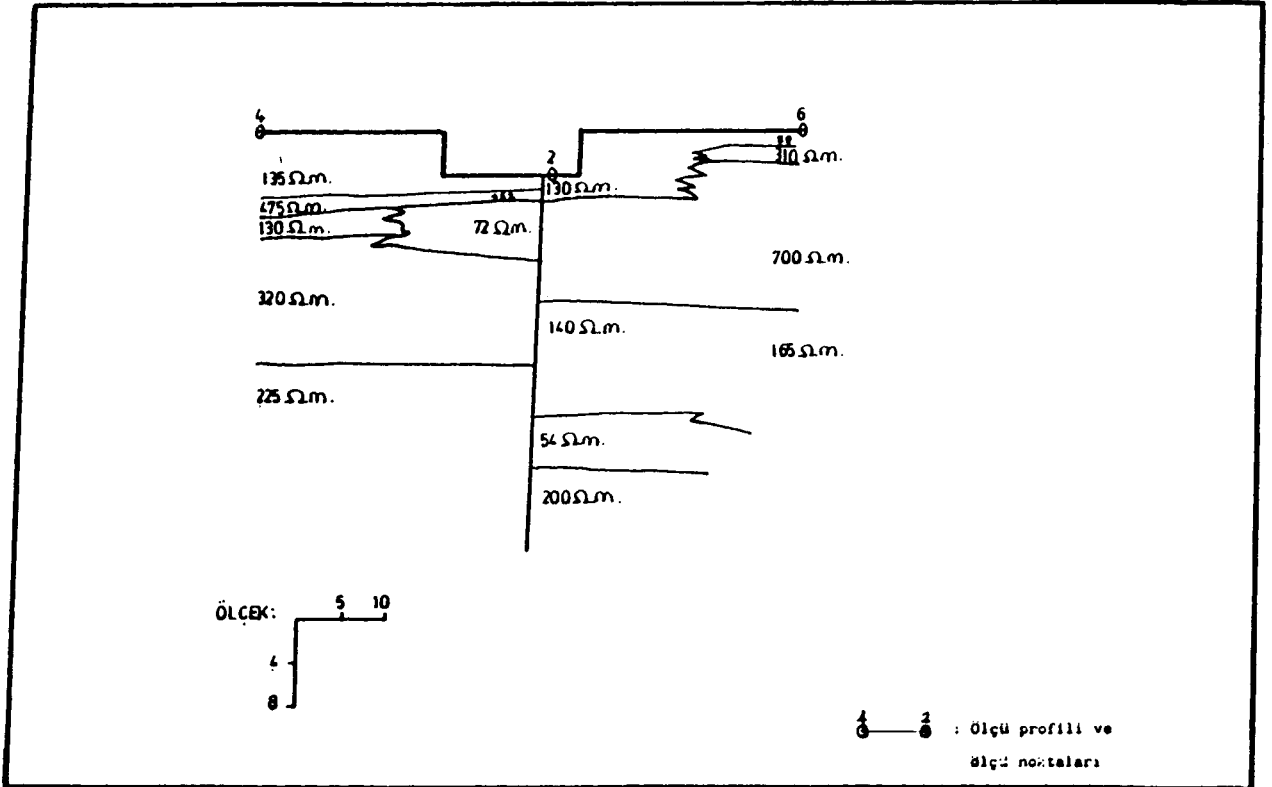
Şekil 14. Görünür öz direnç ve frekans etki kesiti.
Fig. 14. Apparent resistivity and frequency effect



Şekil 15. Görünür öz direnç kesiti.
Fig. 15. Apparent resistivity pseudosection.



Şekil 16. Görünür frekans etki kesiti.
Fig. 16. Apparent frequency effect



Şekil 17. Yorumlanmış jeoelektrik kesit.
Fig. 17. Interpreted geoelectric section.

ise gevşek ve ıslak, altere traverten bölgelerine karşılık gelmektedir.

Özdirenç, EIP ve sismik çalışmalar sonucunda ortaya çıkarılan fay ve kırıklar (Şekil 10) da görülmektedir. Bilindiği gibi, yeraltısuyu etkisindeki fay zonlarında genellikle düşen blok diğer bloka göre düşük özdirenç ve yüksek EIP gösterir. Fakat Antalya'nın kendine özgü jeolojik koşullarından dolayı bunun tersi bir durum vardır ve kırık zonları böylece saptanmaktadır. Fayın veya büyük kırığın kuzey blokunda özdirenç değerlerinin düşük, EIP değerlerinin ise büyük olması kırık zonundaki kilin kırık çatlağını tamamen doldurmuş olması nedeniyle kuzey - güney doğrultusundaki su akımına karşı bariyer oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle kuzey blokta su birikintisi düşük özdirenç ve büyük EIP değerleri yaratmaktadır. Güney blokta ise açıklanan nedenle kuzey bloka göre daha az su ile beslendiği ve sahile yakınlığı ile daha kolay direnç olabildiğinden daha az su içeriği nedeniyle yüksek özdirenç ve düşük EIP değerleri vermektedir. Yine bu açıklanan nedenlerden dolayı ana kırığın kuzey blokundaki altere traverten bölgeleri daha çok kil içermekte ve güney bloku ise drenajla kil taşınması sonucu daha az kil içermektedir. Dolayısıyla ana kırığın güneyindeki blokun falezinde erime boşlukları ve mağara türü boşluklar açıkça görülmektedir. Yukarıda sözü edilen ve Şekil 10 da görülen kırıklar boyunca boşluklar gelişmiş olabilir.

Örneğin Lara yolunda Yazganlar İnşaat Şirketi inşaat sahasında (Şekil 11) yapılan özdirenç, EIP ve sismik çalışmalarla sorun çözümlenmiştir. Şekil 12 deki broadside çalışması heterojen bir yapıyı göstermektedir. In-line çalışmasından düzenlenen sismik kırılma zaman - uzaklık grafiği (Şekil 13) kırıkların varlığını ortaya koymaktadır. Özdirenç (Şekil 14, şekil 15, Şekil 17) ve EIP (Şekil 14, Şekil 16) heterojeniteyi ve kırık yapısını ortaya koymaktadır. Sismik hızların yüksek olduğu yerlerde yüksek özdirenç sismik hızların düşük olduğu yerlerde düşük özdirenç ve düşük EIP değerinin elde edilmesi nedeniyle inşaat zemininin altında mağara türü çok büyük bir boşluk bulunmadığı anlaşılmaktadır. Tüm inşaat alanı altında gerek sismik hız, gerekse elastisite parametreleri, ayrıca özdirenç ve EIP değerlerinin dağılımlarının farklı yerlerde farklılıklar göstermesi heterojeniteyi belirtir.

Kırık üzerinde yer alan inşaat sahasında büyük bir boşluk görülmemektedir. Kırığın kuzey ve güney bloklarındaki durum yukarıda Birmaş A.Ş. inşaat sahasında açıklanan duruma benzetilmektedir.

SONUÇ

Antalya'da yer alan travertenlerde mağara oluşturabilecek kadar çeşitli erime boşlukları, kırık, çatlak ve bozuşma zonları bulunmaktadır. Böyle heterojen ortamlarda bir inşaat zemininde yapılacak sınırlı sayıda mekanik sondaj numunelerinden zeminin yapısal durumunu ve mühendislik özelliklerini gereği gibi aydınlatmak mümkün olmayabilir. Yüksek yapılar hasara uğrayabilir. Özellikle taneli zemin özelliğinde olan yeraltısuyuna doygun Arapsuyu mevkiinde ve traverten alterasyonlarının yaygın olduğu Lara dolaylarında mekanik sondaj ile zeminin yapısal durumunu ve mühendislik özelliklerini sağlıklı olarak saptamak zordur. Ayrıca zemin emniyet gerilmesi değerini küçük almak mağara boşluklarının üzerine gelen inşaatlarda hasarı önlemek için yeterli değildir. Bu nedenlerle zeminin yapısal durumunu ve mühendislik özelliklerini, zemin emniyet gerilmesini ve zeminin elastisite parametrelerini vermesi bakımından jeofizik yöntemlerden sismik ve jeoelektrik yöntemlerin birlikte kullanılması Antalya zemininin sorunlarını çözmek için en sağlıklı jeoteknik etüt yöntemleridir.

Antalya belediye sınırlarını içeren yerlerin jeoteknik haritalarının yapılmasında büyük yarar vardır.

KAYNAKLAR

- Keçeli, A., Köseoğlu, M., Kamacı, Z. ve Kaya, M.A. 1987, Üçler Etmen Yapı kooperatifi İnşaat Sahası Zemin Etüdü.
- Keçeli, A., Türker, E., Kamacı, Z. ve Kaya, M.A. 1988, Alke Oteli Zemin Etüdü.
- Keçeli, A., Türker, E., Köseoğlu, M., Kamacı, Z., ve Kaya, M.A. 1988, Falez İnşaat, Turizm ve Ticaret A.Ş. İnşaat Sahası Zemin Etüdü.
- Keçeli, A., Türker, E., Kamacı, Z. ve Kaya, A. 1988, Akdeniz Üniversitesi Öğretim Üyeleri S.S. Konut Yapı Kooperatifi Zemin Etüdü.
- Keçeli, A., Türker, E., Kamacı, Z. ve Kaya, A. 1988, S.S. Antalyaspor Mensupları Yapı Kooperatifi Zemin Etüdü.
- Keçeli, A., Türker, E., Kamacı, Z. ve Kaya, A. 1989, Cender Oteli İnşaat Sahası Zemin Etüdü.
- Keçeli, A., Türker, E., Kamacı, Z. ve Kaya, A. 1989, Yazganlar İnşaat Şirketi Zemin Etüdü.
- Keçeli, A., Türker, E., Kamacı, Z. ve Kaya, A. 1989, Birmaş A.Ş. İnşaat Sahası Zemin Etüdü.
- Aydar, C. ve Dumont, J.F. 1979, Antalya Travertenlerinde Görülen Dizilmelerde Elde Edilen Landsat Görüntüleri Üzerinde Yapılan Gözlemler.
- Türker, E. 1988, Zemin Taşıma Gücünün Sismik Yöntemlerle Saptanması (Doktora Tezi).