



TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

ZAYIF VE YUMUŞAK KAYALARIN

KAYMA DAYANIMI PARAMETRELERİNİN

BELİRLENMESİ

1997-802

PROJE NO : INTAG - 705

İnşaat Teknolojileri Araştırma Grubu

Construction Technologies Research Grant Committee

**ZAYIF VE YUMUŞAK KAYALARIN
KAYMA DAYANIMI PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

1997-802

PROJE NO : INTAG - 705

TÜBİTAK INTAG Proje
No: 705

ODTÜ.
İnşaat Müh. Böl.
105 sy.
Ref - 22

**Prof.Dr.Ufuk ERGUN
Prof.Dr.Orhan EROL
İnş.Y.Müh.Salih AKSOY**



OCAK 1996

ANKARA

Bağış, Temmuz 1996

ÖNSÖZ

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ile Türkiye Cumhuriyeti Karayolları Genel Müdürlüğü (TCK) tarafından ortaklaşa desteklenmek suretiyle gerçekleştirilmiştir. Saha direkt kesme aletinin pompa, kriko ve okuma saatlerinin temininde TÜBİTAK'ın nakdi desteği, aletin imalatında ise TCK'nın desteği olmuştur. Ayrıca Dört deney yeri otoyol güzergahlarında seçilmiş ve TCK bu sahalarda yapılan direkt kesme deneylerini ve iki sahada pressiyometre deneylerini müteahhit firmalar ile beraber organize etmiştir. Beşinci saha olan Dikmen (Ankara) de ise TCK Gn.M.d. Araştırma Daire Başkanlığı Zemin Mekaniği kısmı doğrudan görev yüklenmiş, deneyler araştırma grubunun özel temasları ve bir müteahhit firmanın yardımı ile gerçekleştirilebilmiştir. Çalışma kapsamında bulunan iki Güney otoyol sahasında ve Dikmen'de pressiyometre deneyleri proje grubunun özel desteği ile yapılabilmektedir.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde başta TÜBİTAK İnşaat Teknolojileri Grup Başkanlığı ve TCK Gn.Md. Araştırma Dairesi Başkanlığı olmak üzere tüm destek veren firma ve kuruluşlara ve özellikle TCK Gn. ve Zemin Mekaniği Şube Müdürlüğü elemanlarından Sn.İnş.Y.Müh.Gülay Torunoğlu'na teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

Önsöz	i
İçindekiler	ii
Tablo Listesi	iv
Şekil Listesi	v
Öz	vii
Abstract	viii
1. Giriş ve Literatür Özeti	1
1.1 Genel	1
1.2 Çalışma Programı ve Amaç	2
1.3 Saha Direkt Kesme Deneyleri	3
1.4 Pressiyometre Deneyleri	6
2. Deney ve Deney Ekipmanı	8
2.1 Giriş	8
2.2 Saha Direkt Kesme Aleti	8
2.3 Deney Çukurunun ve Numunelerin Hazırlanması ve Deneyin Yapılması	14
3. Deney Neticeleri	19
3.1.1 Saha Direkt Kesme Deneyleri	19
3.1.1.1 Giriş	19
3.1.1.2 Sahanın Jeolojik Tanımı	19
3.1.1.3 Deney Çukurları	20
3.1.1.4 Deney Sonuçları	21
3.1.2 Pressiyometre Deneyleri	23

3.2	TAG Otoyolu Deneyleri	25
3.2.1	TAG Otoyolu Saha Direkt Kesme Deneyleri	25
3.2.1.1	Giriş	25
3.2.1.2	Deney Sahasının Jeolojik Durumu	25
3.2.1.3	Deney Sonuçları	27
3.2.2	TAG Otoyolu Pressiyometre Deneyleri	28
3.3	Dikmen Vadisi Deneyleri	30
3.3.1	Dikmen Vadisi Saha Direkt Kesme Deneyleri	30
3.3.1.1	Giriş	30
3.3.1.2	Deney Sonuçları	31
3.3.2	Dikmen Vadisi Pressiyometre Deneyleri	34
3.4	Deney Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi	36
3.4.1	Genel	36
3.4.2	Pressiyometre Limit Basıncı - Maksimum Kayma Gerilmesi (Direkt Kesme) Korelasyonu	37
3.4.3	Zayıf Kayalarda Pressiyometre Deneyinin Analizini Etkileyen Faktörler	38
3.4.4	Kırılma Zarfları - Ana Kayma Mukavemeti Parametreleri	43
3.4.5	Dikmen Vadisi Hoşdere Otopark Kazısı	44
4.	Sonuç ve Öneriler	49
5.	Referanslar	53
	Ekler	
	Ek 1	56
	Ek 2	60
	Ek 3	76

Tablo Listesi

- | | |
|----------|---|
| Tablo 1 | km 12 + 100 Tarsus - Mersin Güzergahı Direkt Kesme Deneyleri |
| Tablo 2 | Tarsus - Mersin Güzergahı km 12+600 Direkt Kesme Deneyleri |
| Tablo 3. | Tarsus-Mersin Güzergahı km 12 + 100 Pressiyometre Deney Sonuçları |
| Tablo 4 | Tarsus - Mersin Güzergahı km 12 + 600 Pressiyometre Deney Sonuçları |
| Tablo 5 | TAG Otoyolu km 214 Süreksizlik Düzlemi Ölçümleri |
| Tablo 6 | TAG Otoyolu km 205 Süreksizlik Düzlemi Ölçümleri |
| Tablo 7 | TAG Otoyolu km 214 Direkt Kesme Deney Sonuçları |
| Tablo 8 | TAG Otoyolu km 205 Direkt Kesme Deney Sonuçları |
| Tablo 9 | TAG Otoyolu km 205 Pressiyometre Deney Sonuçları |
| Tablo 10 | TAG Otoyolu km 214 Pressiyometre Deney Sonuçları |
| Tablo 11 | Dikmen Vadisi İlk Grup Direkt Kesme Deney Sonuçları |
| Tablo 12 | Dikmen Vadisi Son Grup Direkt Kesme Deneyleri Doruk Mukavemetleri |
| Tablo 13 | Dikmen Vadisi Rezidüel Kesme Deney Neticeleri |
| Tablo 14 | Dikmen Vadisi Pressiyometre Deney Sonuçları |
| Tablo 15 | Dikmen Vadisi Evvelce Yapılan Pressiyometre Deney Sonuçları |
| Tablo 16 | Pressiyometre Limit Basıncı - Direkt Kesme Mukavemeti Oranları |

Şekil Listesi

- Şekil 1 Aletin Genel Görünümü
- Şekil 2 Üst Reaksiyon Kirişi
- Şekil 3 Kesme Yükünün Numuneye Uygulanması
- Şekil 4 Deney Aletinin Kesiti
- Şekil 5 Deney Sistemi Kesitinde Ebatlar
- Şekil 6 Direkt Kesme Numunesinin Hazırlanması
- Şekil 7 Deney Çukur Planı ve Numune, Ankraj, Reaksiyon Duvarı Yerleşimleri
- Şekil 8 Numunelerin Beton Kalıba Alınması
- Şekil 9 Tarsus - Mersin Otoyolu km 12+100 ve km 12+600 Direkt Kesme Deneyleri Kırılma Zarfları
- Şekil 10 TAG Otoyolu km 214 ve km 205 Direkt Kesme Deneyleri Kırılma Zarfları
- Şekil 11 Dikmen Vadisi Direkt Kesme Deneylerinden Elde Edilen Kırılma Zarfları
- Şekil 12 Yumuşak ve Zayıf Kayaçlarda Ölçülen Doruk Kayma Dayanımı Açıları ile Pressiyometre Limit Basınçları İlişkisi
- Şekil 13 Doruk ve Rezidüel Kayma Dayanımı Açıları - Karşılaştırma
- Şekil 14 Dikmen Vadisi Kazı Kesiti
- Şekil E1.1 Deney Yerinde (km 12+100) Formasyonun Görünüşü
- Şekil E1.2 km 12+600 de 1 No.lu Numunenin Kesme Deneyi Sonrası Görünüşü

- Şekil E1.3 km 12+600 de 2 No.lu Numunenin Kesme Deneyi Sonrası Görünüşü
- Şekil E1.4 TAG Otoyolu km 214 de Formasyonun Görünüşü
- Şekil E1.5 TAG Otoyolu km 205 te Formasyonun ve Bir Numunenin Görünüşü
- Şekil E1.6 Ankara Dikmen Vadisi Son Grup Numunelerden İkisinin Görünüşü
- Şekil E2.1-E2.4 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+100, No.1-4 Direkt Kesme Numuneleri Kayma Gerilmesi Yatay Deformasyon Grafikleri
- Şekil E2.5-E2.7 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+600 No.1-3 Direkt Kesme Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay Deformasyon Grafikleri
- Şekil E2.8-E2.10 TAG Otoyolu km 214 No.1-3 Direkt Kesme Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay Deformasyon Grafikleri
- Şekil E2.11-E2.13. TAG Otoyolu km 205 No. 1-3 Direkt Kesme Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay Deformasyon Grafikleri
- Şekil E2.14-E2.16 Dikmen Vadisi İlk Grup Deneyler Kayma Gerilmesi - Yatay Deformasyon Grafikleri
- Şekil E3.1 - E3.2 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+100 No.1-6 Pressiyometre Deney Grafikleri
- Şekil E3.3 - E3.4 Tarsus - Mersin Otoyolu km 12 + 600 No. 1-8 Pressiyometre Deney Grafikleri
- Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri
- Şekil E3.26-E3.31 Dikmen Vadisi İlk Grup Pressiyometre Deney Grafikleri

ÖZ

ZAYIF VE YUMUŞAK KAYALARIN KAYMA DAYANIMI PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada beş zayıf kayaç yeri tespit edilmiş ve bu yerlerde saha direkt kesme deneyleri yapılmıştır. Saha direkt kesme deney aleti tasarımdan imalata kadar çalışma kapsamında gerçekleştirilmiştir. Alet kısaca 0.70 m x 0.70m x 0.35 m (yürekli) ebadında bir kaya numunesini bağımsız düşey yük altında kesmektedir. Önce bir çukur içinde numuneler, traşlanıp strofor taban çevresi üzerinde betonarme kılıfa alınmakta ve arka ve ön cephelerdeki reaksiyon duvarları yardımı ile kesilmektedir. Üst reaksiyon kuvveti düşey ankrajlar ile alınmaktadır. Deney yerlerinden bazılarında residüel deneyler yapılmıştır. Seçilen bütün sahalarda yüzeyden birkaç metre mesafede pressiyometre deneyleri gerçekleştirilmiştir. Direkt kesme deneylerinden doruk ve residüel mukavemet açıları ölçülmüştür. Pressiyometre limit basınçları ile doruk kayma mukavemeti açıları beraber artış göstermektedirler. Konvansiyonel pressiyometre deneylerinden yumuşak kayaçların kayma mukavemeti parametrelerinin hesaplanamayacağı anlaşılmaktadır. Limit basıncının kayma dayanımına oranları çok ayrılmış ve zemin grubuna girebilecek kayaçlarda 5-6 değerinden daha az ayrılmaya uğramış ve genel olarak daha sağlam görünümlü yumuşak kayalarda 10-11'e kadar artış göstermiştir. Seçilen sahalardan birinde oluşan bir kayma geriye analiz edilerek muhtemel rezidüel açılar hesaplanmıştır. Yapılan rezidüel kesme deneylerinde ise çok yakın açılar ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Saha direkt kesme deneyi, yumuşak kaya, zayıf kaya, pressiyometre, kayma dayanımı açısı, limit basıncı

ABSTRACT

DETERMINATION OF SHEAR STRENGTH PARAMETERS OF WEAK AND SOFT ROCKS

In this study five weak rock sites were selected and field direct shear tests were performed. A field direct shear apparatus was designed and manufactured. It is possible to shear a rock sample of 0.70 m x 0.70 m x 0.35 m (height) in size under independent normal stress control. The samples are first, cut and trimmed in a large pit and they are encapsulated by reinforced concrete covers which rest on plastic or polyurethane bases, and they are sheared with the aid of the front and back reinforced concrete reaction walls. Vertical reaction force is taken up by vertical anchors. Residual shear tests were performed at some of the sites. Pressuremeter tests were conducted at all of the sites selected at few meters from the ground surface. Peak and residual friction angles were obtained from the direct shear tests. Pressuremeter limit pressures show increases with increasing peak shear angles. It is understood that it is not possible to obtain shear strength parameters of weak rocks using conventional pressuremeter tests. Ratio of limit pressure to shear strength shows an increase from about 5-6 in very weak highly weathered soil-like rocks to 10-11 in less weathered and relatively stronger rocks. A stability failure case developed in one of the sites has been back analysed and probable operative residual friction angle has been calculated. A close residual angle has been measured in the field direct shear tests conducted at this site.

Key Words : Field direct shear test, soft rock, weak rock, pressuremeter, angle of shearing resistance, limit pressure.

1. GİRİŞ VE LİTERATÜR ÖZETİ

1.1 Genel

Derin temel çukurlarında, karayolu, demiryolu ve baraj yarmalarında ülkemizde yaygın olarak karşılaşılan zayıf ve yumuşak kayalarda karot alınmasını müteakiben konvansiyonel laboratuvar deneyleri ile gerçek (projeye uygulanabilir) kayma dayanımlarının belirlenmesi genellikle mümkün olamamaktadır. Bu durumda şev projelendirilmesi ve derin kazı-iksa sistemlerinin tasarımında kayma mukavemet parametreleri geçmiş deneyimler, kaymış şevlerdeki geri analizler, katii eğimlerdeki duraylılıklar, kayaların jeolojik yapısı ile kayma dayanımı arasında verilen ampirik kriterler gibi dolaylı yollardan elde edilmektedir.

Bu gruba giren birimler şeyl, çamurtaşı, silttaşı, şist, grovak gibi kayalar olup ülkemizde yaygın olarak rastlanılmaktadır. Bu ayrışmış birimler yumuşak kaya-sert zemin sınırında yer almakta ve kayma dayanımı parametrelerinin karot örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile tespitinde sorunlarla karşılaşılmaktadır. Karot numunelerin alınabildiği ve traşlanabildiği hallerde üç eksenli basınç veya direkt kesme deneyleri ile ölçümler yapılabilmektedir.

Bu deneyler genellikle 50 mm ila 150 mm çaplı karot örnekleri üzerinde yapılmaktadır. Diğer taraftan özellikle ayrışmış çok çatlaklı, kırıklı kayalarda kayma dayanımı veya sürtünme davranışı kaya mineralinin esas kayma açısı ile çatlak yüzeylerdeki pürüzlülük durumuna, çatlak sistemine ve oriyantasyonuna bağlıdır. Kayaçtaki kayma dayanımına bu süreksizliklerin etkilerinin yansıtılabilmesi için ise büyük boyutlu kesme

deneylerine ihtiyaç duyulmaktadır. (Hoek ve Brown 1980, Serafim ve Lopes 1961, Özgenoğlu 1990).

sunulmaktadır. Kesme deneyleri

1.2. Çalışma Programı ve Amaç

verilmektedir. Ayrıca

Yumuşak veya zayıf kayaçların mukavemet parametreleri çok ihtiyaç duyulan ve tayini çok güç parametrelerdir. En iyi şekilde sahadaki kaymaların geriye analizinden ve daha sonra büyük ölçekli saha kesme deneyleri ile elde edilmektedir. Ancak her kesimde veya inceleme noktasında kaymış bir şev bulunması veya saha direkt kesme yapılması mümkün olmamaktadır. Alınabildiği taktirde numuneler üzerinde laboratuvar mukavemet deneyleri (direkt kesme, tek eksenli basınç, üç eksenli basınç gibi) yapılmaktadır. Ancak çok çatlaklı ve ayrışmış kayada karot numunesi alınmasında ve özellikle çıkan karotlardan deney için numune hazırlanmasında ciddi güçlükler bulunmaktadır. Oldukça sağlam bir parçadan kesilip hazırlanacak bir laboratuvar numunesi ise zayıf kayacın mukavemetini temsil etmemektedir. Bu bakımdan nispeten uzun bir silindirik boşluğu yükleyen (40-100 cm) pressiyometre deneyi her ne kadar küçük çaplı (5 cm - 10 cm) bir sonda kullanıyor ise de sahada rutin yoğunlukta kullanılabilecek bir deneydir. Bu çalışmada beş zayıf kaya sahası seçilmiş bu sahalarda saha direkt kesme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Saha direkt kesme deney aleti tasarımdan başlayarak imal edilmiştir. Seçilen sahalarda yüzeye çok yakın derinliklerde pressiyometre deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sahalardan birinde bir şev kayması olmuş ve geriye analiz yapılmıştır. Direkt kesme mukavemetleri ve pressiyometre limit basınçları karşılaştırılmıştır.

d Küçük

yanıtlanması

Raporun giriş (Kısım 1) kısmında çalışmanın amaç ve kapsamı hakkında bilgiler verilmekte saha direkt kesme aleti ile ilgili kısa bir literatür özeti sunulmaktadır. Kısım 2'de deney aleti tasarımı ve deney prosedürü belirtilmektedir. Kısım 3'te bütün sahalarda yapılan deneylerin neticeleri verilmektedir. Ayrıca deneylerin genel bir değerlendirilmesi yapılmakta ve neticelere etkiyen faktörler tartışılmaktadır. Sonuç bölümünde (Kısım 4) ise varılan sonuçlar özet halinde belirtilmektedir.

1.3. Saha Direkt Kesme Deneyleri

Brand v.d. (1983) küçük boyutlu örnekler üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneylerinin özellikle şev stabilitesi analizlerinde aşağıdaki sınırlamaları getirdiğini dolayısıyla büyük boyutlu arazi kesme deneylerinin gereğini vurgulamaktadır.

a. Üç eksenli deneylerinde gerilme sistemi arazide kayan şevlerde kayma düzlemindeki gerilme sisteminden farklıdır.

b. Sığ kayma düzlemlerinde etkili olan düşük normal gerilme mertebesi üç eksenli basınç deneylerinde genellikle uygulanan yüksek hücre basınçlarının çok altındadır. Bu durumda üç eksenli basınç deney sonuçları düşük basınçlar için gerçekçi kayma dayanımı parametreleri verememektedir.

c. Karot alımı esnasında ortaya çıkan örselenmeler laboratuvar deney sonuçlarını etkilemektedir.

d. Küçük boyutlu karotlar kayanın kütleli yapısını yansıtamamaktadır.

Çeşitli araştırmacılar 1960'lı yıllardan başlamak üzere büyük ölçekli arazi kesme deneylerinin özellikle ayrıışmış kayaçlarda kayma dayanımının belirlenmesi için en uygun yöntem olduğunu vurgulamışlardır. (Serafim v.d. 1961). Bununla beraber bu deneylerin deney yerinin hazırlanması, düşey gerilme ve yatay gerilmelerin tatbiki için reaksiyon elemanlarının teşkili hususlarında karşılaşılan güçlükler ve yüksek deney maliyetleri nedeniyle bu konuda literatürde ancak sınırlı sayıda deney sonucu rapor edilmektedir.

Serafim ve Lopes (1961) baraj temelleri için yapılan araştırmalarda arazi kesme ve üç eksenli basınç deneyleri sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Haverland ve Slebir (1971) ayrıışmış kayaçlarda $38 \times 38 \text{ cm}^2$ alan ve 25 cm yükseklikte kaya blokları üzerinde süreksizlik düzlemleri boyunca arazi kesme deneyleri sonuçları rapor etmektedir. Yazar kayma mukavemetinde kohezyon değerinin ilk kırılma sonrasında sıfır değerine ulaştığını, tekrarlı yüklemede sıfır kohezyon yaklaşımıyla kayma direnci açısının kolayca bulunabildiğini vurgulamakta ve kırılma zarfının teşkili için "Açı Zarfı" yöntemi önermektedir.

Brawner v.d. (1972) tabakalı kömür-kum taşı depozitlerinin kayma mukavemeti ve sürtünme davranışlarını $30 \times 45 \text{ cm}^2$ alan ve 22.5 cm yüksekliğinde bloklar üzerinde yaptıkları arazi kesme deneyleri ile çalışmışlar ve elde edilen kayma dayanımı parametrelerini küçük ölçekli laboratuvar deney sonuçları ile kıyaslamışlardır. Arazi deney sonuçları ortalama kayma direnci açısını $\phi=33.8^\circ$ olarak verir iken laboratuvar deneylerinden $\phi=39.5^\circ$ elde etmişlerdir. Bu farkın kayacın yapısal

özelliklerinden, pürüzlülük durumundan kaynaklandığını göstermişlerdir. Pürüzlülük etkisini ölçülen düşey deplasmanlardan belirlemişlerdir.

Baba (1983) $60 \times 60 \text{ cm}^2$ alan ve 40 cm yüksekliğindeki bloklar üzerinde yapılan arazi kesme deney sonuçlarını rapor etmekte ve bu deneylerle ilgili Japon standartlarını özetlemektedir. Yazar deney sonuçları ile ilgili yorum yapmamaktadır.

Brand v.d. (1983) geliştirdikleri $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}$ boyutlarındaki arazi kesme aleti ile ayrılmış granit birimleri üzerinde yapılan deney sonuçlarını vermektedir. Ölçülen kayma dayanımı parametreleri üç eksenli basınç deney sonuçları ile kıyaslanmıştır. Yazarlar her iki deney yönteminin birbirine oldukça yakın sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır. Araştırmada kesme deneyleri oldukça küçük gerilmeler (8-25 kPa) altında yapıldığından gerçek kayaç davranışını ne derece yansıttığını kesin olarak bilinmemektedir.

James (1970) çamurtaşları üzerinde $60 \times 60 \text{ cm}^2$ alanı olan arazi kesme deneyleri gerçekleştirmiştir. Her blok üzerinde sabit normal gerilme altında kırılma belirtileri izlenmesi sonrasında, düşey gerilme artırılmış dolayısıyla bir tek blok üzerinde kayma dayanımı parametreleri belirlemek mümkün olmuştur. Araştırmada ayrıca örselenmemiş ve yoğrulmuş örnekler üzerinde küçük ölçekli laboratuvar kesme kutusu deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında kayma direnci açılarının özellikle Rezidüel açılarının aynı mertebede olduğu, buna mukabil kohezyon değerinin arazi deneylerinde daha yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır. Yazarlar kayacın oldukça homojen bir yapıda olduğu,

dolayısıyla jeolojik yapısal faktörlerin kayma dayanımını etkilemediği yorumunu yapmışlardır.

Özgenoğlu (1990) araştırmasında Jain ve Gupta (1974) tarafından geliştirilmiş olan ve kaya dolgu malzemelerde kullanılan 120x120 cm² alan ve 80 cm yükseklikteki bir kesme kutusu kullanmıştır. Yazar ölçülen kayma direnci açılarının Ladanyi ve Archambault (1970) kriterine göre belirlenen değerden "daha düşük; Hoek ve Bray (1981) metoduyla belirlenenden ise daha" yüksek olduğunu izlemişlerdir. Bu metodlar kayadaki süreksizlik ve kayma yüzeyindeki pürüzlülük durumunu dikkate alan yaklaşımlardır.

Yapılan literatür taramasında konu ile ilgili son yıllarda yapılan araştırmalarda (The Engineering Geology of Weak Rock, (1993, United Kingdom), Hard Soils-Soft Rocks (1994, Greece)); arazi kesme deneyleri uygulamasının kayalarda kayma dayanımının belirlenmesi için en gerçekçi deneyler olduğu vurgulanmasına rağmen bu deneyleri içeren araştırmalara rastlanılmamıştır. Bu durum konu ile ilgili tüm araştırmacıların belirttiği gibi deney koşullarının zahmetli ve deney maliyetlerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

1.4. Pressiyometre Deneyleri

Türkiye'de son yıllarda inşaatı tamamlanan ve henüz inşa halinde bulunan otoyolların zemin etüdlerinde sıkça pressiyometre deneyleri yapılmıştır. Çok sayıda yumuşak kaya formasyonunda yarma yapılmış ve analizlerde kullanılan kayma mukavemeti parametreleri için bu deneye atıfta bulunulmuştur. Pressiyometre deneyinin kayma mukavemeti

parametreleri tayini açısından ne potansiyelde olduğu bu çalışmada araştırılmıştır. Pressiyometre deneyleri ile ilgili literatür özeti verilmemiştir. Çünkü bu deney çok standart hale gelmiş ve üzerinde kitaplar basılmış ve sempozyumlar düzenlenmiştir. Genel bir tekrar için Baguelin v.d. (1978)'e başvurulabilir.

Tasarım-

ISPMI

alet ve donatılar

2.2 Sane Ölçer

1. Derece alet üç eklemdir

a) Mekanik b) Hidrolik

oluşmaktadır

a) Mekanik Ölçer

kesme yükünün numune

levhalar ve profillerden

gerekli reaksiyon çevre

sağlanmaktadır. (Şekil 1 ve 2)

b) Hidrolik Aygıtlar

1. 1 adet 150 mm

yük uygulamasında

2 adet 200 mm

kesme yükü

dektif silindir çapı

2. DENEY ve DENEY EKİPMANI

2.1. Giriş

Bu çalışmada bir saha direkt kesme aleti tasarlanmış ve imal edilmiştir. Tasarım esasları genel olarak Milletlerarası Kaya Mekaniği Cemiyeti (ISRM) tavsiyeleri doğrultusundadır. (ISRM, 1974). Bu kısımda deney aleti ve deney mekaniği ile ilgili bilgiler verilecektir.

2.2 Saha Direkt Kesme Aleti

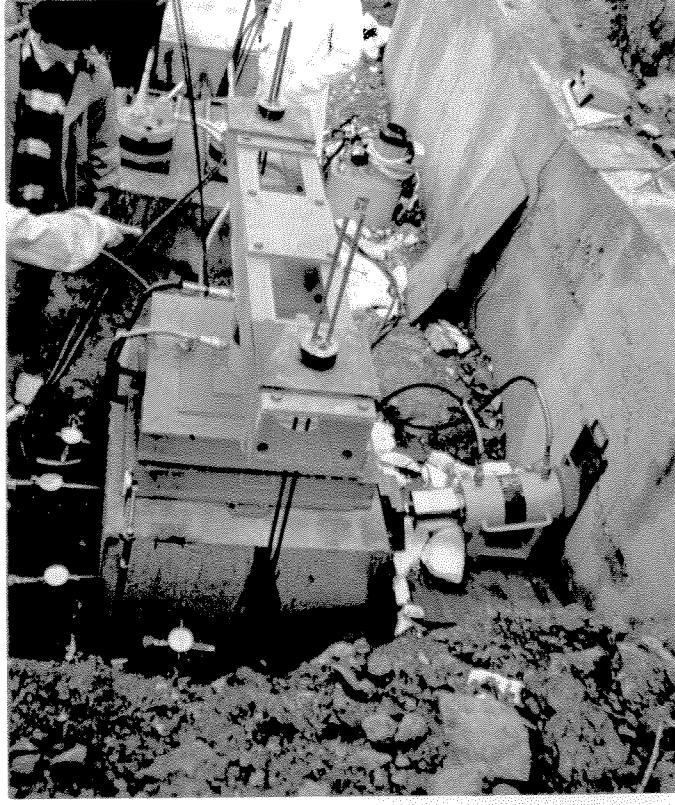
Deney aleti üç ana kısımdan oluşmaktadır (Şekil 1, 2, 3)

a) Mekanik b) Hidrolik Aygıtlar c) Ölçüm Aygıtları kısımlarından oluşmaktadır.

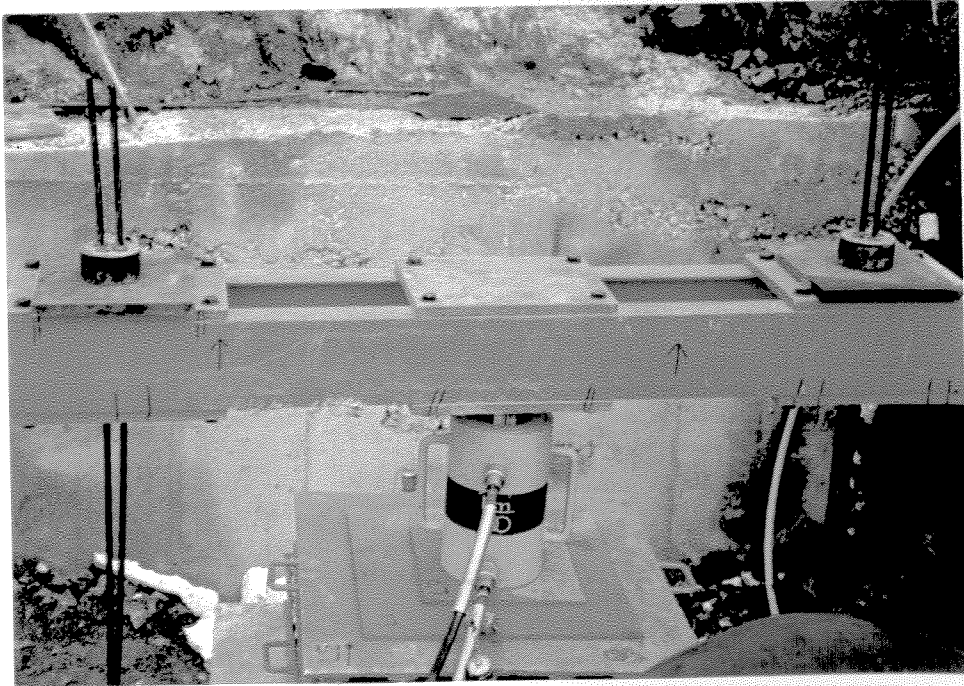
a) Mekanik Bölüm : Deney sırasında uygulanan düşey yükün ve yatay kesme yükünün numuneye üniform olarak aktarılmasını sağlayan çelik levhalar ve profillerden oluşmaktadır. Normal yükün verilebilmesi için gerekli reaksiyon çevre zeminde oluşturulan ankrajların yardımıyla sağlanmaktadır (Şekil 4 ve 5).

b) Hidrolik Aygıtlar :

- 1 adet 150 mm deplasmanlı, 100 ton kapasiteli hidrolik kriko düşey yük uygulamasında kullanılmaktadır.
- 2 adet 200 mm deplasmanlı, 100 ton kapasiteli hidrolik kriko yanıl kesme yükü uygulamasında kullanılmaktadır. Krikolar 169.6cm^2 efektif silindir çapına sahip olup, çalışma basınçları 600 bardır.



Şekil 1 Aletin Genel Görünümü

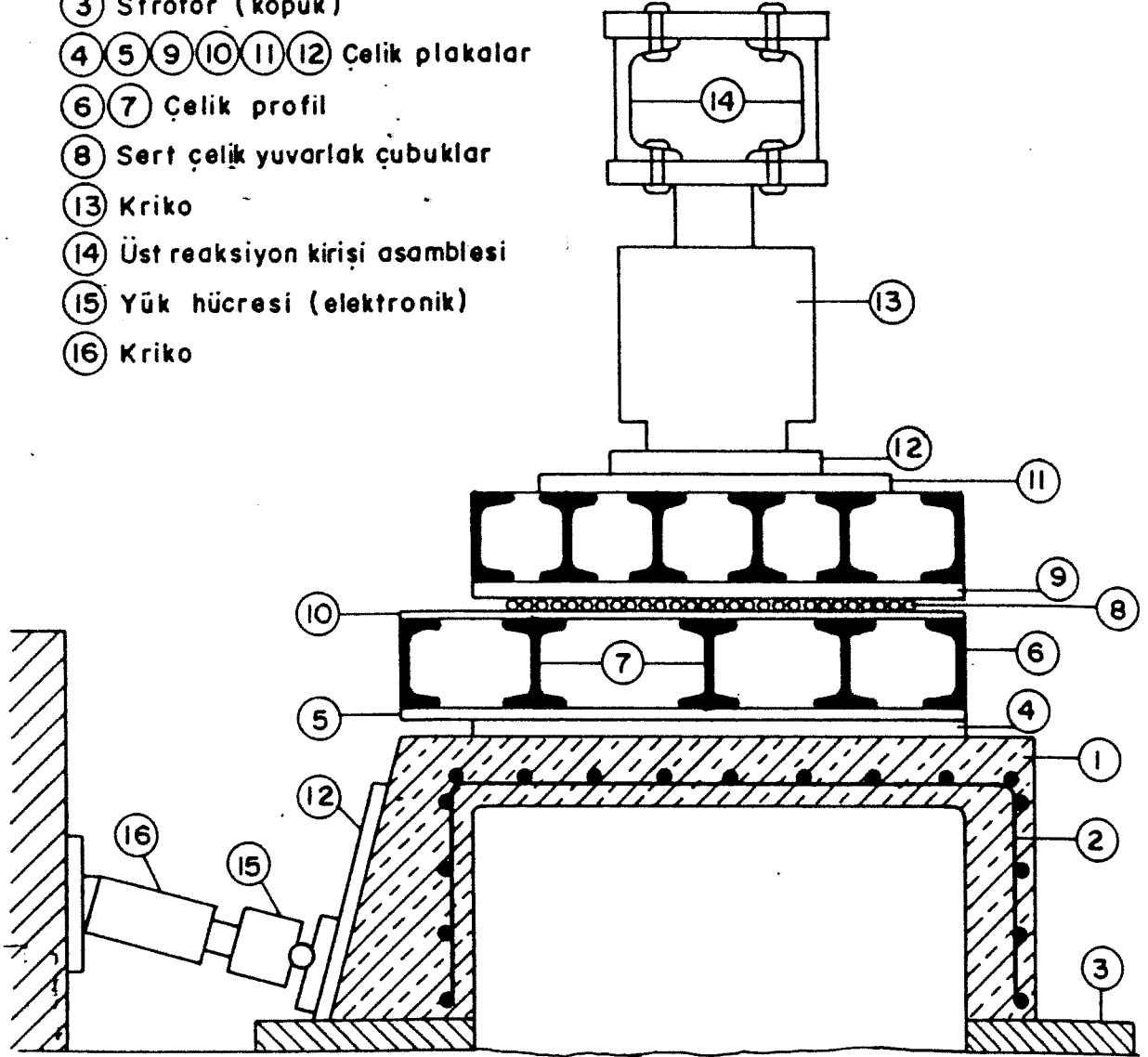


Şekil 2. Üst Reaksiyon Kirişi



Şekil 3 Kesme Yükünün Numuneye Uygulanması

- ① Kaplama betonu
- ② Kaplama donatısı
- ③ Strofor (köpük)
- ④ ⑤ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ Çelik plakalar
- ⑥ ⑦ Çelik profil
- ⑧ Sert çelik yuvarlak çubuklar
- ⑬ Kriko
- ⑭ Üst reaksiyon kirişi asamblesi
- ⑮ Yük hücresi (elektronik)
- ⑯ Kriko



Şekil 4 Deney Aletinin Kesiti

- 2 adet Hidrolik el pompası: Krikoları tahrik edilmesine yarayan 600 bar kapasiteli tek pistonlu pompalardır. Yükün verilmiş hızı kullanıcı tarafından ayarlanmaktadır.
- Elektrikli pompa ünitesi : Krikoya gerekli tahriki otomatik olarak vermek amacıyla geliştirilmiş 2.2 kw motor gücüne sahip elektrik motoruyla donatılmış 600 bar kapasiteli 2 lt/dak debili pompadır. Manometreden okunan her 1 kg/cm² basıncın yük değeri 169.6 kg'dır. Tüm pompaların üzerinde çıkış basıncını gösteren ibreli manometre mevcuttur. - (Şekil 4 ve 5).

Pompalar ile krikolar arasındaki iletişim 3.5 metre uzunluğunda 1/4" çapında hidrolik hortumlar sayesinde sağlanmaktadır.

c) Ölçüm Araçları : Deney sırasında düşey yük, yanal kesme yükü ve üç ayrı boyuttaki deplasmanlar ölçülmektedir.

Düşey yük el pompası üzerinde yer alan manometreden ölçülür. Yanal kesme yükü ise kriko ile numune arasına yerleştirilen yük hücresi (load cell) tarafından tespit edilip, hücreye bağlı yük hücresi göstergesinden dijital olarak kaydedilmektedir. Aynı yükün basınç değeri yaklaşık olarak pompa manometresinde görülebilir. Söz konusu düzeneğin kalibrasyonu laboratuvarında hassas presler yardımıyla deney öncesi ve sonrasında yapılmaktadır.

Düşey yük etkisiyle oluşan yanal deformasyon uygun yönlerde monte edilen ibreli göstergeler ile (dial gauge) tespit edilmektedir. Ayrıca kesilme sırasında numunede oluşabilecek dönme, kayma gibi

sapmaların tespiti için hareket yönüne dik doğrultuda yerleştirilen göstergeler kullanılmaktadır.

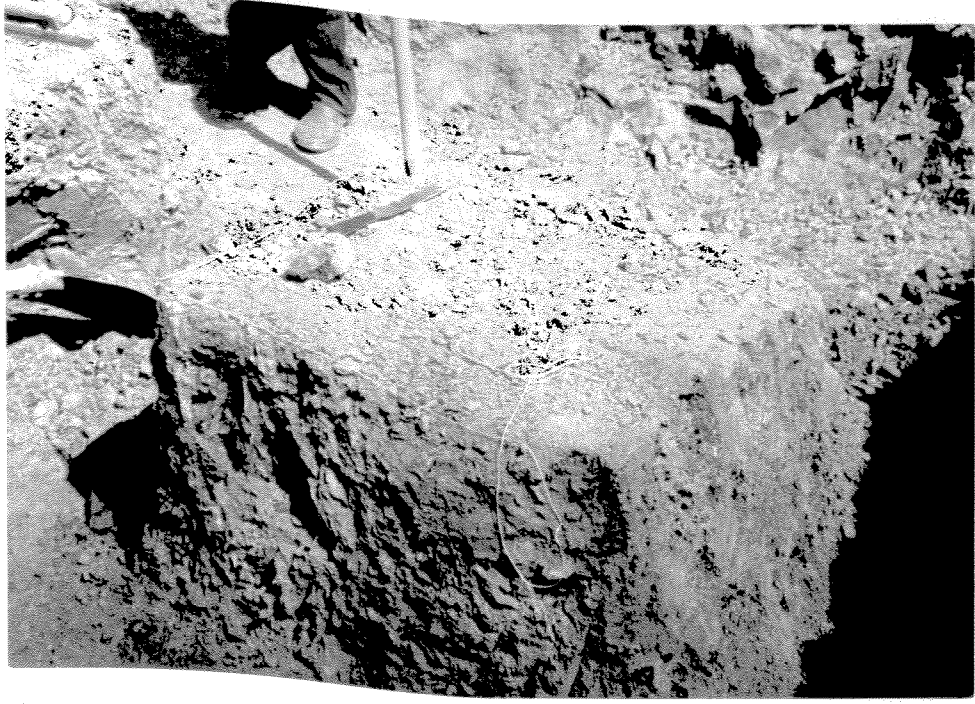
2.3. Deney Çukurunun ve Numunelerin Hazırlanması ve Deneyin Yapılması

1- Deney yapılacak çukur alanı 400 x 800 cm boyutlarında ve 150 cm yüksekliğinde olacak şekilde makina ile kazılarak hazırlanır. Numunelerin yerleri işaretlendikten sonra etrafları 50 cm daha traşlanarak el ile kazılır. Böylece ortaya 70x70x35 cm ebatlarında numune çıkarılmış olur. (Şekil 6)

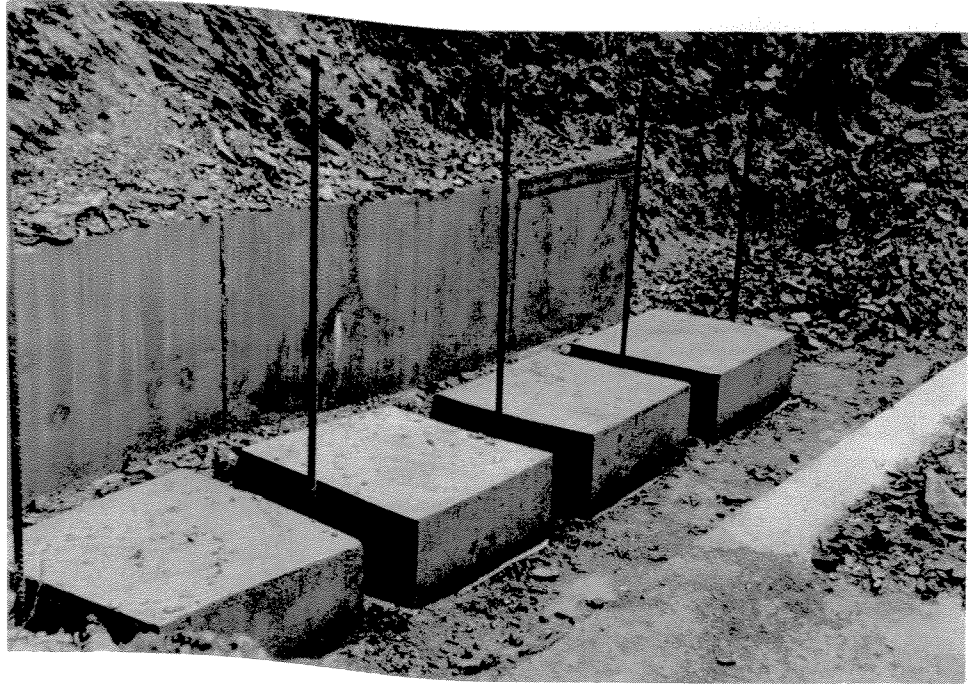
2- Bir çukur içerisinde ortalama 3 deney yapılacağı düşünülerek numune aralıklarının eşit mesafede olmasına dikkat edilir (Şekil 7). Hazırlanan numunelerin etrafı 4 cm kalınlığında strafor ile çevrilerek beton dökümü sırasında betonun çukur tabanı ile birleşmesi engellenir.

3- Hasır kafes şeklinde önceden hazırlanan donatı demiri numunenin üstüne yerleştirildikten sonra beton kalıbı monte edilir ve beton dökülür (BS225 tercih edilmelidir) (Şekil 8).

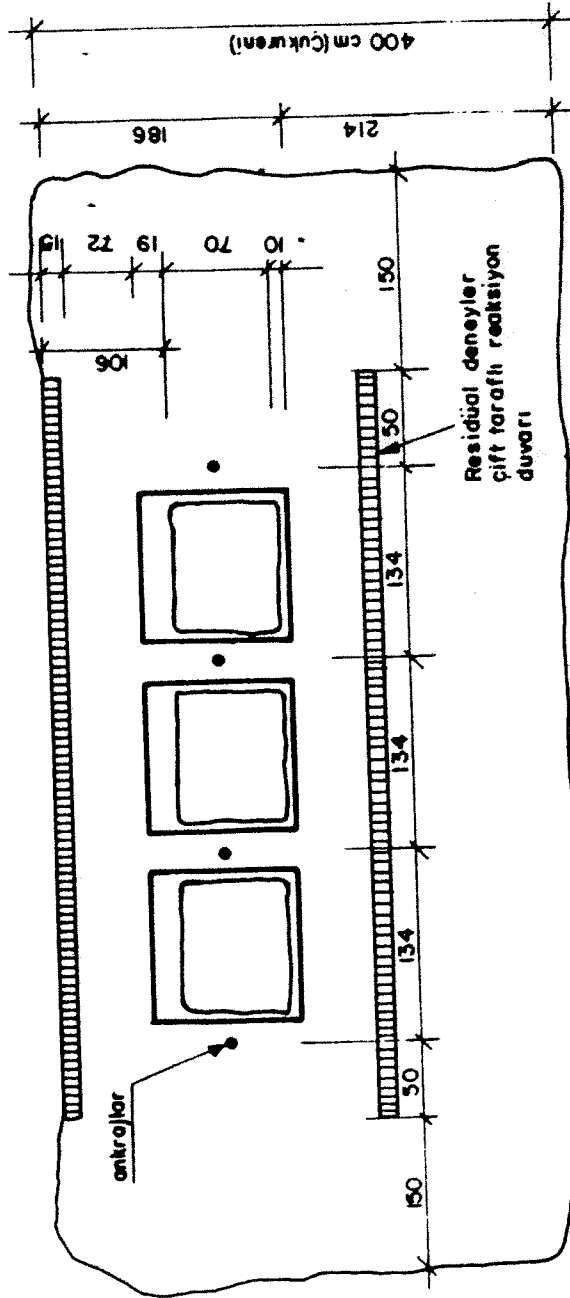
4- Normal yükün numuneye uygulanmasını sağlayacak olan ankraj sistemi için numunenin her iki kenarına da eşit mesafede (17 cm) ve tam eksende olacak şekilde 2 tane ankraj deliği açılır. Deliklerin çap genişliğine, 2 tane halat kullanılacağı düşünülerek karar verilir. (12 cm) Delik derinliği 8 m'dir ve derinliğin 6 m'lik kısmı kök boyu olarak kullanılır. Ankrajlar zeminden itibaren 150 cm yüksekliğe sahip olmalıdır.



Şekil 6 Direkt Kesme Numunesinin Hazırlanması



Şekil 8 Numunelerin Beton Kalıba Alınması



test çukuru derinliği 150 cm olması uygundur

Şekil 7 Dene Çukur Planı ve Numune, Antraj, Reaksiyon Duvarı Yerleşimleri

5- Deney aleti, şekilde gösterilen şekilde kurulduktan sonra ankrajlar reaksiyon kirişi üzerinde bulunan deliklerden geçirilerek ankraj başlıklarıyla sabitlenir.

6- Deney sırasında yatay deformasyonları ölçmek için, gerekli yerlere deplasman göstergeleri yerleştirilir.

7- Yanal yükün uygulanabilmesi için numunelerin arkasına betonun bitiminden itibaren 72 cm uzaklığa, yüksekliği 150 cm'den az olmayacak şekilde 15 cm kalınlığında beton duvar inşa edilir.

8- Numune ile duvar arası 72 cm mesafeden daha fazla olursa beton duvar kalınlığı artırılarak uygun mesafe sağlanabilir veya araya çelik levhalar yerleştirilebilir.

9- Yanal yükün uygulanabilmesi için krikonun pompayla bağlantısı yapılır ve krikonun önünde bulunan yük hücreğine bağlanan yatay yük okuyucu ünitesi ile yatay yüklerin okunması sağlanır.

10- Normal yük te aynı yatay yükte olduğu gibi krikonun pompaya bağlanması ile elde edilir ve pompadan okunan yük değeri (bar cinsinden), kalibrasyon çizelgesi kullanılarak kg/cm^2 cinsinden basınç değerine çevrilir. Burada krikoya uygulanan basınç ankrajlar vasıtası ile numuneye iletilir.

11- Deneye başlamadan önce normal yük bir süre verilerek sabit bir değere getirilir ve daha sonra deney boyunca değiştirilmez.

12- Yatay yük ise belli zaman aralıklarında arttırılır ve bu yüklere karşılık gelen yatay deformasyonlar okunur. Ayrıca normal yükten dolayı veya yatay yüklerin numuneyi ileri doğru itmesiyle meydana gelebilecek olan düşey deformasyonları ölçmek için düşey olarak numunenin iki tarafına yerleştirilen okuma saatlerinden düşey deformasyonlar okunur.

13- Yatay yük değeri sabit bir değere ulaştığı zaman deneye son verilir ve deney sırasında okunan değerler değerlendirilerek deney sonuç tabloları oluşturulur.

3. DENEY NETİCELERİ

3.1. Tarsus-Mersin Otoyolu Deneyleri

3.1.1. Saha Direkt Kesme Deneyleri

3.1.1.1. Giriş

Çukurova Otoyolu, Tarsus ayırımı Mersin kesiminde km 12+100 ve 12+600'de olmak üzere iki ayrı çukurda saha direkt kesme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney çukurlarının ilki yarmanın birinci kademesinde siltli kumtaşında, ikincisi ise yarma tabanında kilitaşında açılmıştır. İlk çukurda dört adet ikinci çukurda ise üç adet deney yapılmıştır.

3.1.1.2. Sahanın Jeolojik Tanımı

Sahada yaşlıdan gence doğru Miyosen yaşlı Berdan formasyonu (Mib), kiliş (Qk), alüvyon (Qa) ve kolüvyondur. En eski birim olan Mib genç çökellerin altında uyumsuz olarak yer almaktadır. Bölge KBK-GDG yönlü dağ oluşturan kuvvetlerin etkisinde kalmıştır. Genel tabakalanma 15/150 derece (eğim miktarı/eğim yönü) şeklindedir. Mib çoğunlukla kilitaşı, silttaşı, fosilli kireçtaşı kalkeranit kalsilütit aralanmasından oluşmaktadır. Kayaç dayanımı çok zayıftan orta dayanımlıya kadar değişmektedir. Ayrışma derinliği tepelerde ve tepe yamaçlarında 17 m'ye ulaşırken, dere yataklarında 5 m'den azdır. Kaya kütle kalitesi zayıf olarak tanımlanabilir. Bu değer ayrışma zonlarında aşırı zayıfa düşmektedir. Sahada tanımlanan beş ana kaya çeşidi tekrar tarif edilirse:

a) Kaliş : Griden beyaza değişken renkli, çok ayrışmış (günlenmiş), zayıf ve orta derece dayanımlı karbonat çimentoludur.

b) Miltaş : Açık sarıdan beje ve yeşilimsiye değişken renkli, ince taneli ve çok az günlenmiştir.

c) Kumtaş : Koyu griden koyu yeşile değişken renkli ince taneli, az günlenmiştir. Orta derece dayanımlı, fosil içerikli ve çimentoludur.

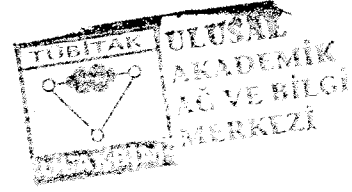
d) Kiltâş : Yeşilimsiden beje değişken renkli, taze ve orta derecede günlenmiş, zayıf ve orta derece dayanımlı ve fosil içeriklidir.

3.1.1.3. Deney Çukurları

Km 12+100'de açılan birinci çukurda (1. palye üzerinde) zemin açık sarı bej arası değişken renkli (yer yer kahverengine çalan) plastisitesi yüksek, az günlenmiş yer yer ince (silt) malzeme ve fosil içerikli kumtaşıdır. (Ek1, Şekil 1, E1.1) Tabakalanma ve yer yer çatlaklar gözlenmekte olup numuneler bu çatlakların bulunduğu yerde ve tabakalanma yönüne paralel açılmıştır.

Km 12+600'deki ikinci çukurda zemin daha çok ayrışmış, çok çatlaklı rengi koyu griden beyaza doğru değişen killi çamurtaşından oluşmaktadır (Şekil E1.2). Bloklar oldukça gevşek olup numune hazırlanması sırasında da sık sık rastlanan parça halinde kopmalar ve tabakalanma boyunca blokların birbirlerinden ayrılması olayı gözlenmektedir.

Deney çukurları Kısım 2'de özetlenen prosedür paralelinde hazırlanmıştır. 4mx8mx2m ebadlarında birinci çukur hazırlanmış, ikinci çukur ise biraz daha küçük ve 1.5 m derinlikte açılmıştır. Çift taraflı beton reaksiyon duvarları dökülmüştür. İlk çukurda numuneler hazırlanırken zemin özellikle ayrılmış çok çatlaklı kayaç özelliği gösterdiği için numunelerin de bu çatlakların bulunduğu bölgede zayıf olan kesimde hazırlanmasına özen gösterilmiştir. İkinci çukurdaki formasyon (12+600) birinciye göre daha çatlaklı olup tabakalaşmış bir yapıda bulunan çamurtaşı malzemesinden oluştuğu için lamine olmuş yapıdaki kayadan numune hazırlanması zor olmuştur. Traşlama işlemi sırasında numuden sık sık parçalar koptuğu için çok yavaş ve özenli çalışma gereği ortaya çıkmıştır. Gerek bu zorluklar gerekse ankraj alınmanlarındaki sorunlar nedeni ile iki numune hazırlanabilmiştir. Bilahare bir numune ayrıca hazırlanmıştır.



3.1.1.4. Deney Sonuçları

Deney sonuçları toplu halde Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Km 12+100 Tarsus-Mersin Güzergahı Direkt Kesme Deneyleri

Deney No:	Normal Basınç (kN/m ²)	Kayma Dayanımı (kN/m ²)	Kırılmada Deplasman (mm)
1	61.1	229.2	2.03
2	156 (318.3)	312.6 (201)	5.46
3	119	342.3	
4	241.2	361.9	

Kesme gerilmelerinin yatay deformasyonlar ile değişimini gösteren grafikler Şekil E2.1 - E2.4 'te kesme dayanımını gösteren zarf ise Şekil 9'da görülmektedir. Regresiyon hattı 32.7° vermekte, aynı doğru üzerine düşen üç deney neticesi 36.5°'lik bir açı göstermektedir.

Bu açılar doruk değerlere karşı gelmektedir ve ilişik kohezyon değerleri sırası ile 218 ve 188 kPa'dır.

İkinci deneyde gerçekleştirilen Rezidüel kesmede sıfır kohezyon kabulü ile 32.3°'lik açı ölçülmüştür. Değerler Tablo 1'de parantez içinde görülmektedir.

12+600 km'de açılan ikinci çukurda iki deney yapılabilmüştür. Bilahare çukur genişletilerek bir deney daha yapılmüştür. Deney neticeleri Tablo 2'dedir.

Tablo 2. Tarsus-Mersin Güzergahı km 12+600 Direkt Kesme Deneyleri

Deney No:	Normal Basınç (kN/m ²)	Kayma Dayanımı (kN/m ²)	Kırılmada Deplasman (mm)
1	95.5 (95.5)	191.0 (85.9)	28 (23.7)
2	191.0	470.9	39
3	347.8	598.1	2.2

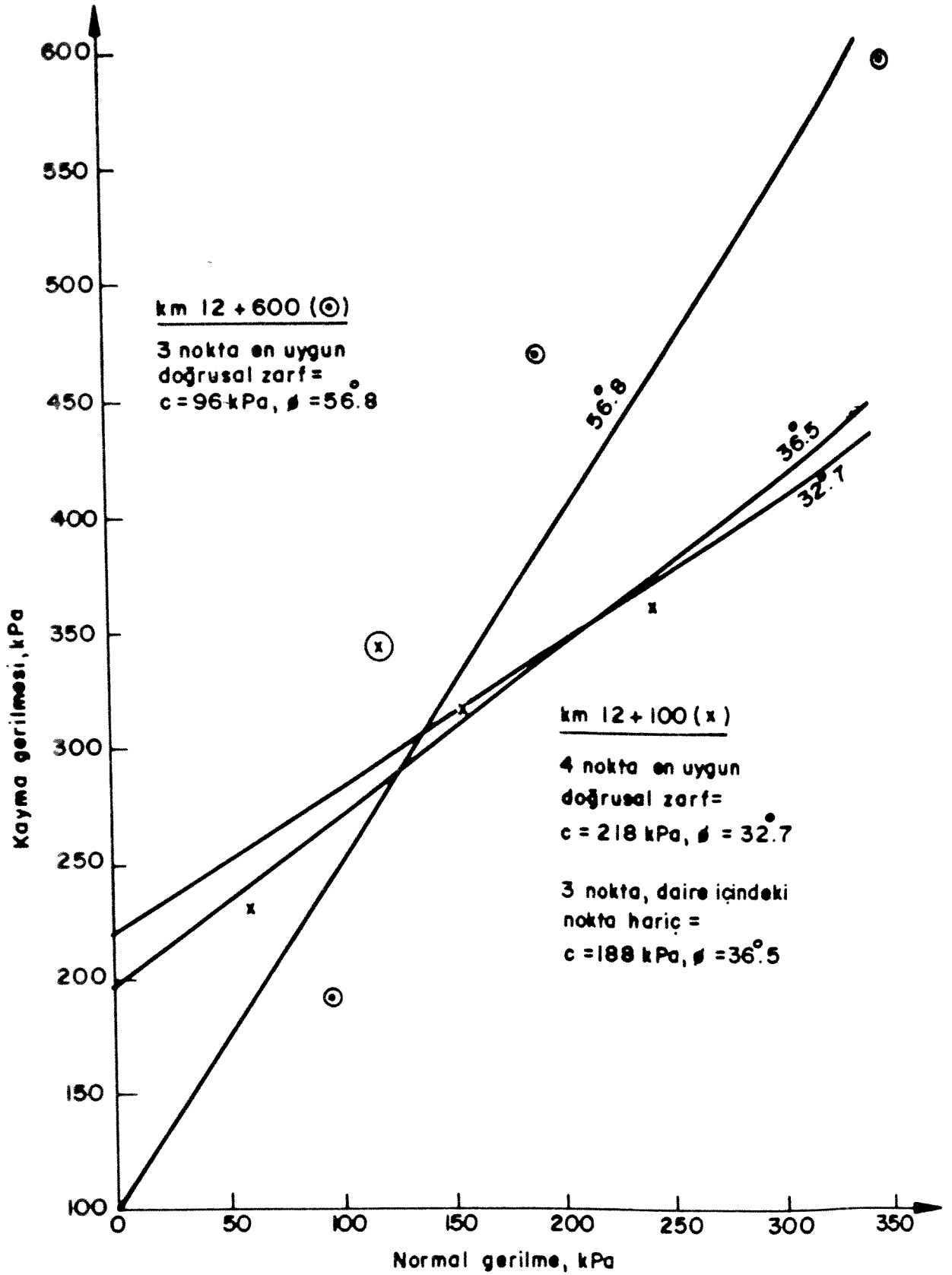
Kayma gerilmesi normal gerilme grafikleri Şekil E2.5 - E2.7. de ve kırılma zarfı Şekil. 9 da gösterilmiştir. Kayma mukavemeti parametreleri $C = 96 \text{ kPa}$, $\phi = 56.8^\circ$ bulunmuştur.

3.1.2. Pressiyometre Deneyleri

Pressiyometre deneyleri saha direkt kesme deney seviyelerini ortalayacak şekilde 1.0 - 1.3 derinlikte ve 2.7-3.0 derinlikte gerçekleştirilmiştir. Tablo 3 ve 4'te limit basınç ve pressiyometre (Menard) deformasyon modülleri, Şekil E3.1, E3.2, E3.3 ve E3.4 'te ise basınç - hacim değişimi grafikleri gösterilmektedir. Km 12+600 de formasyon daha yüksek dayanımlı olduğundan limit basınçları elde etmek mümkün olamamıştır. Km 12+100'de ise limit basınçları tam erişilmemekle beraber yaklaşık mertebeleri extrapolasyon ile belirlenmiştir.

Tablo 3 Tarsus - Mersin Güzergahı Km 12+100 Pressiyometre Deney Sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6
Derinlik (m)	1.0-1.3	1.0-1.3	1.0-1.3	2.7-3.0	2.7-3.0	2.7-3.0
PM Modülü $\times 10^2 \text{ kPa}$	358	156	196	361	320	-
Limit Basıncı (Yaklaşık) $\times 10^2$ kPa	18	15	16	14	19	10.5



Şekil 9 Tarsus - Mersin Otoyolu km 12+100 ve km 12+600
 Direkt Kesme Deneyleri Kırılma Zarfları

Tablo 4 Tarsus - Mersin Güzergahı km 12+600 Pressiyometre
Deney Sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Derinlik (m)	1-1.3	1-1.3	1-1.3	1-1.3	2.7-3	2.7-3	2.7-3	2.7-3
PM Modülü x10 ² kPa	790	1054	1696	1798	1618	1859	1902	1543

3.2. TAG Otoyolu Deneyleri

3.2.1. TAG Otoyolu Saha Direkt Kesme Deneyleri

3.2.1.1. Giriş

Adana Gaziantep Otoyolu güzergahında iki çukurda dörder adet numune hazırlanmıştır. 10 m x3 m açılan çukurlar 1-1.5 derinliktedir. İlk çukur km 214+000'de ikinci ise km 205+000'de açılmıştır. Betonarme reaksiyon duvarları iki taraflı dökülmüştür.

3.2.1.2. Deney Sahasının Jeolojik Durumu

214+000 km'de ilk çukur yerinde kahverengi-kırmızımsı sleyt ve fillit aralanması bulunmaktadır. (Şekil E1.4). Eklemler foliasyon yüzeyleridir. Süreksizlik ölçümleri deney yeri için açılan yarmadan alınmıştır. Süreksizlik düzlemleri ölçümleri Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5 TAG Otoyolu km 214 Süreksizlik Düzlem Ölçümleri

Süreksizlik Düzlemi	Eğim Yönü	Eğim Miktarı	Doğrultu	Kesişme Doğrultusu Eğimi
1	57	30	237	60
2	75	22	255	68
3	219	61	39	29
4	50	25	230	65

Km 205'deki ikinci çukurda benzer şekilde ölçümler yapılmıştır (Tablo 6). Kayaç türü grimsi-yeşil sleyttir. Eklemler foliasyon yüzeyleridir (Şekil E1.5). Süreksizlik ölçümlerinden ilk 9 adedi deney yeri için açılan yarmadan alınmış olup diğer 4 adedi üçüncü direkt kesme numunesinin kesme yüzeyinden alınmıştır.

Tablo 6 TAG Otoyolu km 205 Süreksizlik Düzlem Ölçümleri

Süreksizlik Düzlemi	Eğim Yönü	Eğim Miktarı	Doğrultu	Kesişme Doğrultusu Eğimi
1	350	39	170	51
2	355	38	175	52
3	258	65	78	25
4	335	34	155	56
5	255	64	75	26
6	163	49	343	41
7	340	41	160	49
8	275	57	95	33
9	235	35	55	55
10	280	34	100	56
11	150	69	330	21
12	30	70	210	20
13	158	28	338	62

3.2.1.3. Deney Sonuçları

Deney sonuç özetleri: Km 214+000 ve km 205+000 için sırasıyla Tablo 7 ve Tablo 8 de verilmektedir.

Tablo 7 TAG Otoyolu km 214+000 Direkt Kesme Deney Sonuçları

Deney No.	Normal Basınç (kN/m ²)	Kayma Dayanımı (kN/m ²)	Kırılmada Deplasman (mm)
1	138.5	173.1	10.
2	207.7	242.3	9.5
3	276.9	311.5	9.5

Kayma gerilmesi - kayma (yatay) deplasmanları grafikleri Şekil E 2.8. - E2.10 da sunulmaktadır.

Tablo 8 TAG Otoyolu km 205+000 Direkt Kesme Deney Sonuçları

Deney No.	Normal Basınç (kN/m ²)	Kayma Dayanımı (kN/m ²)	Kırılmada Deplasman (mm)
1	138.5	207.7	4.0
2	207.7	242.3	4.1
3	276.9	432.7	1.6

Km 205+000 kayma gerilmesi-kayma deplasmanları grafikleri Şekil E2.11 - E2.13 te gösterilmektedir.

Km 214+000 ve km 205+000 için kırılma zarfları Şekil.10 da sunulmuştur.

Bütün deneyler gözönüne alınarak hesaplanan kırılma zarfı parametreleri km 214+000 ve km 205+000 için sırasıyla

$$c = 35 \text{ kPa}, \quad \phi = 45^\circ \text{ ve } c = 14 \text{ kPa}, \quad \phi = 55.3^\circ \text{dir.}$$

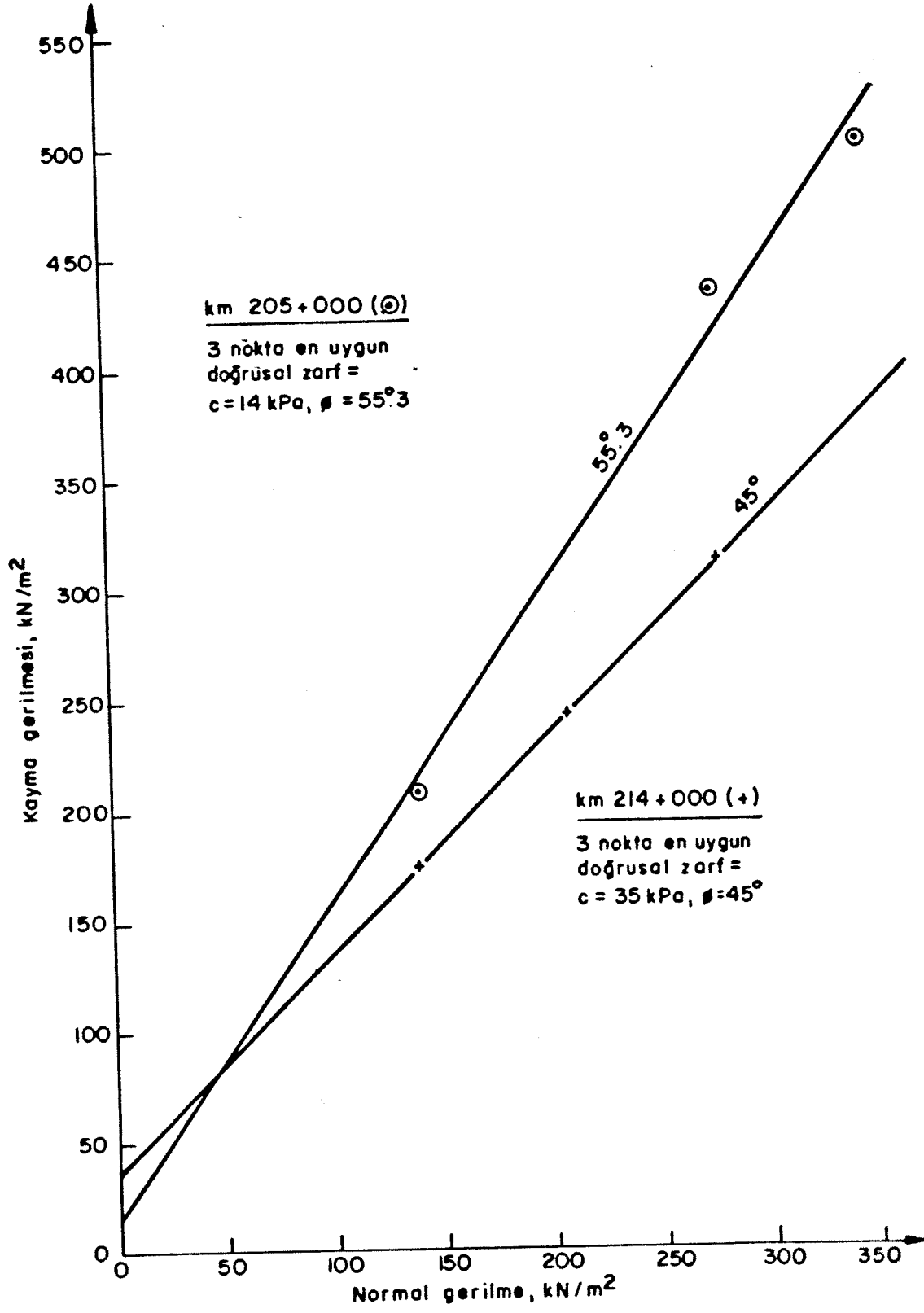
Km 205+000 deneylerinde üç deney neticesi tamamen aynı doğru üzerine düşerek $c = 35 \text{ kPa}$, $\phi = 45^\circ$ vermiştir.

3.2.2 TAG Otoyolu Pressiyometre Deneyleri

Pressiyometre deneyleri, saha direkt kesme deneyleri gerçekleştirilen iki yerde de yapılmıştır. Tablo 9 da km 214+000'da, Tablo 10'da ise km 205+000 da yapılan deneylerin neticeleri özetlenmektedir.

Tablo 9 TAG Otoyolu km 205+000 Pressiyometre Deney Sonuçları

Deney No.	DK4	DK4	DK4	DK5	DK5	DK5	DK6	DK6	DK7	DK7	DK7
Derinlik (m)	1.4	1.7	2.7	1.1	2.4	2.7	1.1	2.7	0.7	1.4	2.7
PM Modülü X10 ² kPa	147	175	227	156	174	176	166	256	96	181	211
Limit Basıncı x10 ² , kPa	17.2	26	32	22	22	28	16	26	17	21	34



Şekil 10 TAG Otoyolu km 214 ve km 205 Direkt Kesme Deneyleri Kırılma Zarfları

Tablo 10 TAG Otoyolu km 214+000 Pressiyometre Deney Sonuçları

Deney No.	DK1	DK1	DK1	DK2	DK2	DK2	DK3	DK3	DK3
Derinlik (m)	1.00	1.70	2.70	1.2	2.2	2.7	1.1	1.4	2.7
PM Modülü x10 ² , kPa	121	254	176	150	267	226	152		308
Limit Basıncı x10 ² , kPa	20.4	27	20	20	24.6	21	19.6	37	35-40

Basıncı-hacim değişimini gösteren pressiyometre deney grafikleri bütün deneyler için Şekil E 3.5 - E 3.25 te verilmektedir.

3.3 Dikmen Vadisi Deneyleri

3.3.1 Dikmen Vadisi Saha Direkt Kesme Deneyleri

3.3.1.1 Giriş

Dikmen Vadisi direkt kesme deneyleri tasarlanıp imal edilen saha deney takımının denendiği ilk deneylerdir. Burada üç adet numune hazırlanmıştır. Numuneler yüzeyden bir metre kadar derine kazı yapılarak hazırlanmıştır. Bu lokasyonda evvelce bir kaç metrelik kazı yeni bir şantiye yolu için yapılmıştır. Dolayısıyla numuneler gerçekte zemin yüzeyinden birkaç metre aşağıdadır. Ancak açılan çukur içinde çok farklı ayrışmaya uğramış grovaklar ile karşılaşmıştır. Deneyler adeta farklı kayalarda yapılmıştır. Aletin ilk denemesi olması bakımından ve gerek kaya kazıları, traşlama, betonlama gerekse ankrajların hazırlanması

açılarından oldukça fazla fiziksel efor harcanması bakımından bu farklı durumda deneyler yapılmıştır. Kırılma zarfı açısından problem olacağı bilinirken deneyler sırasında normal yük bir deney hariç sabit tutulamamış ve iki deneyde normal basınç belirlenememiştir. Sonuç olarak aletin düşey yük sınırları genel olarak bilindiğinden elde edilen kayma dayanımlarının değeri vardır.

Program sonunda (Aralık, 1995) aynı lokasyonda (30 m mesafede) ikinci bir çukur hazırlanarak 6 adet deney gerçekleştirilmiştir. İlk çukura benzer şekilde ayrışma derecesi numunelerde farklılıklar göstermektedir (Şekil E 1.6).

3.3.1.2. Deney Sonuçları

İlk grup üç adet deneyde elde edilen Kayma Dayanımları Tablo 11 de gösterilmektedir.

Tablo 11 Dikmen Vadisi İlk Grup Direk Kesme Deney Sonuçları

Deney No.	Normal Basınç (kN/m ²)	Kayma Dayanımı (kN/m ²)	Kırılmada Deplasman (mm)
1	176	560	62
2	-	170	37
3	-	400	30

İlk grup deneyler ile ilgili kayma gerilmesi - kayma deformasyonu eğrileri Şekil E2.14 - E2.16 da verilmiştir.

Görüldüğü gibi kayma dayanımları 170-560 kPa arasında büyük değişiklik göstermektedir.

Tablo 12. Dikmen Vadisi Son Grup Direk Kesme Deneyleri
Doruk Mukavemetler

Deney No	Normal Basınç (kPa)	Kayma Dayanımı (kPa)	Kırılmada Deplasman (mm)
II.1	69.2	51.9	11
II.2	105.3	122.9	9
II.3	136.5	102.4	17
II.4	163.6	163.6	26
II.5	207.8	173.10	14
II.6	242.3	155.8	19

İkinci grup deneylerde doruk mukavemet neticeleri Tablo 12 de görülmektedir. Bu deneylere ait kırılma zarfları Şekil 11 de dir. Bu şekilde bütün deneylere ait kırılma zarfı açısı 30.9° dir. 1., 2., ve 3. deneylerden elde edilen açı ve 6. deney hariç diğer deneylerden elde edilen açı sırasıyla 38 ve $39^{\circ}.9$ dir. İkinci grup deneylerde rezidüel kesmeler gerçekleştirilmiştir. 1, 2 ve 3 No.lu deneylerde ikişer adet 4 ve 5 No.lu deneylerde ise birer adet rezidüel kesme yapılmıştır. Deneyler doruk mukavemet değerleri alındıktan sonra aynı numune üzerinde yapılmıştır. Tablo 13 te neticeler gösterilmektedir. Şekil 11 de ayrıca rezidüel kırılma zarfları gösterilmektedir. Bütün deneylerden elde edilen açı ile 1. 2. ve 3. deneylerden elde edilen açı çok yakındır. (22° ve 21.85°)

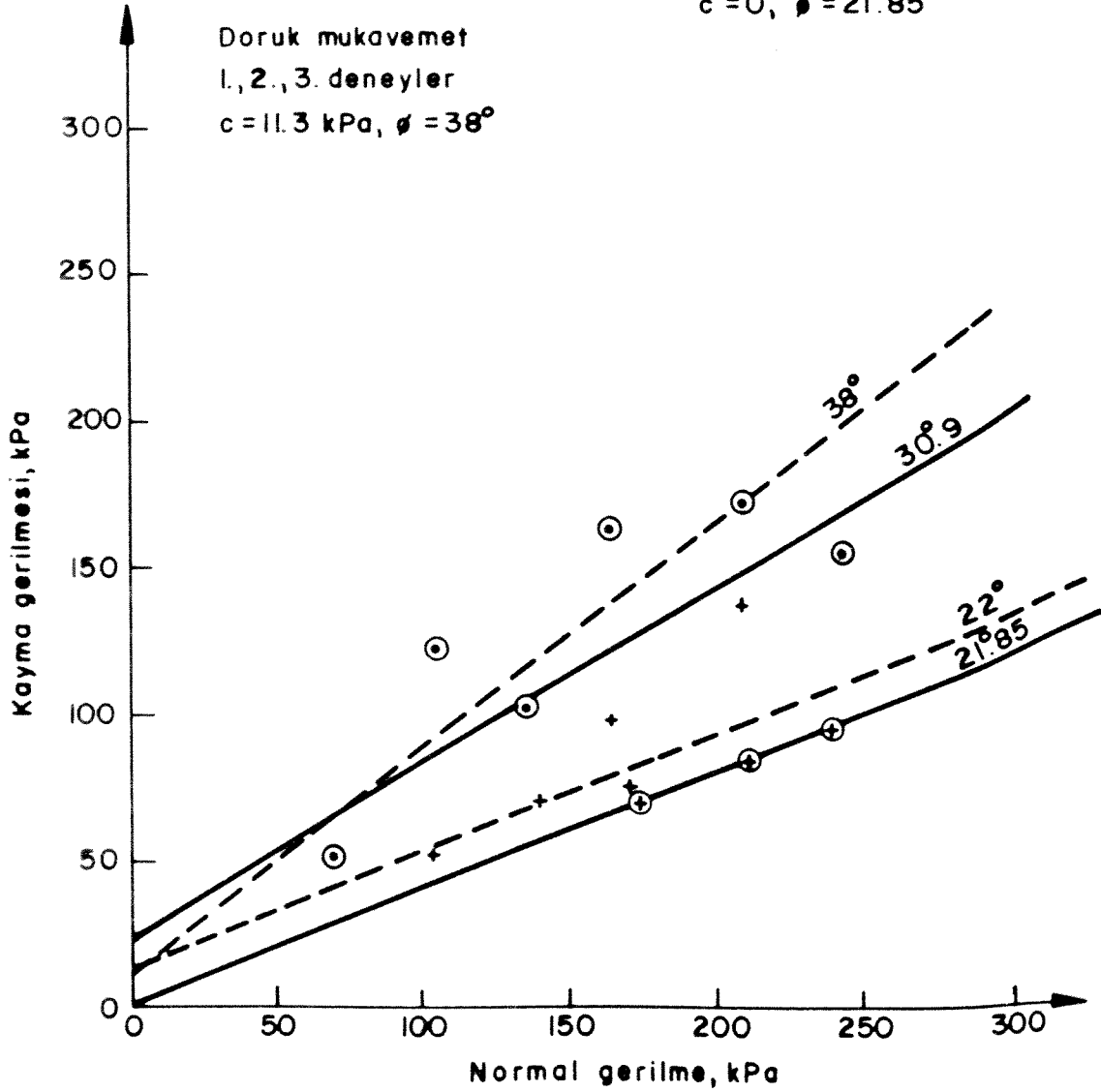
Doruk mukavemet
zarfı (bütün deneyler) = (⊙)
 $c = 36 \text{ kPa}$, $\phi = 30.9^\circ$

Residüel mukavemet
zarfı (bütün deneyler) = (+)
 $c = 14.2 \text{ kPa}$, $\phi = 22^\circ$

Doruk mukavemet
6. deney hariç
 $c = 8.7 \text{ kPa}$, $\phi = 39.9^\circ$

Residüel mukavemet
zarfı (ikinci devirler) = (⊕)
(sadece 1., 2., 3. deneylerde var)
 $c = 0$, $\phi = 21.85^\circ$

Doruk mukavemet
1., 2., 3. deneyler
 $c = 11.3 \text{ kPa}$, $\phi = 38^\circ$



Şekil 11 Dikmen Vadisi Direkt Kesme Deneylerinden Elde Edilen Kırılma Zarfı

Tablo 13 Dikmen Vadisi Rezidüel Kesme Deney Neticeleri

Deney No.	Normal Basınç (kPa)	Kayma Dayanımı (kPa)	Kırılmada Deplasman(mm)
II.1X	103.8	52.0	15
II.1Y	173.1	69.2	17
II.2 X	140.5	70.2	12
II.2 Y	210.7	84.3	15
II.3 X	170.6	75.1	18
II.3 Y	238.9	95.6	17
II.4 X	163.6	98.2	22
II.5 X	207.8	138.5	14

Deneye tabi tutulan ve yüzeyde bulunan çok ayrılmış grovaplarda belirgin bir tabakalanma açısı görülmemekte ve heterojen bir yapı bulunmaktadır. Traşlanan 6 blok yapıları itibarı ile farklılıklar göstermektedir. Genelde 1 den 6 ya doğru numuneler daha zayıflamaktadır.

3.3.2. Dikmen Vadisi Pressiyometre Deneyleri

Pressiyometre deneyleri ilk grupta her numune yanında ikişer adet olmak üzere toplam altı adet yapılmıştır. Bütün deneyler 2.7 m derinlikte yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 14 te toplu olarak gösterilmektedir.

Tablo 14 Dikmen Vadisi Pressiyometre Deney Sonuçları

Deney No.	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Derinlik (m)	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
PM Modülü x10 ² , kPa	364	259	242	258	140	156
Limit Basıncı x10 ² , kPa	31	31	21	20	10	9.5

Pressiyometre sonuçları gözlemlerle paraleldir. Limit basınçları üç deney bloku önünde 31×10^2 kPa'dan 10×10^2 kPa'ya azalmaktadır. Saha direkt kesme deneylerinde de yukarıda değinildiği gibi aynı durum söz konusudur.

Pressiyometre ölçüm hücresi basıncı-hacim değişimi grafikleri ilk grup altı deney için Şekil E3.26 - E3.31 de verilmektedir. Şekillerde limit basınca tam ulaşılmadan kesilen deneylerde eğriler deneyi yapan ekipce hızla limite doğru çizilmiştir. Bilindiği gibi limit basıncı (Menard) tarifi, ölçüm hücresi hacmine saha jeolojik gerilme basıncındaki hacmin iki katının ($2 v_i$) eklenmesi ile ($V_c + 2v_i$) bulunan hacim artışı değerine karşı gelen basınçtır. Limit basınçları bu gözle tekrar değerlendirilmiştir. Evvelce yapılan Pressiyometre deneyleri deney çukuru yanında olmamakla beraber birlikte değişkenliği yansıtmaktadır. Toprak zemin olarak nitelendirilecek çok ayrılmış grovıklar oldukça yaygındır. Gelişme raporunda verilen değerler Tablo 15 de görülmektedir.

Tablo 15 Dikmen Vadisi Evvelce Yapılan Pressiyometre Deneý Sonuçları

Deneý No.	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	4C
Derinlik (m)	1.5	2.5	1.5	2.5	1.5	3.5	1.5	2.5	4.5
PM Modülü - x10 ² kPa	263	593	29	121	27	28	124	407	182
Limit Basıncı x10 ² kPa	21	22	6.8	11	4.3	9	6.7	18.9	16.3

3.4 Deneý Sonuçlarının Genel Deęerlendirilmesi

3.4.1. Genel

Direkt kesme ve pressiyometre deneýlerinin değerlendirilmesinde ayrı ayrı dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Direkt kesme numunelerinin çatlak sistemi ve ayrışma özellikleri bakımından eşdeğer karakterde olmaması halinde kırılma zarflarının elde edilmesinde uyumsuzluklar çıkmaktadır. Zira her düşey basınç seviyesi için ayrı bir numune kullanılmıştır. Benzer sorun pressiyometre deneýlerinde bulunmaktadır. Yüzeye çok yakın deneýler birkaç metre aralıklar ile yapıldığından ve kayaçların yüzeyden itibaren ayrışma durumu hızla değiştiğinden farklı neticeler elde edilebilmektedir.

Bu iki değişik saha deneýi neticelerinin karşılaştırılmasında ise gerilme seviyesi farklılığı sorunu vardır. Direkt kesme deneýlerinde normal gerilme seviyesi artırılırken pressiyometre deneýlerinde gerilme seviyesini yüksek tutmak amacı ile daha derine inildiğinde ayrışma

seviyesi farklı kayalar ile karşılaşılmaktadır. Dolayısıyla pressiyometre deneylerinde gerilme seviyesi direkt kesme deneylerine göre düşüktür ve pressiyometre deneylerinde aynı özellikte kayacın farklı gerilme durumlarındaki davranışını gözlemek mümkün olmamaktadır.

3.4.2. Pressiyometre Limit Basıncı - Maksimum Kayma Gerilmesi (Direkt Kesme) Korelasyonu

Pressiyometre deneylerinden elde edilen limit basınçları ile saha kesme deneylerinden elde edilen kayma dayanımları Tablo 16 da karşılaştırılmaktadır.

Tablo 16 . Pressiyometre Limit Basıncı - Direkt Kesme Mukavemeti Oranları

Yer	TAG Otoyolu km 214	TAG Otoyolu km 205	Mersin km 12100	Dikmen (Gr.I)
PL/σ_{max}	8-11	8-10	6-7	5-6

Literatürde kayaç sınıfına girmeyen kohezyonlu zeminlerde

$$C_u = \frac{P_L - \sigma_{ho}}{\beta}$$

ifadesi ile pressiyometre deneylerinden drenajsız kayma mukavemeti (C_u) tahmini yapılmaktadır (Mair ve Wood,1987). Burada σ_{ho} deney seviyesinde yatay toplam gerilme, β ise korelasyon katsayıdır. Killer için 5.5 tavsiye edilmektedir. Yumuşak kayalarda daha fazla olabileceği öngörülmektedir.

Yapılan pressiyometre deneylerinde jeolojik gerilmeler çok düşüktür dolayısıyla PL/τ_{max} oranları doğrudan β korelasyon katsayısına karşı gelmektedir. Tabloda 5-11 arası değerler bulunmaktadır.

Dikkate değer bir husus β sayısının yüksek olduğu TAG Otoyolu formasyonlarında direkt kesme kırılma zarflarından elde edilen sürtünme açılarının Mersin km 12+100 deki formasyondan ve Dikmen ayrışmış grovaklarından elde edilenlerden (2.Grup) belirgin biçimde büyük olduğudur. ((45°-60°) a karşı (33° - 31°/38°)). Dikmen grovaklarında yapılan deneyler ilk denemeler olduğundan düşey yük kontrolü iki deneyde sağlanamamış kırılma zarfı elde edilememiştir ancak killi ve ayrışmış olan zayıf bu kayaçta sürtünmenin düşük bekleneceği söylenebilir. İkinci grup deneylerde ise çok düşük kesme dayanımı değerleri ile karşılaşmıştır. Bunların yanında ayrıca pressiyometre deneyleri yapılmamıştır. Tablo 15de verilen ve evvelce yapılan pressiyometre deneylerinde elde edilen çok düşük limit basınçlarının benzer çok ayrışmış formasyonlarda karşılaşılacağı sanılmaktadır.

3.4.3. Zayıf Kayalarda Pressiyometre Deneyinin Analizini Etkileyen Faktörler

Pressiyometre deneyi, toprak zeminler için geliştirilmiş bir arazi deneyi olduğundan, bu deneyin yumuşak kayalara uygulanması da zemin mekaniğinin kapsamındadır. Plastik ve yumuşak killer için kullanılan pressiyometre analiz yöntemleri, daha kırılğan ve sert olan yumuşak kayalar için de aynen kullanılmaktadır. Killer için pressiyometre deneyi modellenirken, silindir

şeklindeki bir deliğin radyal olarak genişlemesi, malzemenin drenajsız koşullar altında, homojen ve izotropik olması esastır. Bu kabuller, kilin drenajsız koşullar altındaki kohezyonu, kayma modülü ve arazideki yanal basıncının belirlenmesinde kullanılabilir. Ancak aynı kabuller zayıf kayalarda kullanıldığında belirgin hatalar ortaya çıkmaktadır. Bu durum, iki malzeme arasındaki davranış farkından kaynaklanmaktadır. Zayıf kayalar, kırılma oldukları kadar genişleme özelliği de olan, drene olma özelliği gösteren, aynı zamanda süreksizlik düzlemleri ve çatlaklar içeren malzemelerdir. Bu faktörlerden her biri, pressiometre deneyinin sonuçlarını, kilde olduğundan farklı bir konuma getirmektedir. Bu faktörler aşağıda kısaca irdelenmektedir:

1) Drenaj Özellikleri : Drenaj özelliklerini etkileyen başlıca faktörler, drenaj boyu (H) ve konsolidasyon katsayısıdır (c_v). Oluşan ilave boşluk suyu basıncının kaybolması için geçecek zaman, aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$t = \frac{T.H^2}{c_v}$$

Konsolidasyon katsayısını etkileyen faktörlerin başında da malzemenin hidrolik geçirgenlik katsayısı, k gelmektedir. Kil için c_v ve k katsayıları genellikle düşük olmasına rağmen, kum için yüksektir. Bu da, bizi c_v 'den çok k katsayısının drenajı kontrol ettiği sonucuna götürür. Böylece düşük geçirgenlikli malzemeler için, drenajsız koşulların, yüksek geçirgenlikli malzemeler için ise drenajlı koşulların daha uygun olduğu ortaya çıkar.

Fakat yumuřak kayalar dűřűk geçirgenlikli malzemeler olmasına raėmen, bu sonuç her zaman geçerli deėildir.

c_v ve k arasındaki ilişki aşağıdaki şekildedir :

$$c_v = \frac{k}{m_v \cdot \gamma_w}$$

m_v : Hacim sıkışabilirlik katsayısı

γ_w : Suyun zgűl aėırlıėı

Kille aynı oranda geçirgenliėe sahip olmalarına raėmen bazı zayıf kayalarda, ilave bořluk suyu basıncının ortadan kalkması bűyűk bir hızda gerçekleřebilir. Bu, yumuřak kayanın sıkıřabilme özelliėinden, yani m_v deėerinin kilinkinden en az iki kat daha az olmasından kaynaklanmaktadır. Bu da c_v deėerini iki katına çıkarmaktadır. Bu durum, ilave bořluk suyu basıncının kaybolma sűresinin kilden çok daha kısa olmasına sebep olur. Ayrıca, sűreksizlik dűzlemleri ve çatlaklar da bu sűreyi daha da azaltır.

Bűtűn bunlara dayanarak, zayıf kayalarda pressiyometre deneyi, malzemenin drenajı bittikten sonra yapılmalıdır. Bu konuda Ameratunga (1986) tarafından yapılan numerik analizlerde, zayıf kayalarda yapılan pressiyometre testlerinde, oldukça bűyűk miktarlarda drenaj oluřtuėu gözlenmiřtir. Bu drenaj sonucunda, ilave bir sűrtűnme dayanımı ortaya çıkmaktadır. Eėer deney sonuçlarını deėerlendirirken drenajsız analiz yöntemi kullanılırsa, kayanın gerçek drenajsız dayanımından daha yűksek deėerler elde edilmektedir. Bu nedenle

drene edilen numuneler üzerinde yapılan deneyler daha doğru sonuçlar verir. Bu koşullar altında Haberfield ve Johnston (1990) yaptıkları çalışmaları sunmuşlardır.

2) Dilatasyon (Genleşme) : İnce malzemedен oluşan yumuşak kayalar üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri bu kayaların kırılma boyunca önemli miktarda genleşme gösterdiğini göstermiştir (Chiu and Johnston 1980).

Genleşme, ölçülen yük / deformasyon oranını önemli ölçüde etkiler. Deney sonuçları değerlendirilirken genleşme göz önüne alınmazsa, dayanım değerleri olduğundan çok daha yüksek değerler şeklinde karşımıza çıkar.

3) Radyal Çatlaklar : Başka çalışmalarda da bahsedildiği üzere kayada yapılan pressiyometre deneylerinde radyal çatlaklar oluşmaktadır. Bunun sebebi kayanın içine yerleştirilen pressiyometre borusunda oluşan dairesel şekildeki yüksek gerilmelerdir. Radyal çatlakların etki edeceği alanın büyüklüğü kayanın özelliklerine ve arazideki yanal basınç değerlerine bağlıdır. Sığ derinliklerde yapılan deneylerde, radyal çatlama fazla olabilir. Deney yeri derinleştikçe ve yanal basınç değeri artıkça çatlak oranı azdır ve çok derinlerde tamamen kaybolur.

Bu konuda, Haberfield ve Johnston (1989) daha önce sıraladığımız faktörlerin herbirini içine alan numerik modeller geliştirmişlerdir. Bu çalışmalardan birinde kuramsal olarak geliştirilen arazi presiyometre deneyi yaklaşık 10 metre derinlikte, zayıf kayada yapılmıştır. İlave boşluk

suyu basıncının yok olması için beklendikten sonra gerçekleştirilen deney sonunda iki tür sonuç elde edilmiştir. Birincisinde basınca karşılık birim hacimsal (değişme) değerleri, radyal çatlakların oluşmadığı düşünülerek çizilirken, ikincisinde ise aynı deneyde radyal çatlakların oluştuğu varsayılarak eğri çizilmiştir. Buradan radyal çatlakların oluştuğu zaman malzemenin diğerine oranla daha zayıf yapı gösterdiği gözlenmiştir.

4) Çatlaklar : Çatlakların presiyometre deneyine olan etkisi üzerinde Haberfield çalışmış (1987) ve yaptığı numerik modelleme sonucunda radyal çatlakların deney üzerinde oluşturduğu etkinin aynısının çatlaklar tarafından da oluşturulduğunu gözlemlemiştir. Fakat burada çatlak geometrisi deney deliğini kesen ve dik duruma yakın ve homojen çatlaklardır. Diğer çatlak geometrileri detaylı bir şekilde çalışılmamıştır.

Çatlaklı zayıf kayalarda yapılan presiyometre deneyinde ilk yükleme eğrisinden elde edilen modülün kütle modülünü temsil ettiği kabul edilmektedir. Ancak bu kabul her halde geçerli değildir. Örneğin 75 mm çapı olan presiyometre kullanılırken doğru sonuç elde edebilmek için çatlak aralığı 75 mm'den az hatta 20 mm değerlerinde olmalıdır. Daha geniş çatlak aralıkları olduğu zaman kaya kütle davranışı göstermeyecektir.

3. 4.4 Kırılma zarfları - Ana Kayma Mukavemeti Parametreleri

Araştırma programına pressiyometre deneylerinin dahil edilmesinin nedeni, TCK karayolları otoyol zemin etüdü programlarında güzergah boyunca oldukça sık bu deneylerin yapılması ve stabilite analizlerinde deney neticelerine atıf yapılarak kayma mukavemeti parametreleri seçiminde kullanılması olmuştur. Stabilite hesaplarında, bilindiği gibi, 1-2 derecelik kayma mukavemeti açısı farklılığı önemlidir. Önce pressiyometre deneylerinin kayma mukavemeti parametrelerinin tayini konusunda literatür gözden geçirilmiş daha sonra direkt kesme sahalarında ve direkt kesme deney seviyelerine yakın derinliklerde (1-3 m) pressiyometre deneyleri gerçekleştirilmiştir.

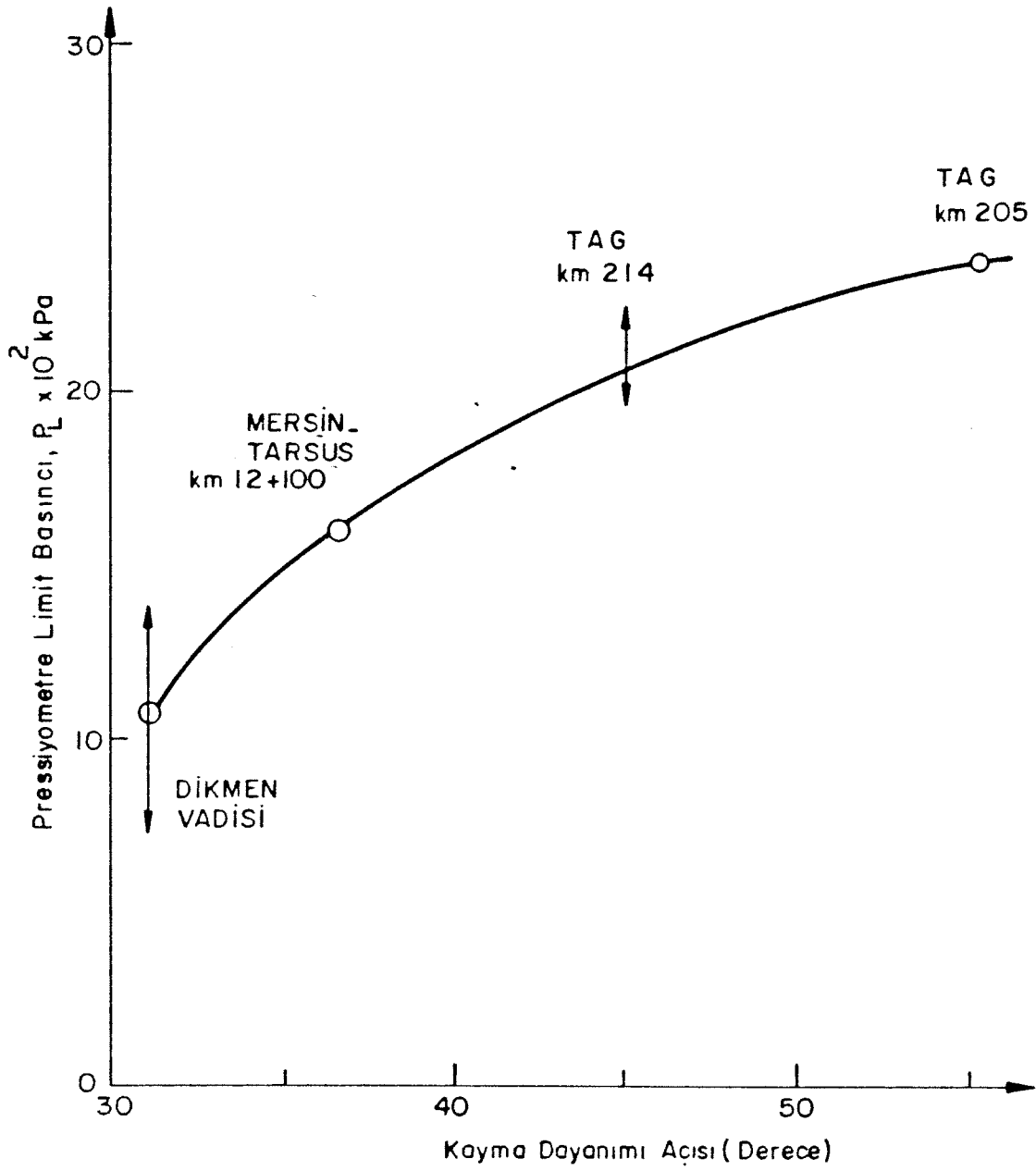
Gerek literatür çalışmalarından gerekse pressiyometre deney mekaniği ve Kısım.1.de değinilen hususlar nedeniyle pressiyometre deneylerinden yumuşak kaya formasyonlarında c , ϕ kayma mukavemeti parametrelerini rutin olarak tayin etmek mümkün görülmemektedir. Çok geniş aralıkta tahminlerin ise fazla bir kıymeti yoktur. Dolayısıyla zemin etüdülerinde yumuşak kayalarda yapılan pressiyometre deneylerini mukavemet parametreleri tayininden ziyade bir endeks deneyi olarak algılamak yerinde olacaktır. Limit basıncı ve pressiyometre modülü zeminin sertliği hakkında genel bir bilgi verecektir. Bu arada kapasitesi yüksek ve sert pressiyometre kullanılması gereğine işaret edilmelidir. Yumuşak kaya zeminlerde kullanılan düşük kapasiteli aletlerin limit basınçlarına ulaşamadığı ve ayrıca düşük pressiyometre modülleri ölçtüğü bilinmektedir.

Şekil 12 de deneyler yapılan dört sahada direkt kesme deneylerinden elde edilen doruk kayma mukavemeti açıları pressiyometre limit basınçlarına karşı grafik olarak gösterilmiştir. Doruk mukavemet açıları büyüdükçe limit basınçları da artmaktadır. Böyle bir ilişkinin genelleştirilmesi bu aşamada doğru değildir. Belki dört yerine 20-30 yumuşak kaya sahasında karşılaştırmalı deneyler yapıldıktan sonra daha genelleştirilmiş bir yargıya varılabilir.

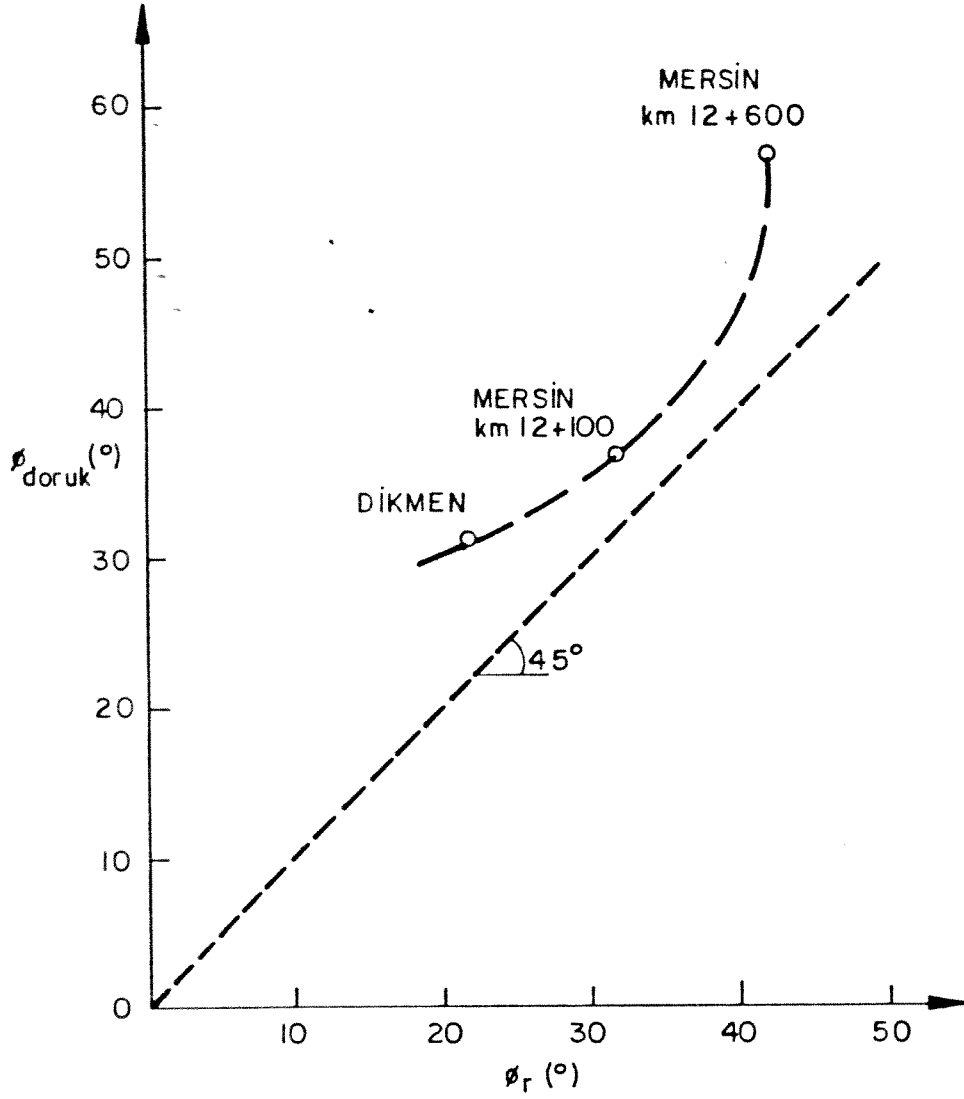
Üç sahada rezidüel deneyler gerçekleştirilmiştir. Bunlardan sadece Dikmen vadisi deneyleri kapsamlıdır. Mersin - Tarsus km 12+600 ve km 12 + 100'de üç numuneden birinde rezidüel deney yapılmış ve sıfır kohezyon kabulü ile hesaplanmıştır. Şekil 13 te Doruk mukavemet açıları rezidüel açılara karşı grafik şeklinde gösterilmiştir. Genelde doruk mukavemetlerin yüksek bulunduğu kayalarda rezidüel değerler de büyüktür. Ancak burada rezidüel mukavemet açısının üzerinde durmak lazımdır çünkü üç adet Dikmen deneyinde iki devir diğerlerinde tek devir olarak yapılan rezidüel deneylerde daha fazla deplasman (devir) halinde daha düşük açılar bulunması ihtimal dahilindedir.

3.4.5. Dikmen Vadisi Hoşdere Otopark Kazısı

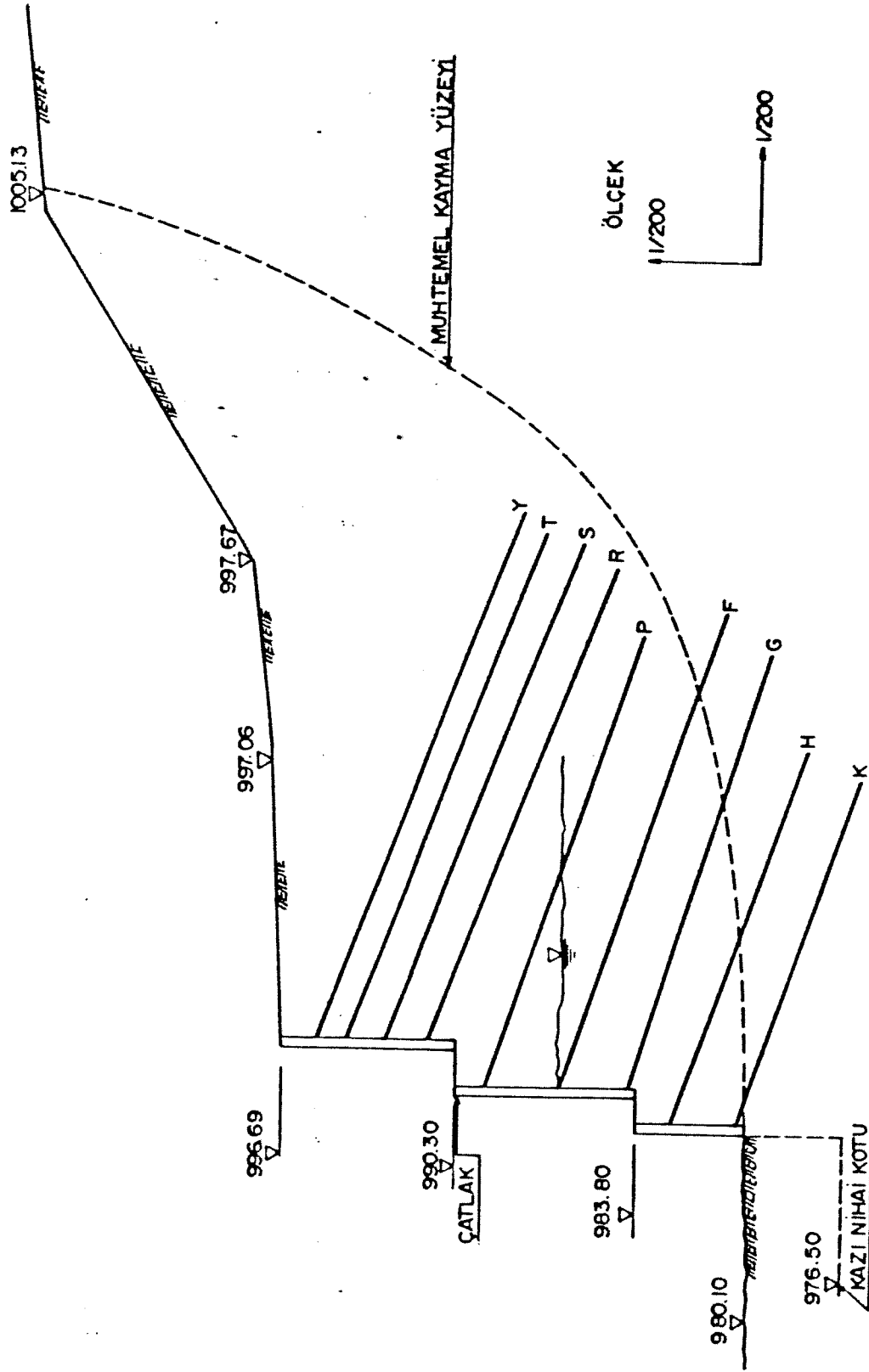
Dikmen vadisinde yapılan inşaat kazılarının en büyükleri otopark kazılarıdır. Bu kazılardan birinin kesiti Şekil 14 te görülmektedir. Grovaplardan oluşan zeminde büyük bir şev kayması meydana gelmiştir. Şekilde istinad yapısı ve zemin yüzeyinde oluşan çatlak ve deformasyonlardan tahmin edilen kayma yüzeyi gösterilmektedir. Ankrajların arkasından geçen kayma sathı bir genel stabilite sorunu yaratmıştır. Bu kayma geriye analiz edilmiştir. Grovaplaklar yer yer,



Şekil 12 Yumuşak ve Zayıf Kayaçlarda Ölçülen Doruk Kayma Dayanımı Açıları ile Pressiyometre Limit Basıncıları İlişkisi



Şekil 13 Doruk ve Rezidüel Kayma Dayanımı Açıları - Karşılaştırma



Şekil 14 Dikmen Vadisi Kazı Kesiti

özellikle üst seviyelerde ayrılmıştır. Duvar arkasında belirli bir kotun altında su biriktiği gözlenmiştir. Üst kısımlarda kalınlığı değişen dolgular bulunmaktadır. Deplasmanların oldukça fazla (10-15 cm) ve çatlaklarda 20 cm ye varan düşümler olduğu düşünülürse kohezyonun sıfır kabulü ile $\phi = 19^\circ$ lik bir kayma dayanımı açısı bulunmaktadır; (Ergun v.d., 1993, 1995). Direkt kesme deneylerinden bulunan 22° ye yakın rezidüel değer karşılaştırılabilecek seviyededir. Alt sıra ankrajların dayanımı analize dahil edilmiş, üst dolguların durumu ise ayırt edilmemiştir. Alt kesimlerdeki grovıkların ıslak olduğu ve killi zeminin su ile beraber yumuşayacağı gözönünde bulundurulursa 3° lik farkın fazla olmadığı anlaşılmaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmalar sonunda aşağıda sıralanan sonuçlara varılmıştır:

1. Zayıf ve yumuşak kayada ayrışma yüzeyleri, çatlak sistemleri, tabakalanma yüzeyi v.b. özellikler neticesi olarak numune alma ve laboratuvarda deney yapma yöntemleri ile kayacın mühendislik özelliklerini tayin etmek mümkün görülmemektedir. İstisnai haller kalın ve homojen tuf, marn tabakaları ve benzeri homojen kayalar olabilir. Zayıf ve yumuşak kayaların özellikle kayma dayanımları tayininde laboratuvar yöntemleri daima daha yüksek değerler vermeye yöneliktir.
2. Büyük ebadta (0.70 m x 0.70m x 0.35 m, yükseklik) numuneleri arazide kayma dayanımı deneyine tabi tutabilecek bir saha direkt kesme deney aleti tasarlanmış ve imal edilmiştir. Düşey yükler bağımsız olarak iki taraflı ankraj sisteminden reaksiyon alınarak temin edilmiştir.
3. Beş değişik yumuşak ve zayıf kaya mahalinde saha direkt kesme deneyleri yapılmıştır. Değişik düşey yükler kullanılarak doruk dayanım kırılma zarfları elde edilmiştir. 31° ile 56° arasında değişik değerler bulunmuştur. Alt limitteki kayaç çok ayrılmış, kayaktan toprak zemine dönüşmüş bir formasyondur. Kayaçların rezidüel dayanım açıları da belirlenmiş ve 22° - 42° arasında değerler bulunmuştur.

4. Seçilen beş sahada direkt kesme deneylerinin hemen yanında pressiyometre deneyleri yapılmıştır. 1-3 m derinliklerde yapılan deneylerde limit basıncı ve pressiyometre modül değerleri ölçülmüştür. Pressiyometre limit basıncı / kayma dayanımı oranları incelenmiş ve çok ayrılmış düşük mukavemetli kayalarda 5-6 civarında değerlerden daha dayanımlı kayalarda 10-11 kadar oranlar belirlenmiştir. Diğer bir deyimle limit basıncı / kayma dayanımı oranı kayma dayanımı daha yüksek kayalarda daha fazladır. Böylece literatürde bu konudaki farklı oranlara bir açıklık getirilmektedir.
5. Direkt kesme deneylerinden elde edilen doruk kayma dayanımı açıları ile pressiyometre limit basınçları karşılaştırılmış ve limit basınçları ile kayma açılarının beraberce arttıkları gözlenmiştir. Artış lineer olmayıp azalan bir hızdadır.
6. Kayaların doruk dayanım açıları büyüdükçe rezidüel dayanım açıları da büyümektedir.
7. Yumuşak ve zayıf kayalarda yapılan pressiyometre deneylerinin kayma dayanımı açılarının tayini yönünden değerlendirilmesi killi ve kumlu zeminlerdeki yöntemler takip edilerek yapılamamaktadır. Çünkü sert ve gevrek malzeme, silindirik bir boşluğun genişlemesi ve plastik bir akma şeklinde davranmamakta ve düşey düzlemlerde radyal olarak çatlamaktadır. Buna diğer zayıf ayrışma ve oluşum yüzeyleri de katılınca deneyin analizi çok kompleks hale gelmektedir. Dolayısıyla standart pressiyometre deneylerinden kayaların kayma dayanımı parametrelerini (c , ϕ , c_r , ϕ_r) elde etmek mümkün

görülmemektedir. Otoyol yarmaları, baraj kazıları, heyelanlar gibi kayaçların kayma dayanımı parametrelerinin gerektiği hesaplarda pressiometre deneylerinden bir tahminde bulunmak yeterli hassasiyette olmayacaktır. Benzer kayaçların literatürde tespit edilen özelliklerinden veya alt limitler kullanılarak seçilen kayma parametreleri bazı hallerde uygulanan bir yaklaşımdır ve böyle bir yaklaşım pressiometre deneylerinden elde edilen verilerden kaynaklanan bir yaklaşıma benzemektedir. Çünkü limit basıncı ve modül seviyesinden kayacın direnci hakkında bir fikir edinilmekte, kayma dayanımı parametreleri bir hesap sonucu değil bir mühendislik yorumu ile seçilmektedir.

8. Dikmen vadisinde ayrışmış grovaplarda oluşan bir şev kayması analiz edilmiş ve geçerli sürtünme açısı değerleri ile aynı sahada yapılan saha direkt kesme deneylerinden elde edilen rezidüel kayma açısı mertebeleri yakın şekilde belirlenmiştir. (19° ye karşı 22°)

9. Önerilerimiz ise şu şekilde özetlenebilir:

Başta karayolları yarmaları olmak üzere birçok geoteknik problemde kazılar en fazla 30 - 40 m yükseklikte ve düşey gerilmeler 10 - 30 t/m² aralığındadır. Sadece baraj kazılarında daha büyük yükseklikler söz konusudur. Yumuşak ve zayıf kayaçların kayma dayanımı saha direkt kesme deneyini rutin hale getirerek sahada belirlenmelidir. Diğer hiçbir yöntemin tasarımda istenen hassasiyette parametre temin etmesi mümkün değildir. Bu çalışmadaki gibi 0.70 m x 0.70 m plan alanında bir numunenin üzerine gereken düşey yük 10 - 20 ton arasında değişecektir. Bu yük

sürşarj temininden ziyade numune iki tarafına birer ankraj ile sağlanabilir. Tek bir normal dingil yüklü kamyonu direkt kesme aleti, bir küçük trackdrill, kaya traşlayacak aksesuar, bir jeneratör ve diğer gerekli daha küçük gereçler yüklenerek bir deney takımı oluşturulmalıdır. Karayolları Gn.Md.zemin kısmı veya bir özel sektör firmasına ait böyle bir deney takımı ile saha kesme deneyi rutin hale getirilebilir. İşi çabuklaştıracak mekanik açılımlı ankrajlar, iki taraflı reaksiyon duvarları dökmek yerine kayayı traşlayıp saç plakalar kullanmak v.b. deney detaylarında revizyonlar yapılmalıdır. Deney yöntemi olarak önce doruk dayanım deneyi yapılmalı daha sonra en az iki devirli ve iki düşey yük seviyesi kullanılarak rezidüel deneyler gerçekleştirilmelidir. En az iki numune üzerinde deney yapılmalıdır. Dolayısıyla deney sahasında toplam on adet (5+5) deney gerçekleştirilecektir. Düşey gerilmeler hem doruk dayanım hem de rezidüel dayanım zarflarını elde edebilecek şekilde seçilmelidir. Eğer numune traşlama, hazırlama ve kesme çabası en aza indirilmek istenirse deney numunesi bir tane olabilir bu durumda bir doruk dayanım (zarfı mümkün değil) ve ikişerden dört adet veya birerden iki adet rezidüel dayanım deneyi yapılabilir. Kayaçta zayıflık yaratacak tabakalanma veya yüzeyler var ise mümkün olduğunca bu yüzeyler üzerinde deneye gidilmelidir.

REFERANSLAR

Ameratunga J.J.P., A Numerical Assessment of Pressuremeter Testing in Soft Rock, Ph.D. Thesis, Monash University, Melbourne (1986)

Baba K., In Situ Tests of Dams Foundations, *Proc. Int. Symp. on Soil and Rock Investigations by In-Situ Tests*, Paris (1983) Vol. II, pp: 437-441.

Baguelin F., Jezequel J.F., Shields D.H., *The Pressuremeter and Foundation Engineering*, Trans Tech Publications, Clausthal, Germany (1978). p.611.

Brand E.W., Phillipson H.B., Borrie G.W., Clower A.W., In Situ Shear Tests on Hong Kong Residual Soils, *Proc. Int. Symp. on Soil and Rock Investigations by In-situ Testing*, Paris, (1983) Vol. II, pp:13-17.

Brawner C.O., Pentz D.L., Sharp J.C., "Stability Studies of a Football Slope in Layered Coal Deposit, *Proc. 13 th Sym. on Rock Mechanics, ASCE* (1972) pp: 329-365.

Chiu H.K., Johnston I.W. The Effects of Drainage Conditions and Confining Pressures on the Strength of Melbourne Mudstone, *Proc. 3rd Aust. - N.Z. Geomech. Conf.*, Wellington(1980).

Cripps J.C., v.d.(ed's) *The Engineering Geology of Weak Rock*, Proc. 26 th. Annual Conference, A.A. Balkema UK, (1993)

Ergun M.U., Erol O., Dikmen Vadisi Projesi Hoşdere Otopark Kazıları Ankrajlı Perde Duvarları Hareketleri ve Stabilite Durumu Etüd ve Değerlendirme Raporu, ODTÜ, 93-03-03-24, Ankara, (1993) s.39., Ek Rapor (1995), s.18.

Geotechnical Engineering of Hard Soil. Soft Rocks, Edited by Anagnostopulos A, F. Schlosser, R. Frank, Athens (1993) A.A. Balkema.

Haberfield C.M., The Performance of the Pressuremeter and Socketed Piles in Weak Rock, Ph.D. Thesis, Monash University, Melbourne (1987).

Haberfield C.M., Johnston I.W., A Numerical Model for Pressuremeter Testing in Soft Rock, Departmental Report, Monash University, Melbourne (1989).

Haberfield C.M., Johnston I.W., Factors Influencing the Interpretation of Pressuremeter Tests in Soft Rock, *Geotechnical Engineering of Hard soils-Soft Rocks*, Athens (1990) A.A. Balkema pp: 525-529.

Haverlañd M.L., Slebir E.J., Methods of Performing and Interpreting In-situ Shear Tests, *Proc. 13 th Symp. on Rock Mechanics*, ASCE, (1971) pp: 107-137.

Hoek E., Bray J.W., *Rock Slope Engineering*, Inst. of Mining and Metallurgy London (1981) .

Hoek E., Brown E.T., *Underground Excavations in Rock*, The Institution of Mining and Metallurgy, London, (1980)

ISRM, Suggested Methods for Determining Shear Strength, International Society for Rock Mechanics, Committee on Field Tests, Document No. 1, (1974) p. 23

Jain S.P. Gupta R.C., In-Situ Shear Test for Rockfills, *Journal of Geotechnical Engineering Division ASCE* Vol.100. (1974) p.1031-1050.

James P.M., In-Situ shear tests at Muda Dam, *Proc. Conf. on In:Situ Investigations in Soils and Rocks*, BGS, London (1970) pp:75-81.

Ladanyi B. Archambault G., Simulation of Shear Behaviour of a Jointed Rock Mass in W.H. Somerton (Ed.). *Rock Mechanics - Theory and Practical AIME of SME* New York, (1970) p.105-125.

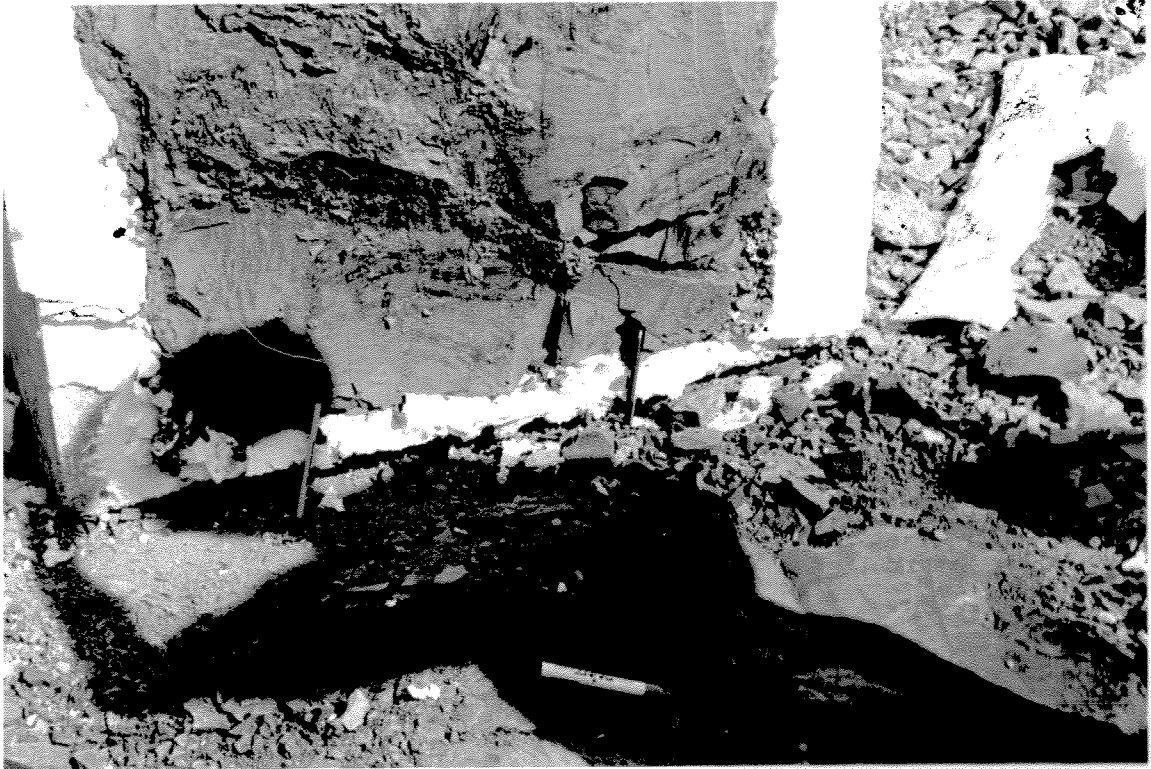
Mair R.J., Wood D.M., *Pressuremeter Testing*, Butterworths (1987). 160 p.

Özgenoğlu A., "In-situ Shear Testing of Blasted Rock Mass Associated with a Slope Stability Analysis" *Proc. Int. Conf. on Mechanics of Jointed and Faulted Rock*, Balkema, (1990) pp:365-370.

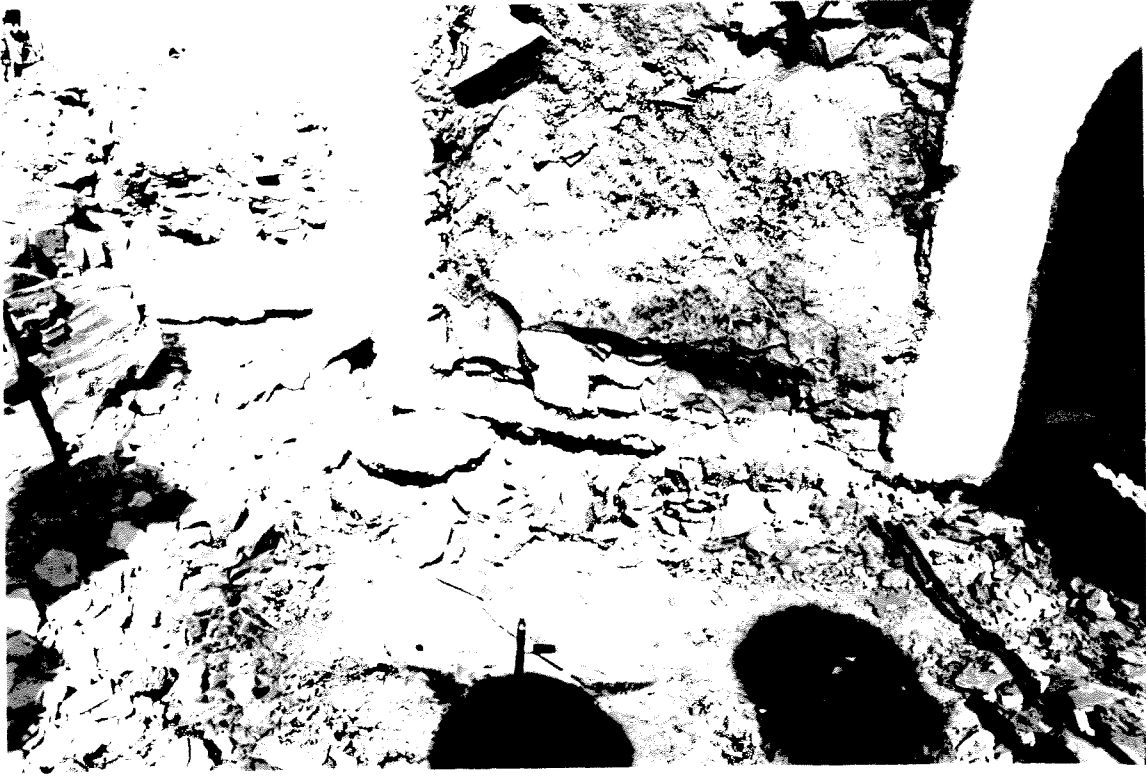
Serafim J.L., Lopes J.B., "In-situ Shear Tests and Triaxial Tests on Foundation Rocks," *Proc. V. ICSMFE*, Vol IV, (1961) pp:553-560.



Şekil E1.1 Deney Yerinde (km 12+100) Formasyonun Görünüşü



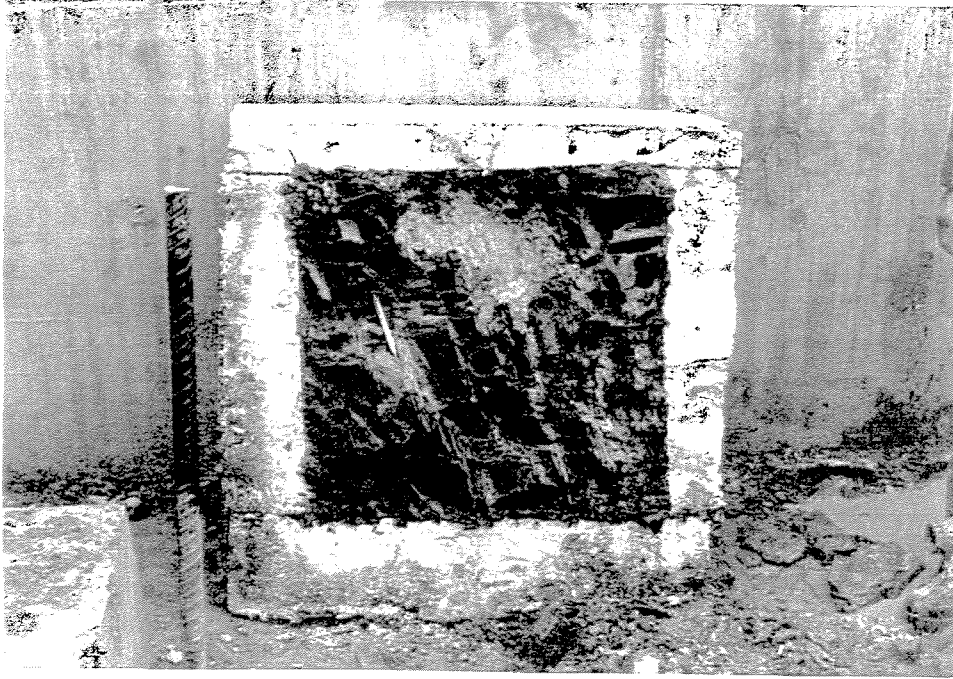
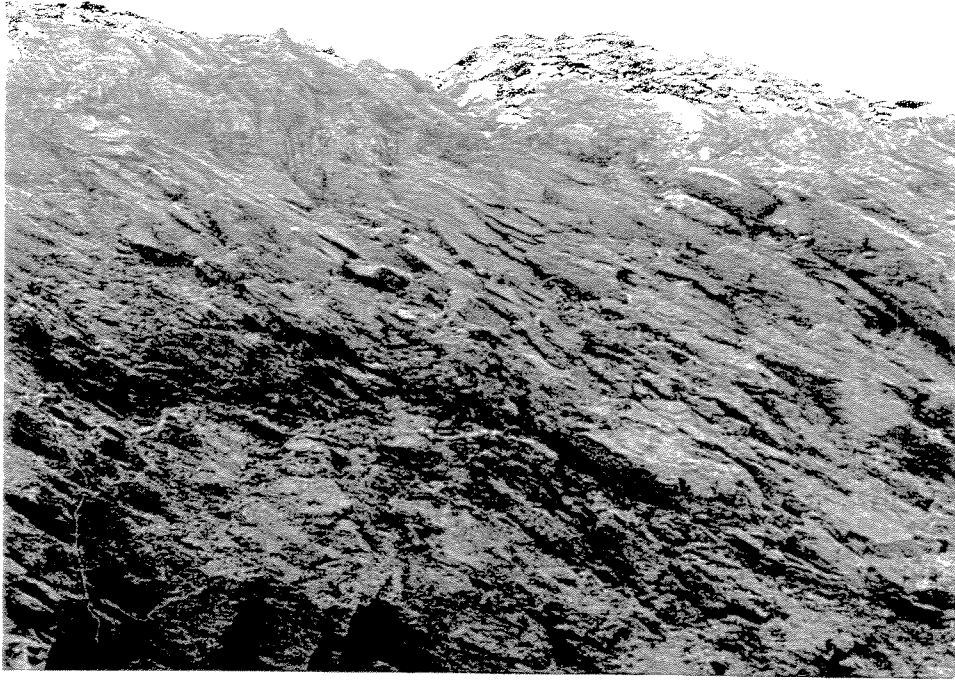
Şekil E1.2 km 12+600 de 1 No.lu Numunenin Kesme Deneyi Sonrası Görünüşü



Şekil 91.3 : km 12+600 de 2 Nolu Numunenin Kesme Deneyi Sonrası Görünüşü



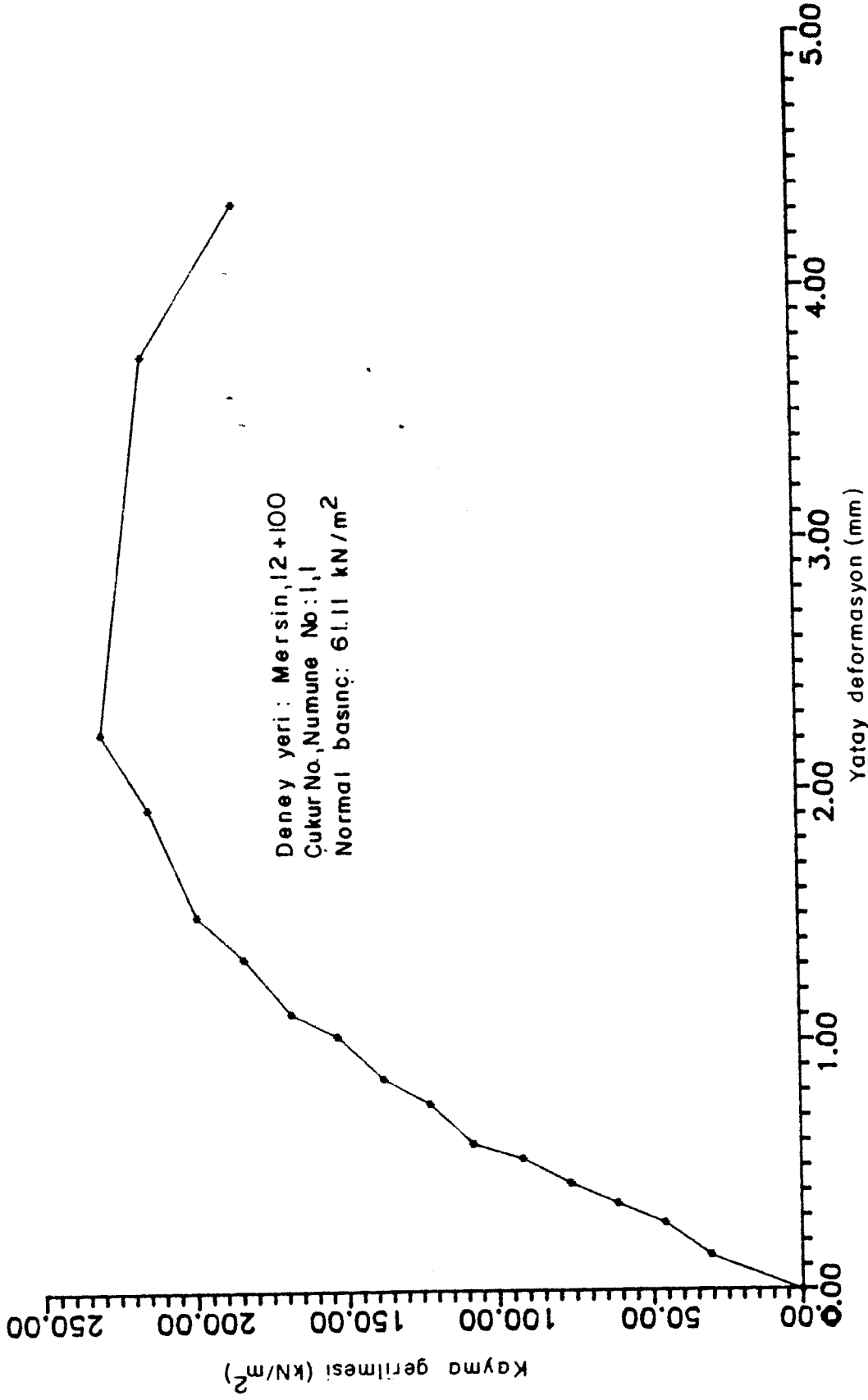
Şekil 91.1 : TAÇ Ottoyolu km 214 de Formasyonun Görünüşü



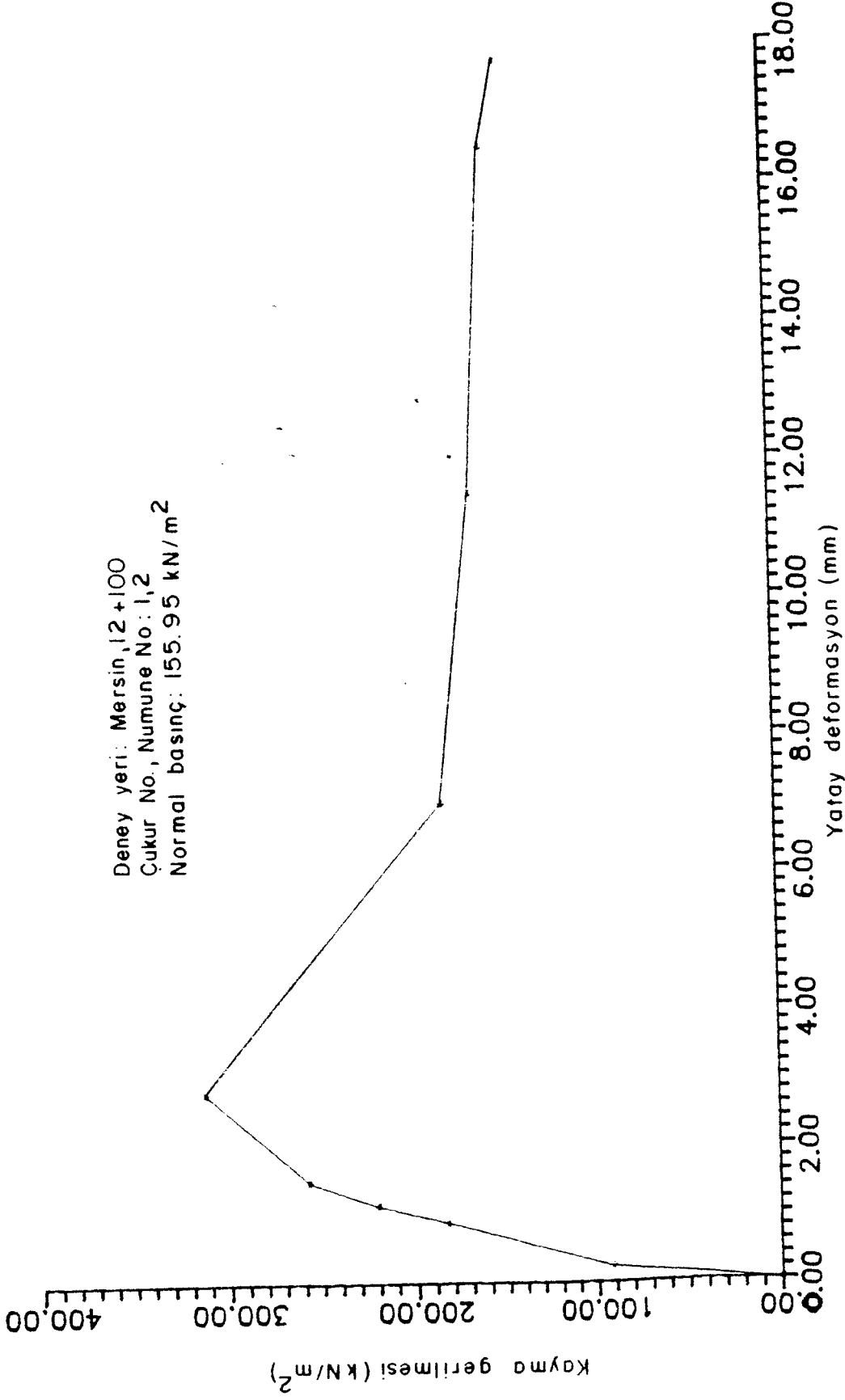
Şekil E1.5 TAG Otoyolu km 205 te Formasyonun ve Bir Numunenin Görünüşü



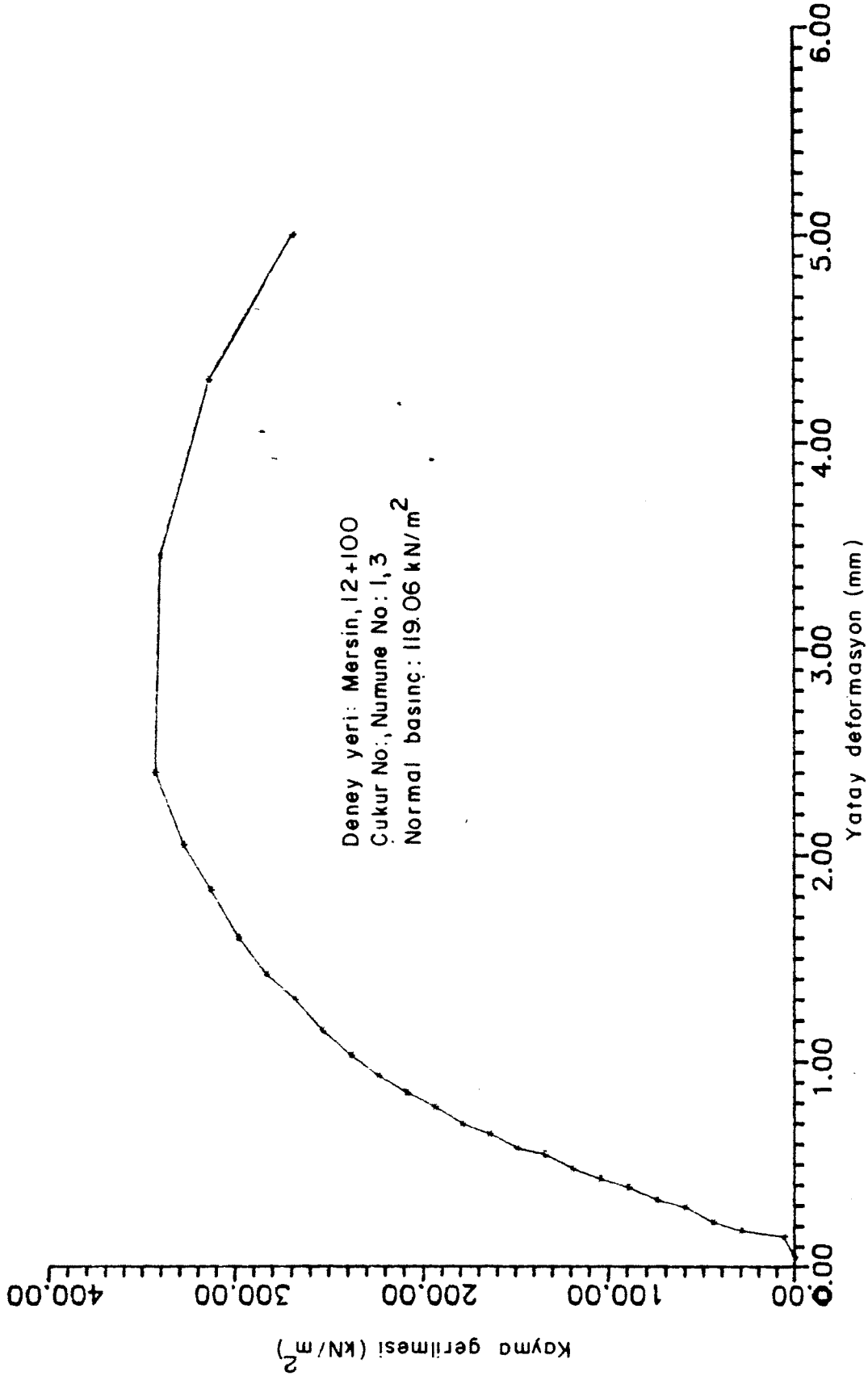
Şekil E1.6 Ankara Dikmen Vadisi Son Grup Numunelerden
İkisinin Görünüşü



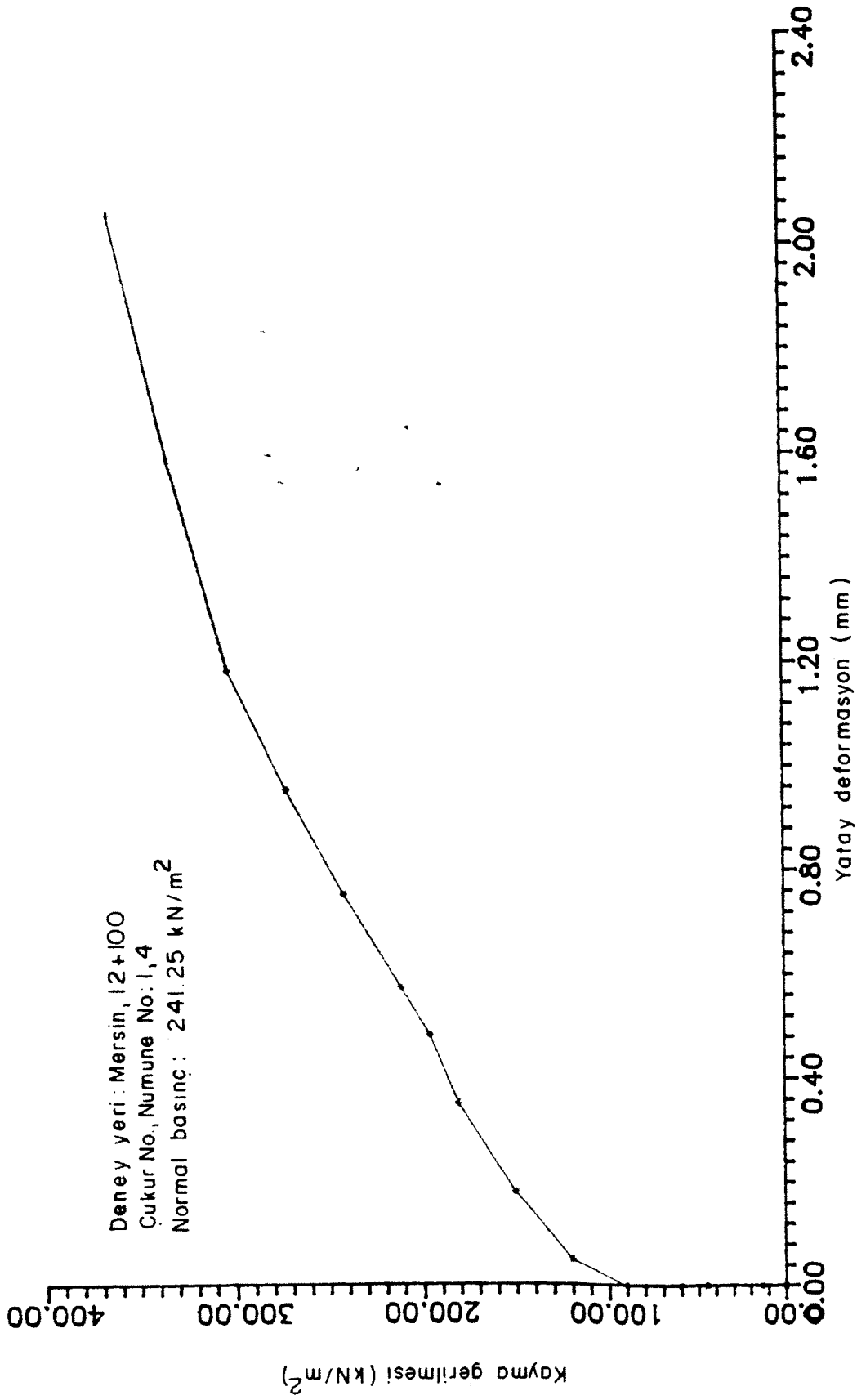
Şekil E2.1-E2.4 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+100, No.1-4 Direkt
 Kesme Numuneleri Kayma Gerilmesi
 Yatay Deformasyon Grafikleri



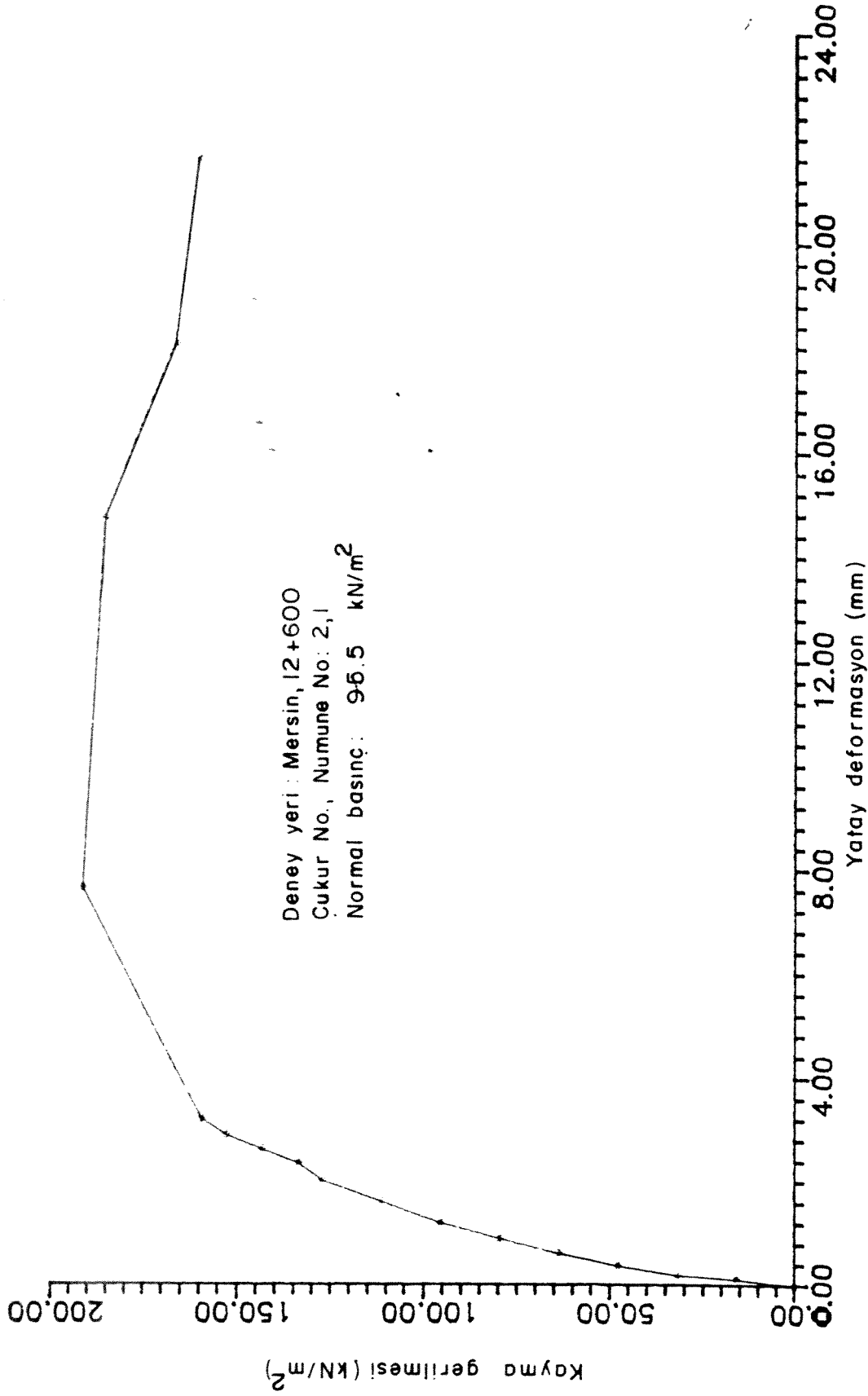
Şekil E2.1-E2.4 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+100, No.1-4 Direkt
Kesme Numuneleri Kayma Gerilmesi
Yatay Deformasyon Grafikleri



Şekil E2.1-E2.4 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+100, No.1-4 Direkt Kesme Numuneleri Kayma Gerilmesi Yatay Deformasyon Grafikleri

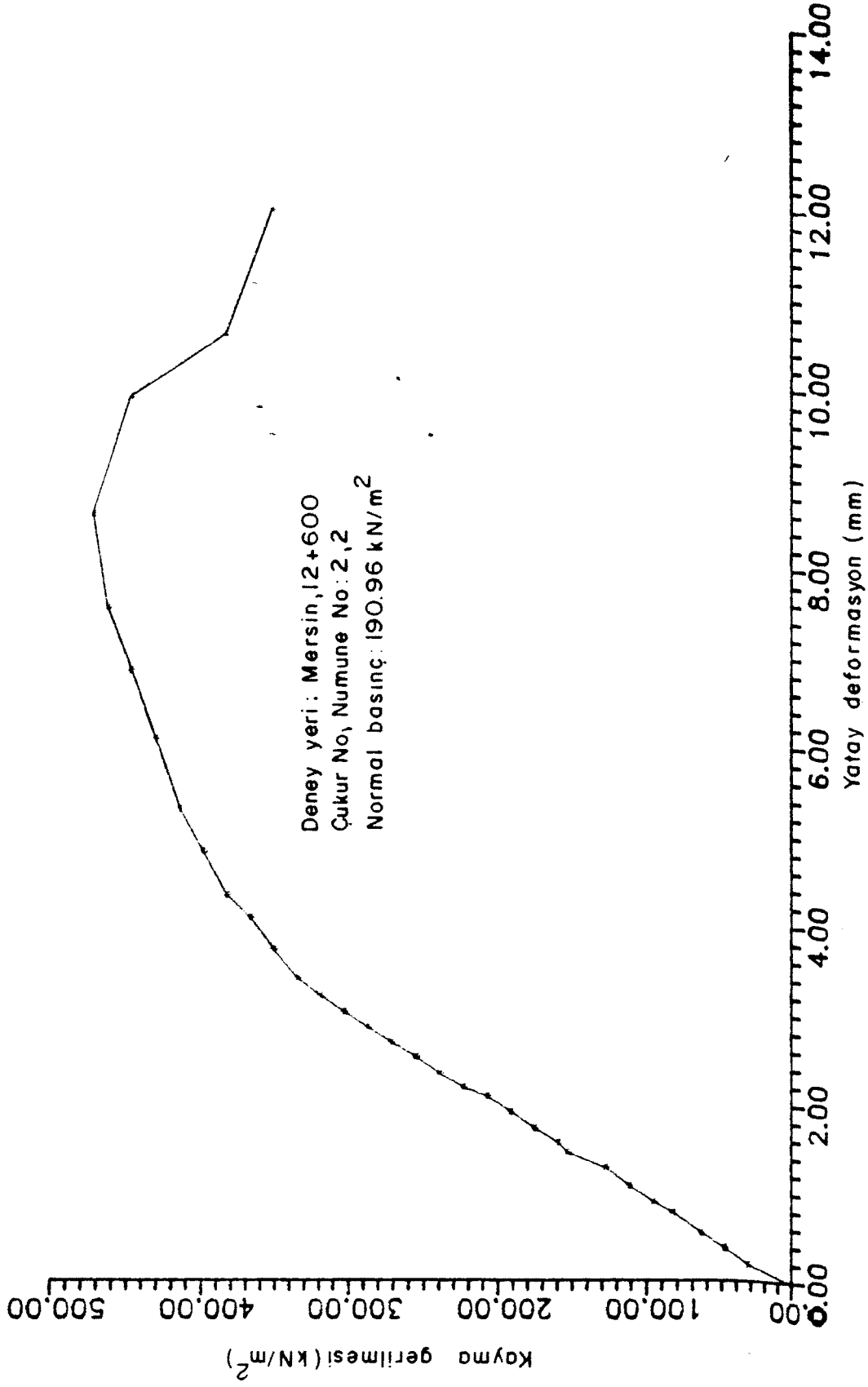


Şekil E2.1-E2.4 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+100, No.1-4 Direkt
Kesme Numuneleri Kayma Gerilmesi
Yatay Deformasyon Grafikleri

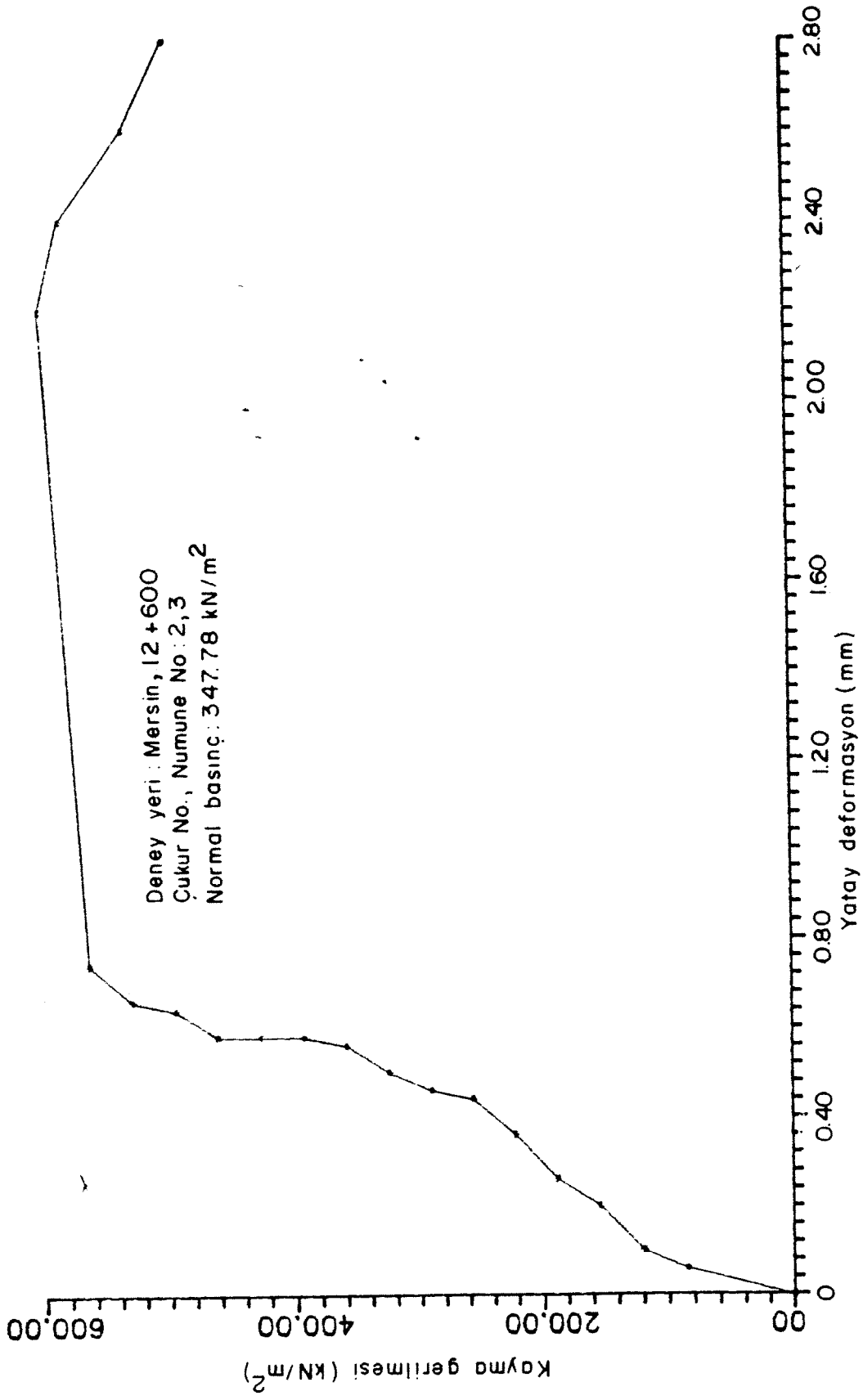


Deney yeri : Mersin, 12+600
 Çukur No., Numune No: 2,1
 Normal basınç: 95.5 kN/m²

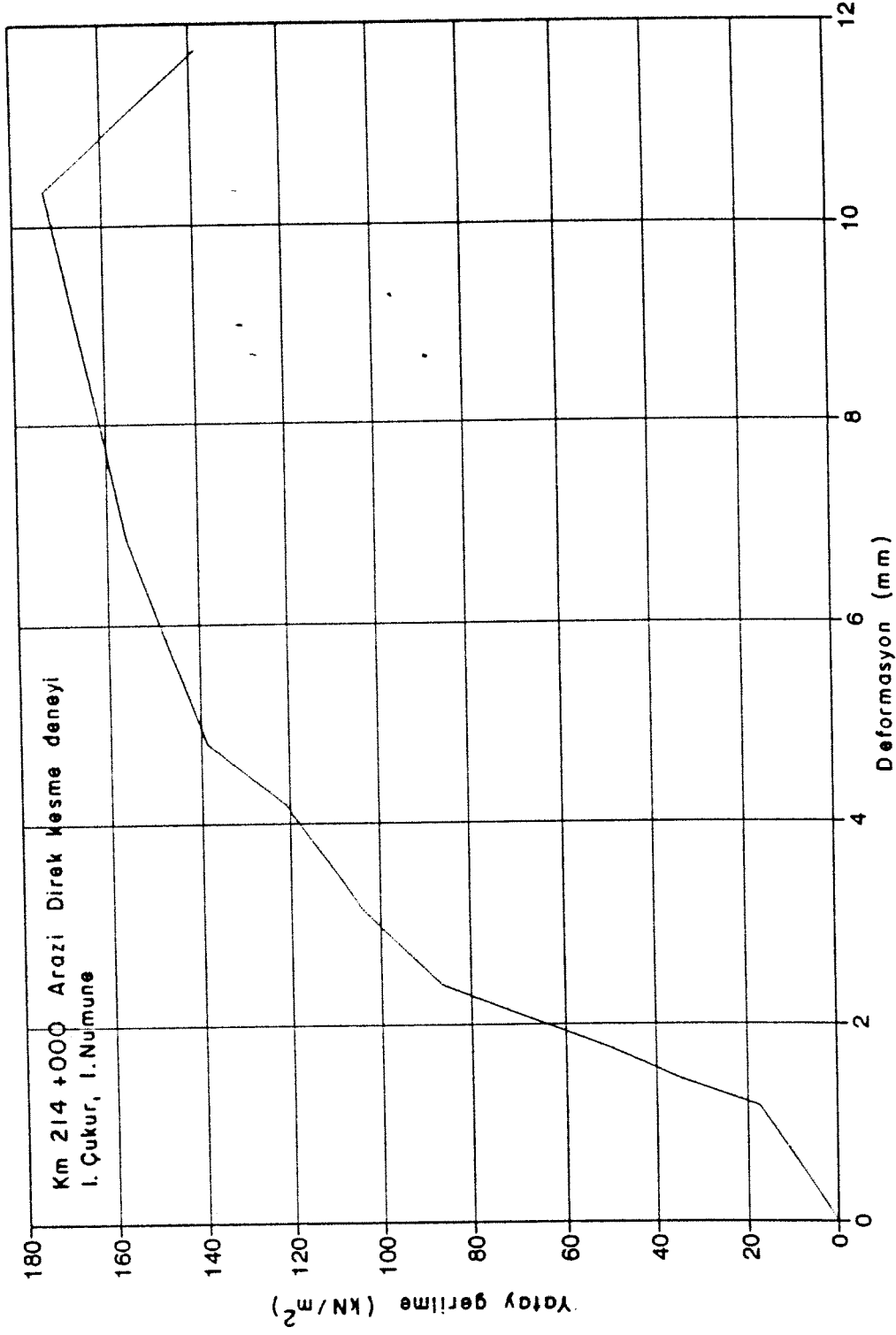
Şekil E2.5-E2.7 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+600 No.1-3 Direkt
 Kesme Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay
 Deformasyon Grafikleri



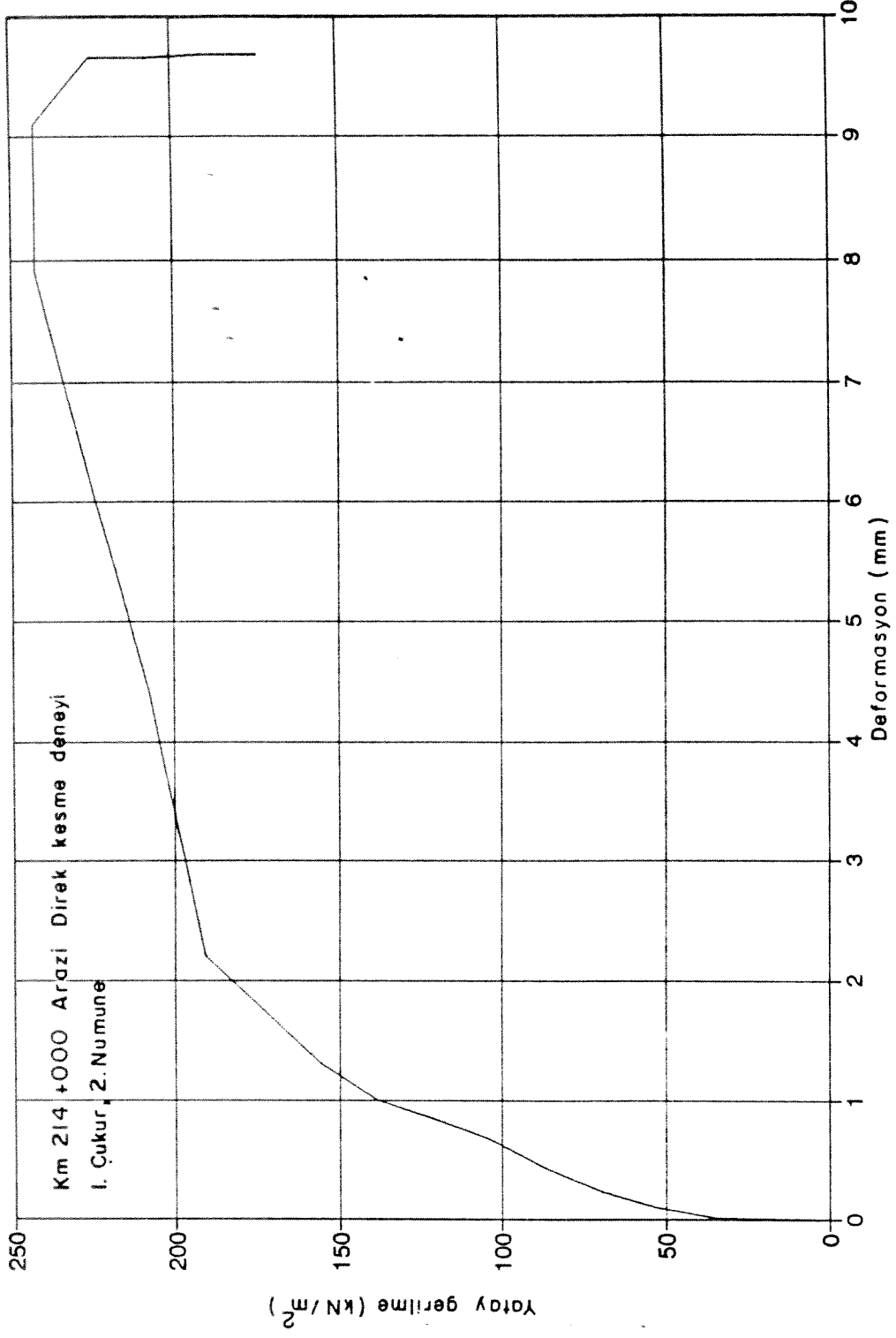
Şekil E2.5-E2.7 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+600 No.1-3 Direkt Kesme Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay Deformasyon Grafikleri



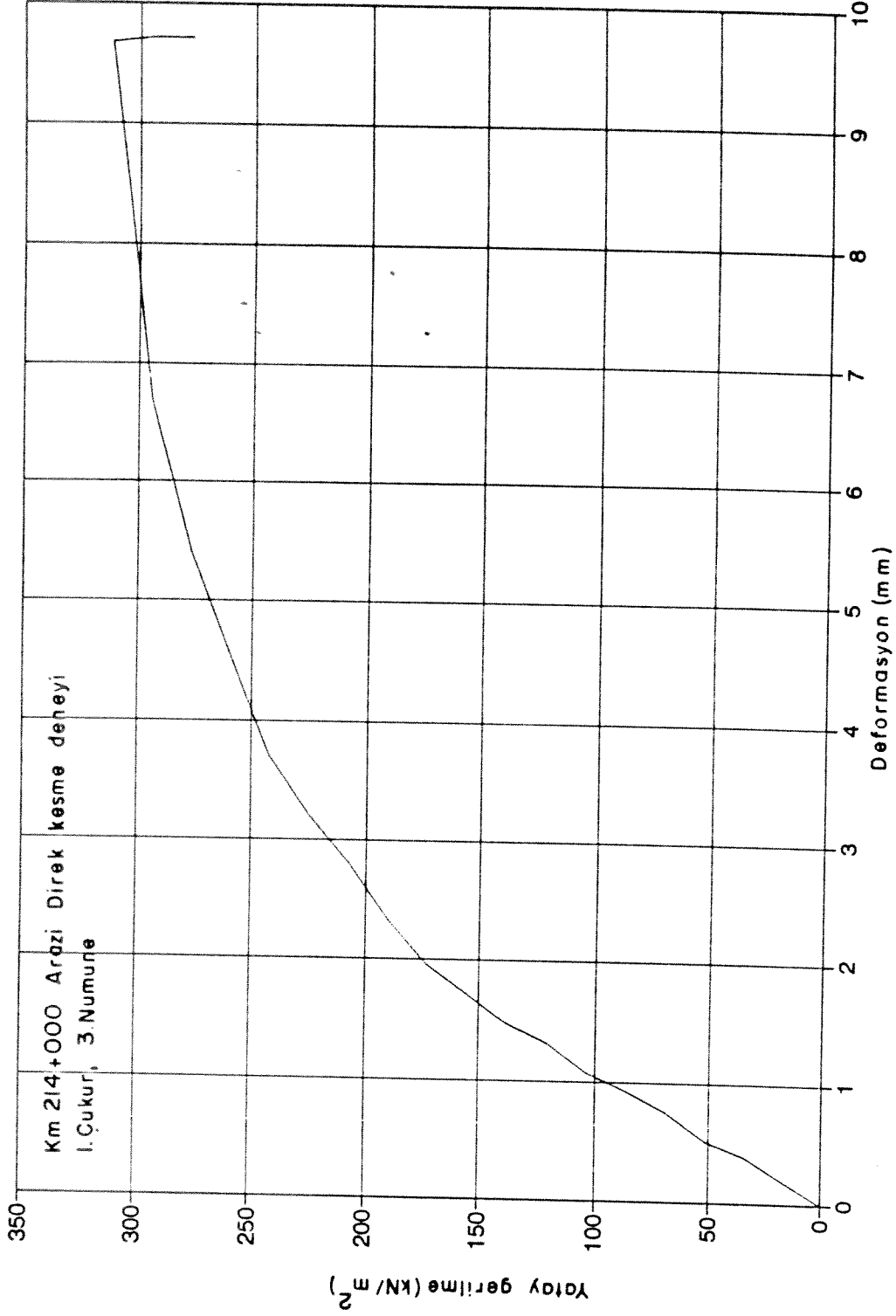
Şekil E2.5-E2.7 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+600 No.1-3 Direkt
 Keeme Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay
 Deformasyon Grafikleri



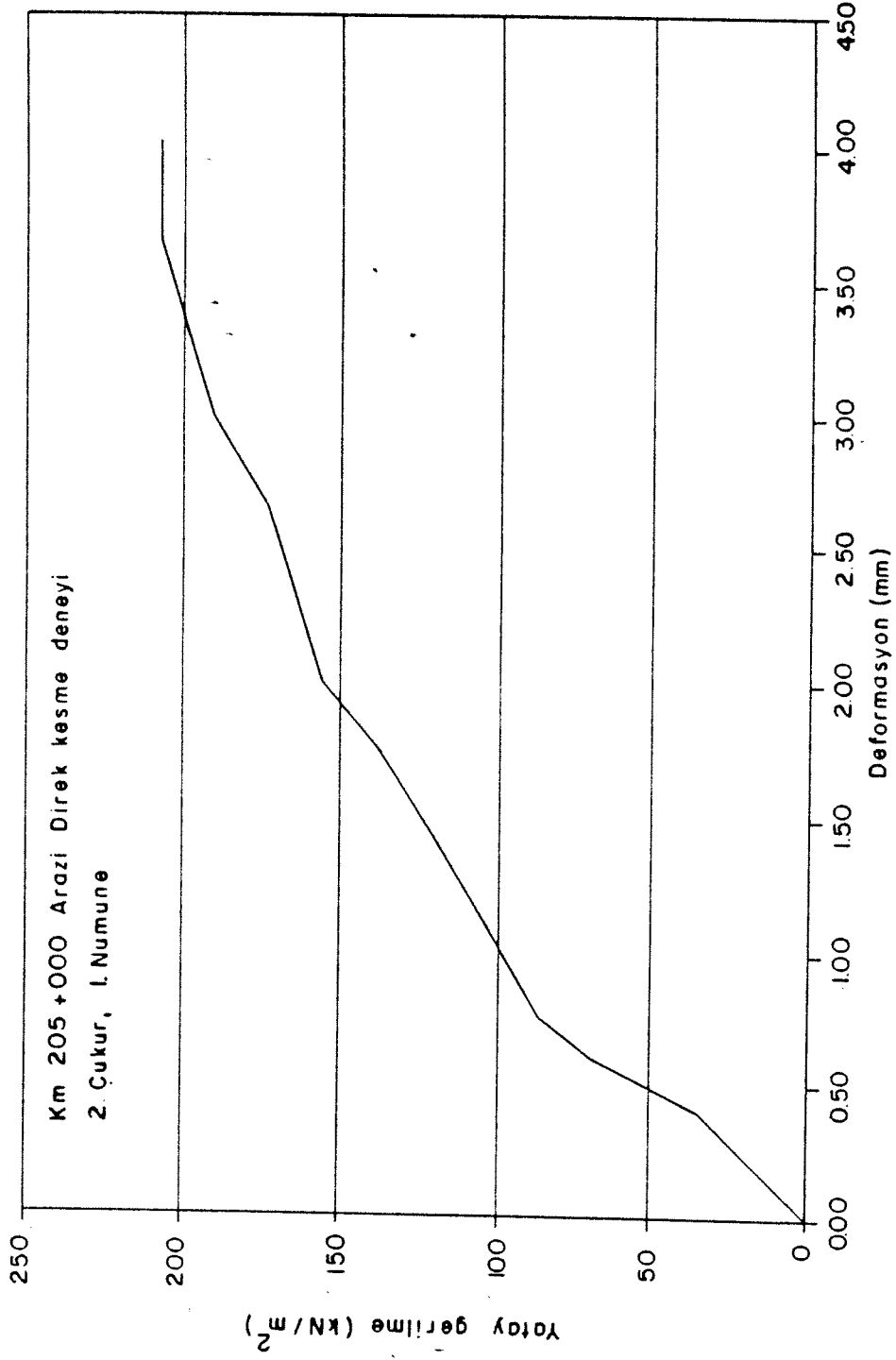
Şekil E2.8-E2.10 TAG Otoyolu km 214 No.1-3 Direkt Kesme
Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay
Deformasyon Grafikleri



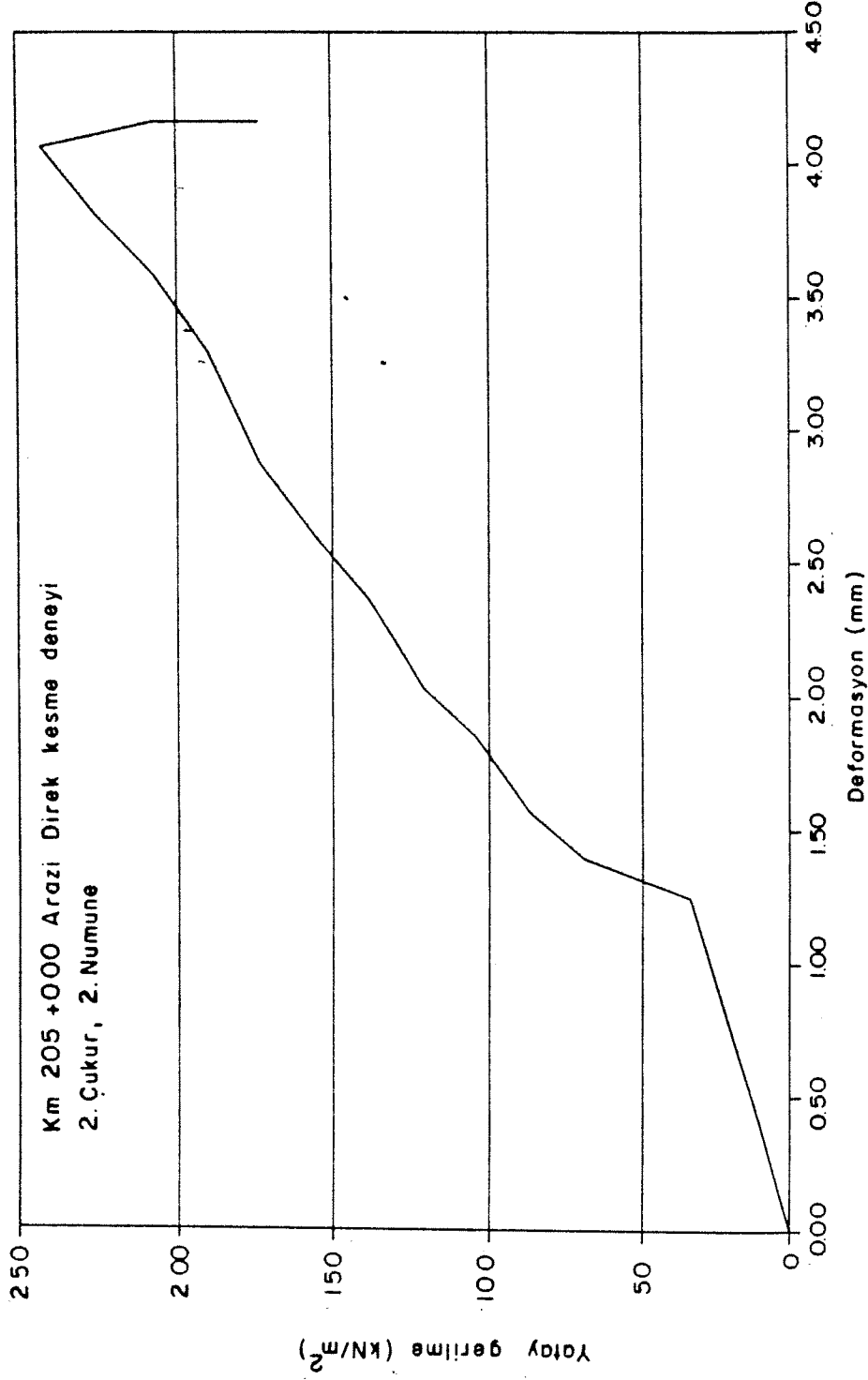
Şekil E2.8-E2.10 TAG Otoyolu km 214 No.1-3 Direkt Kesme Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay Deformasyon Grafikleri



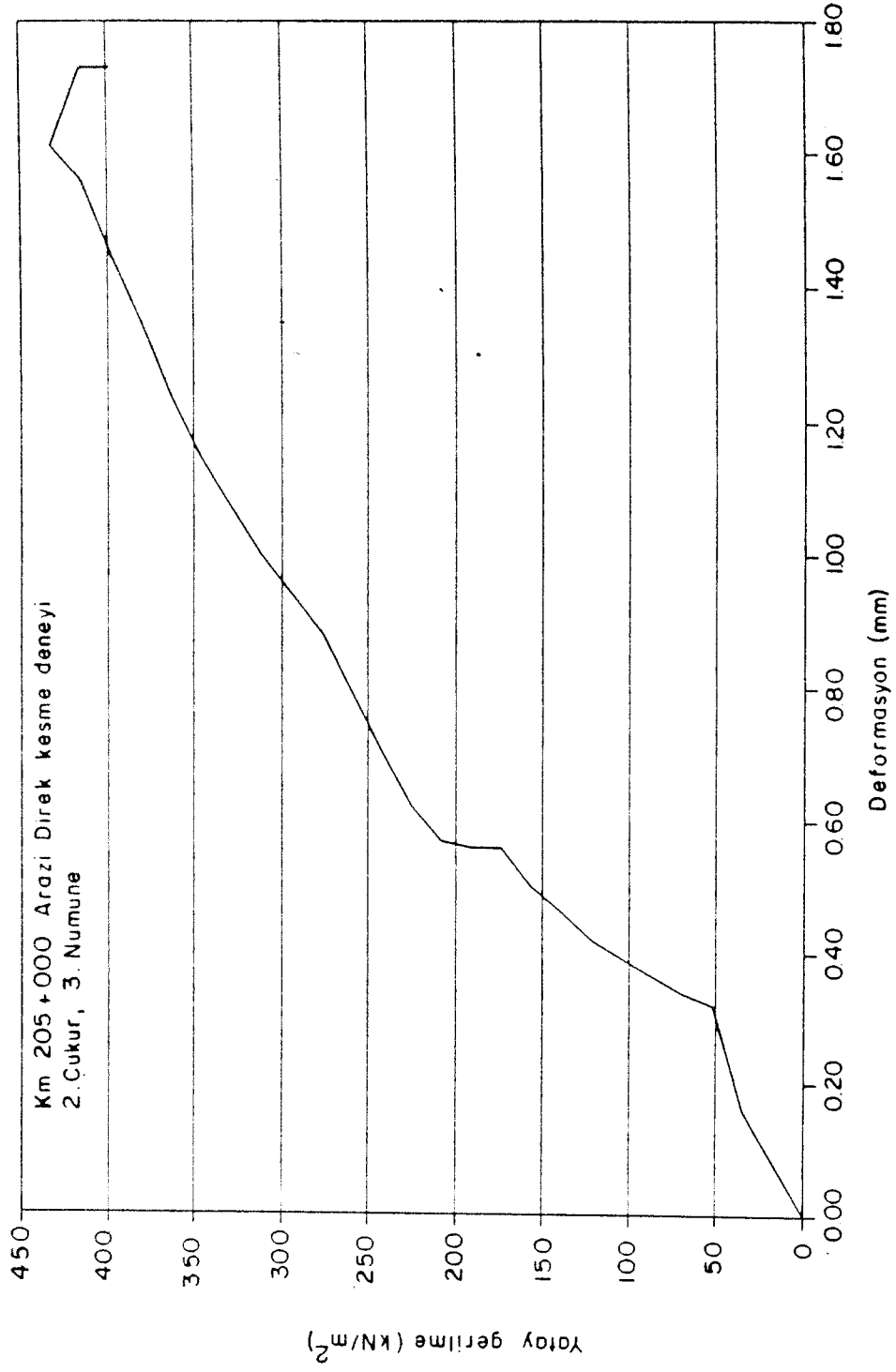
Şekil E2.8-E2.10 TAG Otoyolu km 214 No.1-3 Direkt Kesme
Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay
Deformasyon Grafikleri



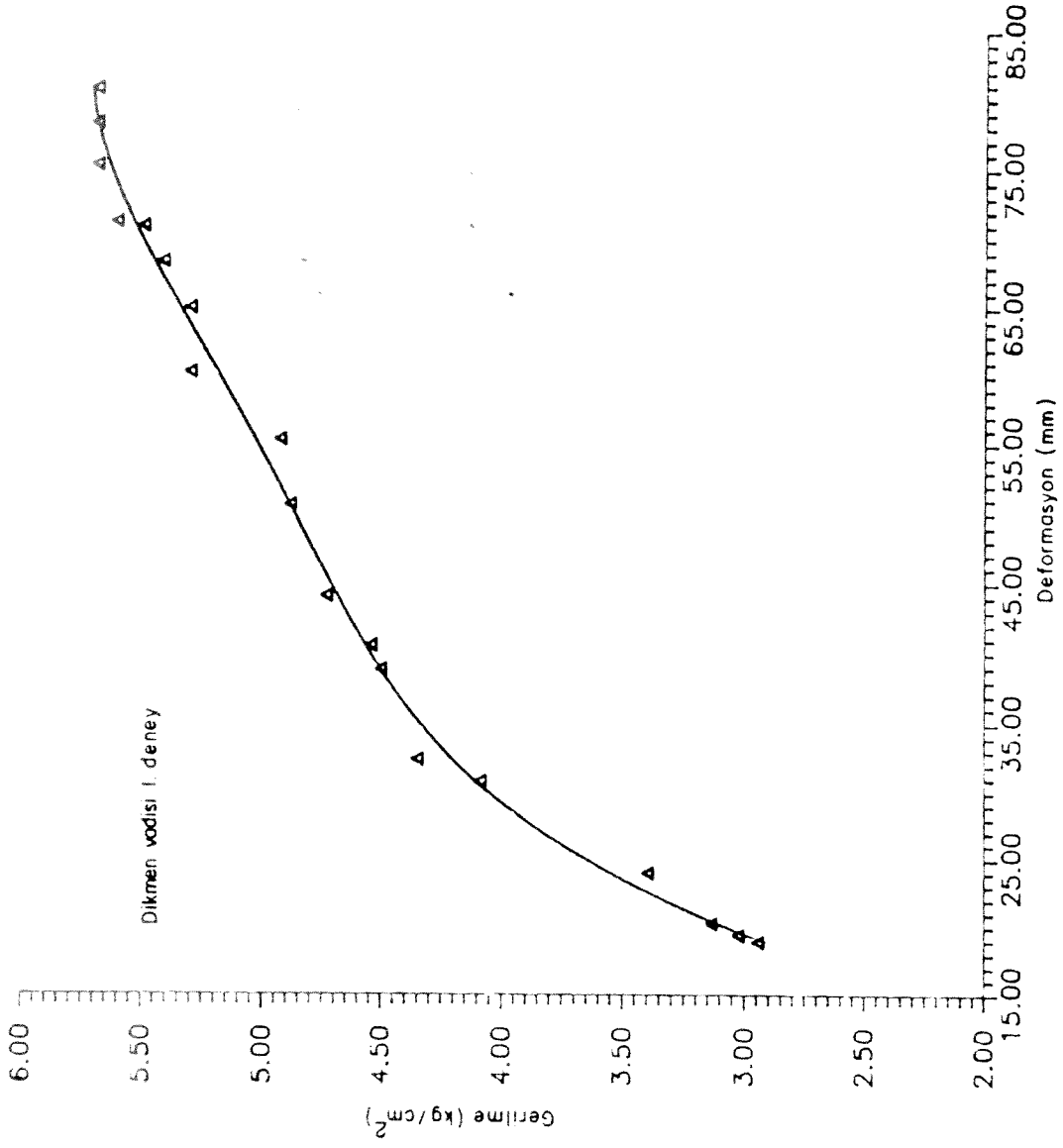
**Şekil E2.11-E2.13. TAG Otoyolu km 205 No. 1-3 Direk Kesme
Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay
Deformasyon Grafikleri**



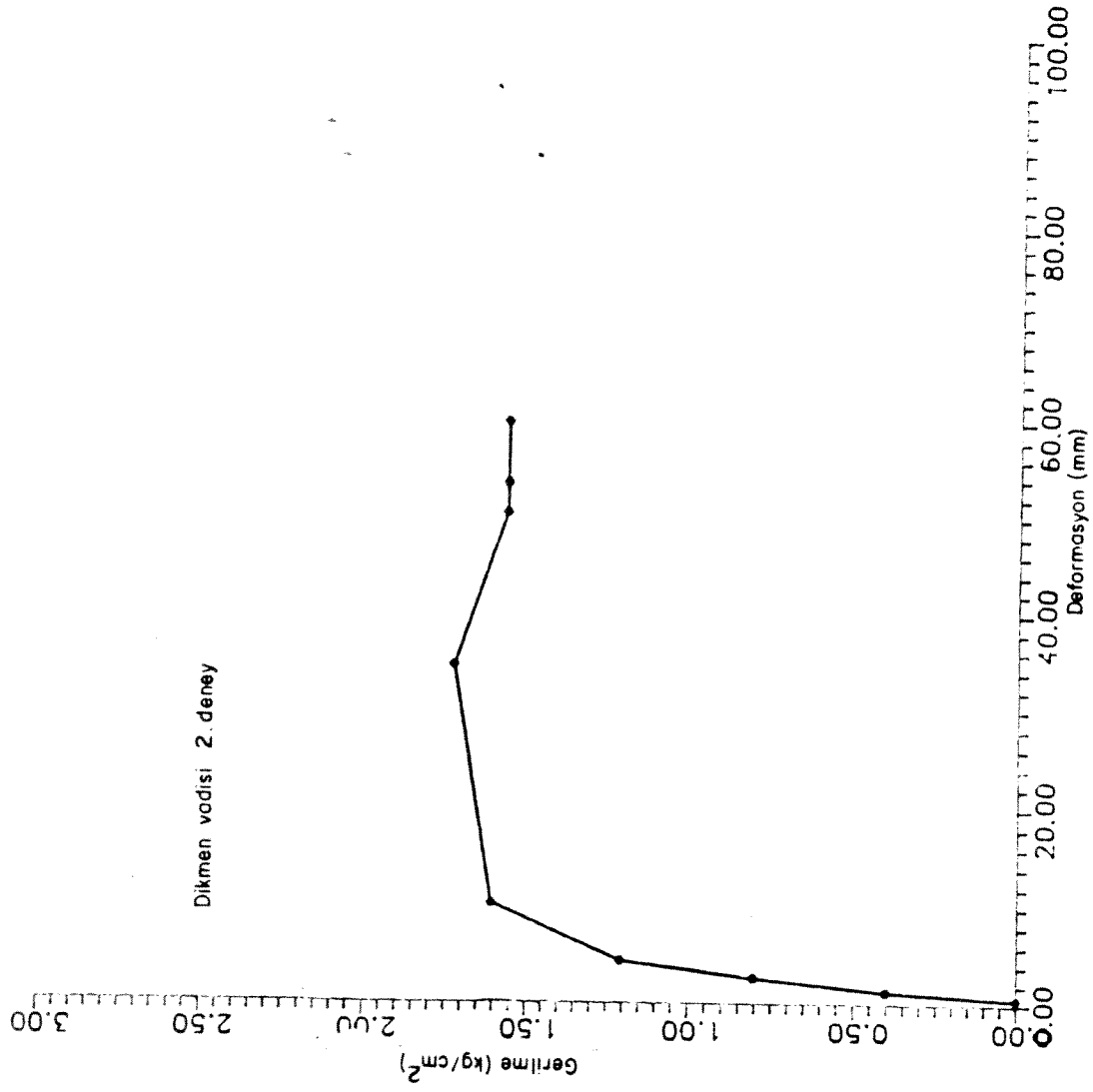
Şekil E2.11-E2.13. TAG Otoyolu km 205 No. 1-3 Direkt Kesme
Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay
Deformasyon Grafikleri



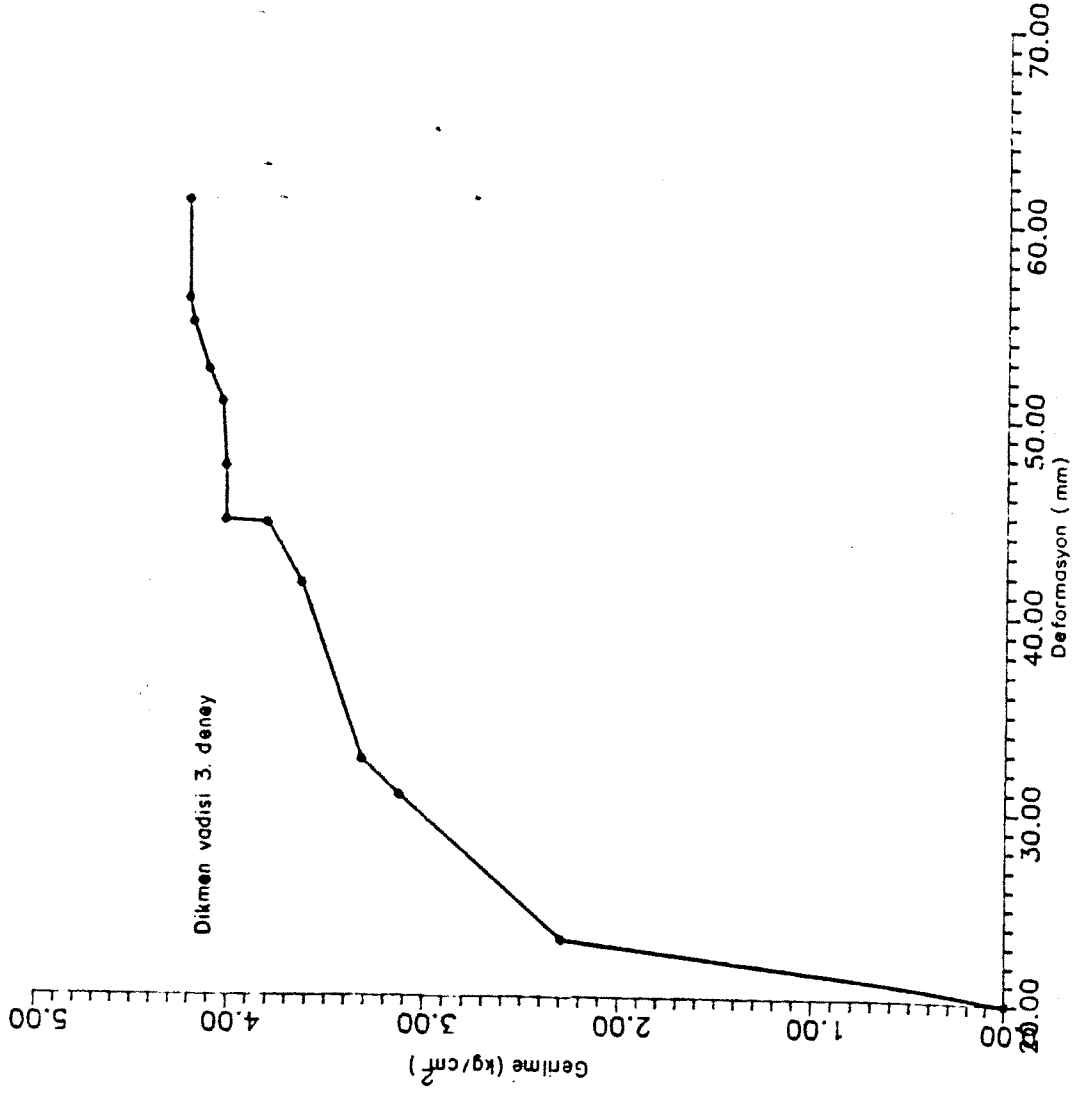
Şekil E2.11-E2.13. TAG Otoyolu km 205 No. 1-3 Direkt Kesme
Numuneleri Kayma Gerilmesi - Yatay
Deformasyon Grafikleri



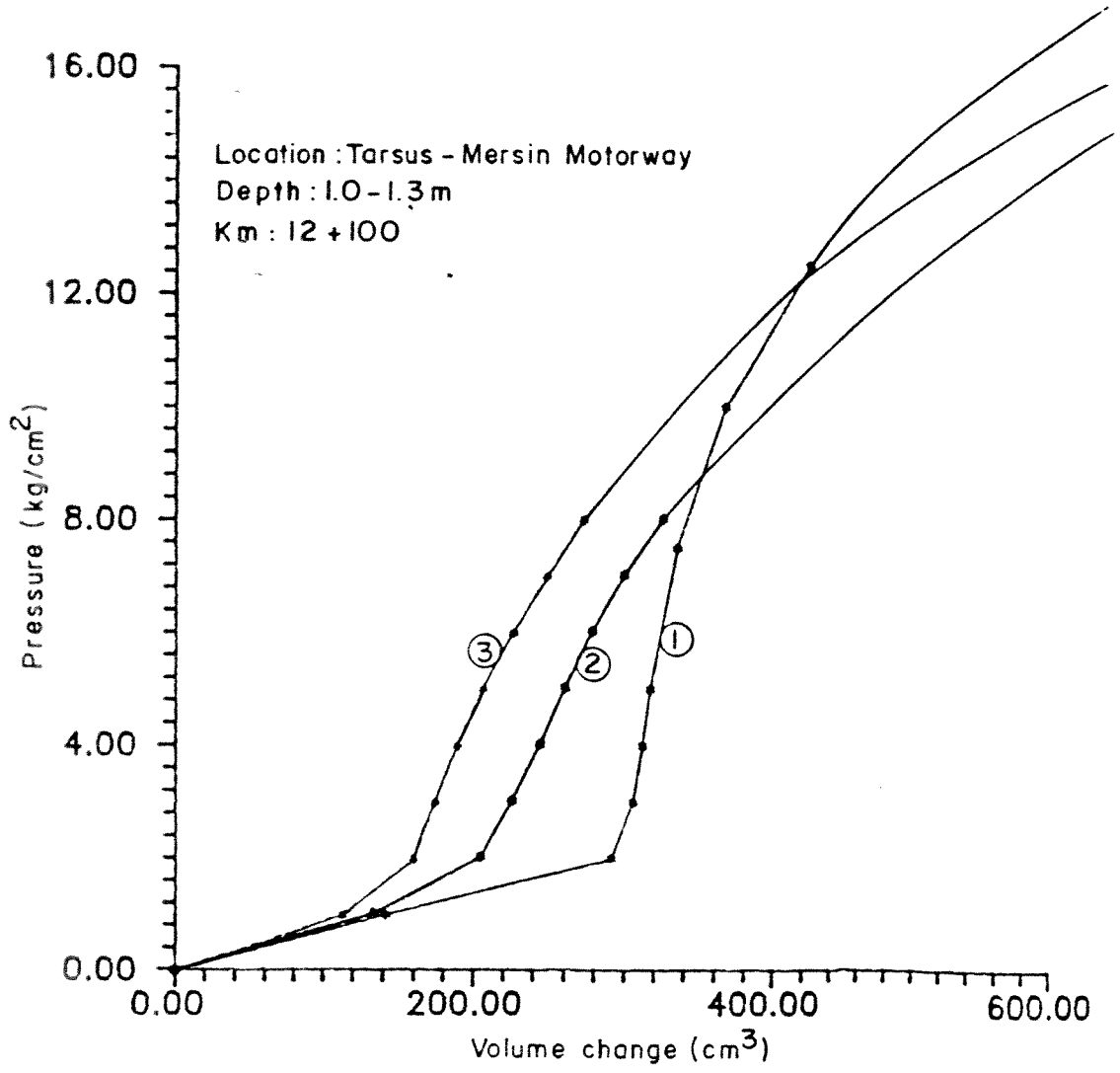
Şekil E2.14 - E2.16 Dikmen Vadisi İlk Grup Deneyler Kayma Gerilmesi - Yatay Deformasyon Grafikleri



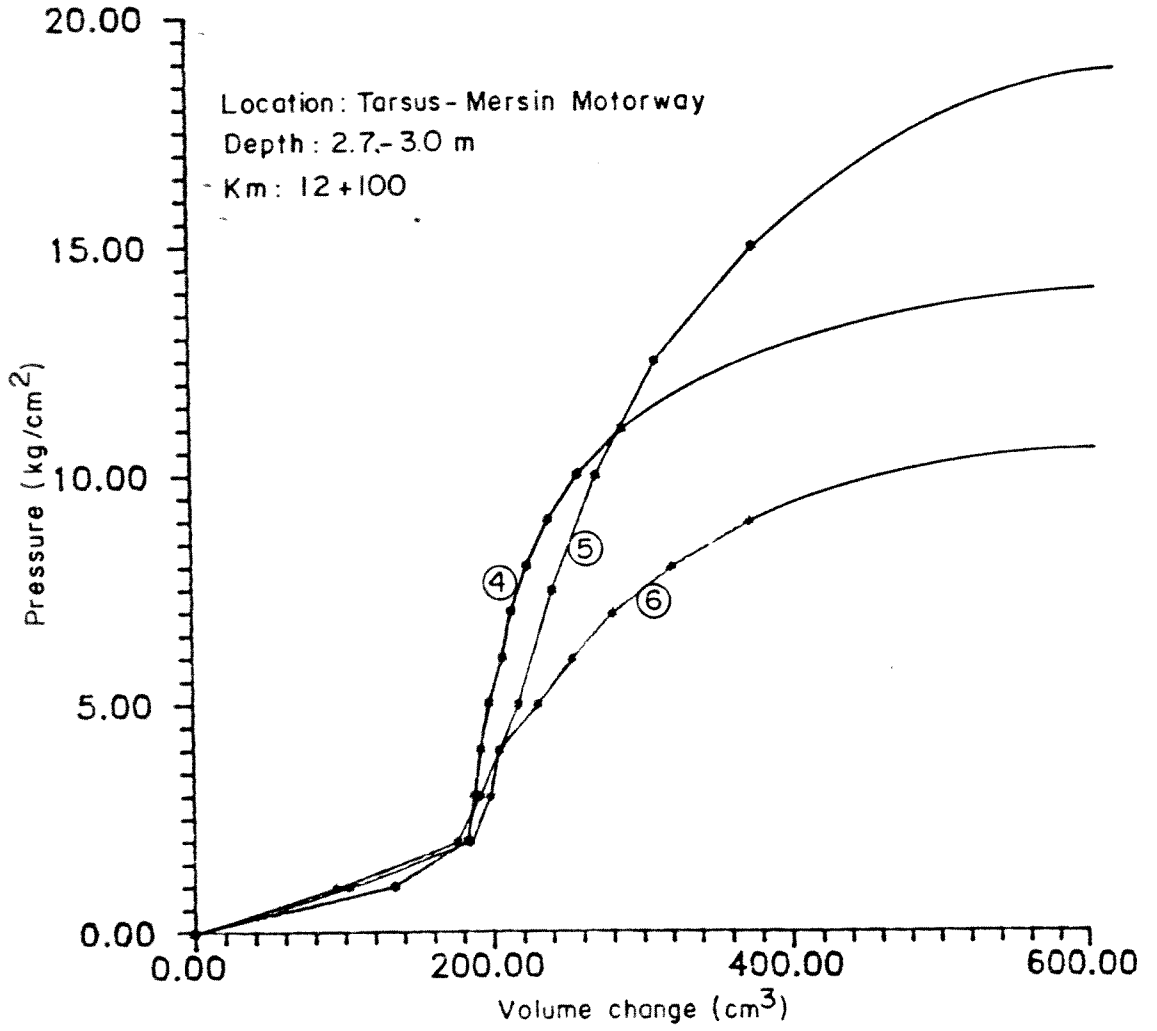
Şekil E2.14 - E2.16 Dikmen Vadisi İlk Grup Deneyler Kayma Gerilmesi - Yatay Deformasyon Grafikleri



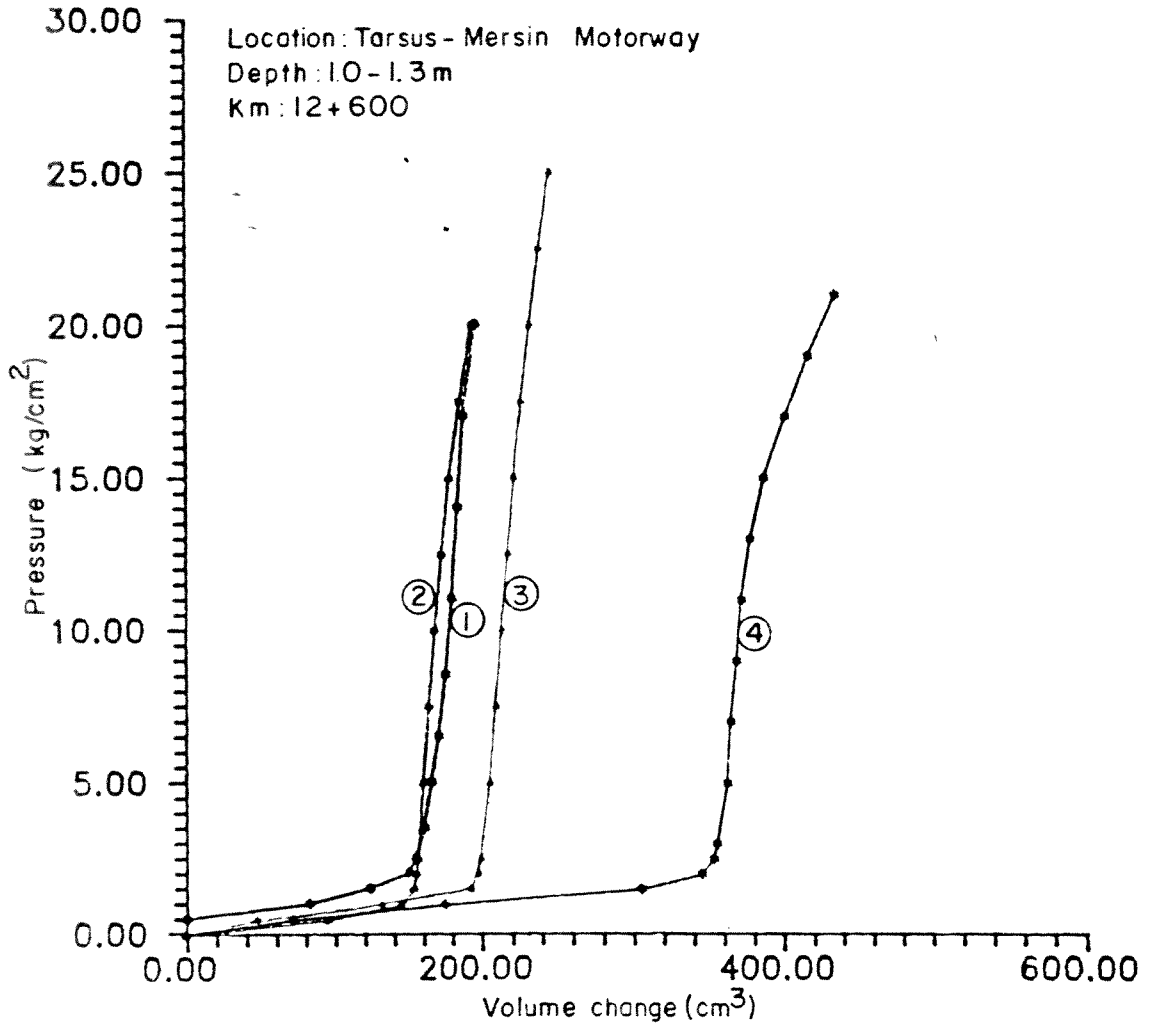
Şekil E2.14 - E2.16 Dikmen Vadisi İlk Grup Deneyler Kayma Gerilmesi - Yatay Deformasyon Grafikleri



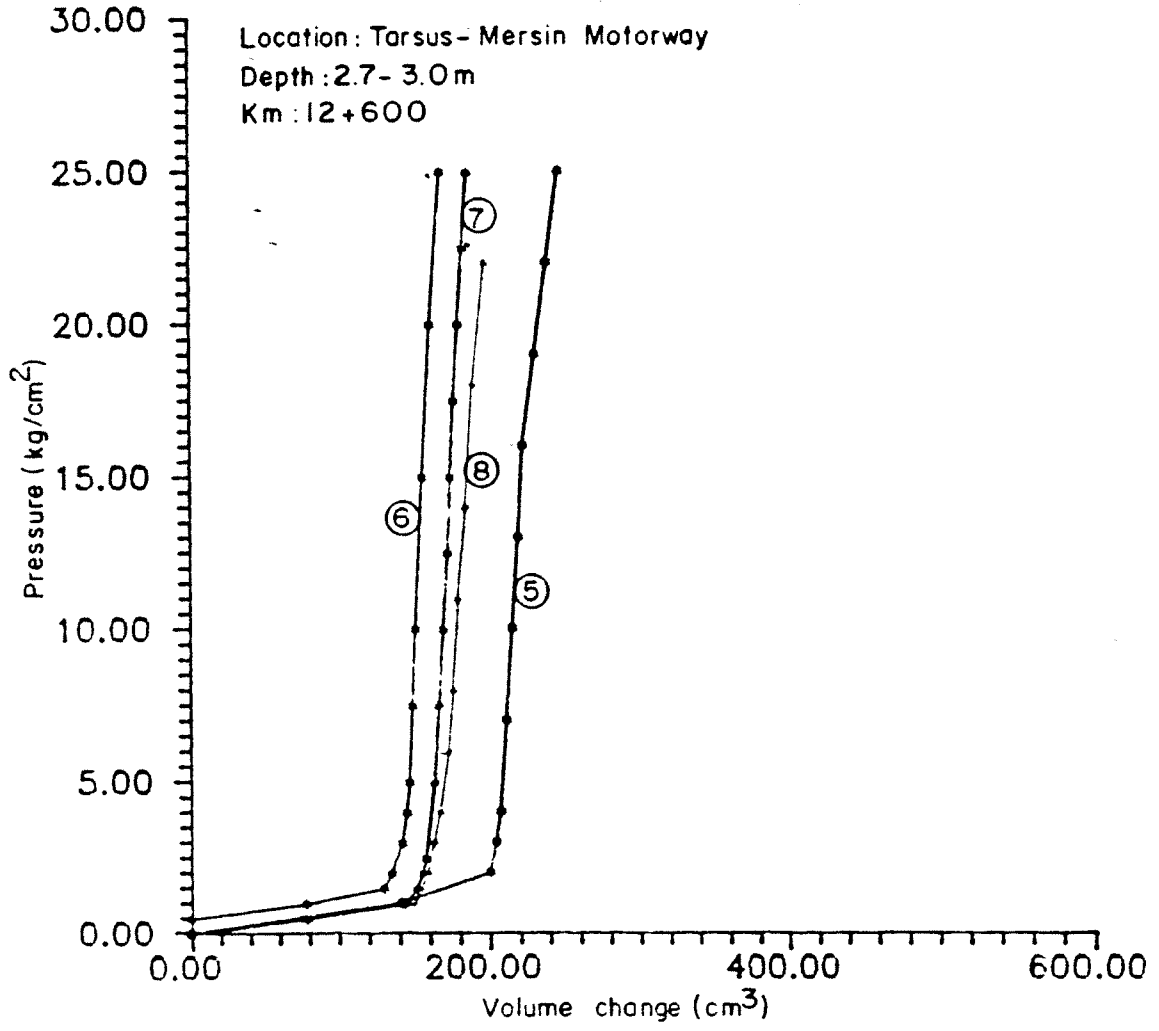
Şekil E3.1 - E3.2 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+100 No.1-6
 Pressiyometre Deney Grafikleri



Şekil E3.1 - E3.2 Tarsus-Mersin Otoyolu km 12+100 No.1-6
Pressiyometre Deney Grafikleri



Şekil E3.3 - E3.4 Tarsus - Mersin Otoyolu km 12 + 600 No. 1-8
Pressiyometre Deney Grafikleri

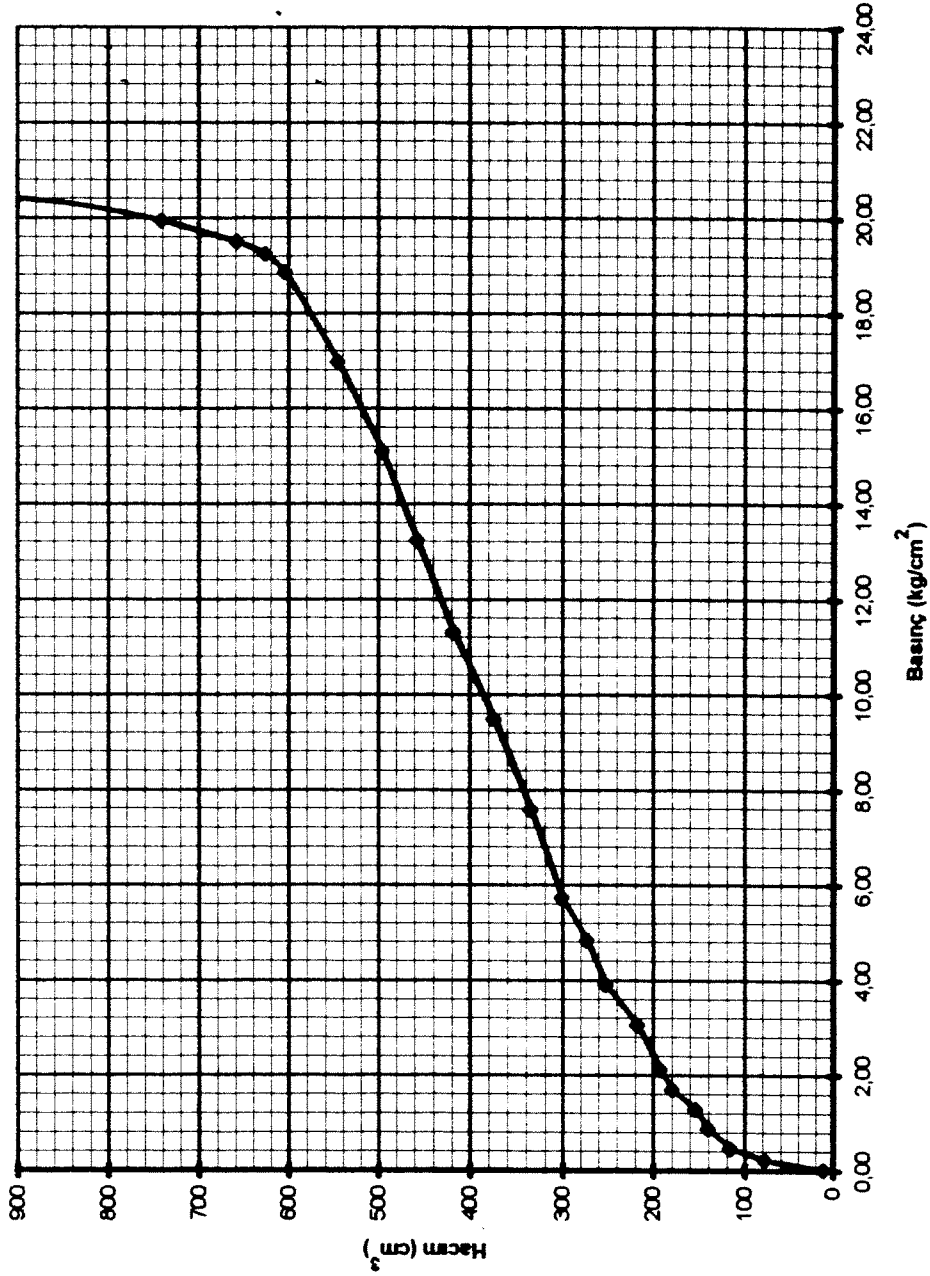


Şekil E3.3 - E3.4 Tarsus - Mersin Otoyolu km 12 + 600 No. 1-8
 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-1
Deney No :	1
Derinlik(m) :	1,00
Zemin Cinsi :	Fliş
Pi (kg/cm ²)	3,08
Pf (kg/cm ²)	11,31
PI (kg/cm ²)	20,00
PI-PI (kg/cm ²)	16,94
Vf (cm ³)	417
vi (cm ³)	217
vf-vi (cm ³)	200,00
Ep (kg/cm ²)	121
Ep/pf	6,07
PI/pf	1,77

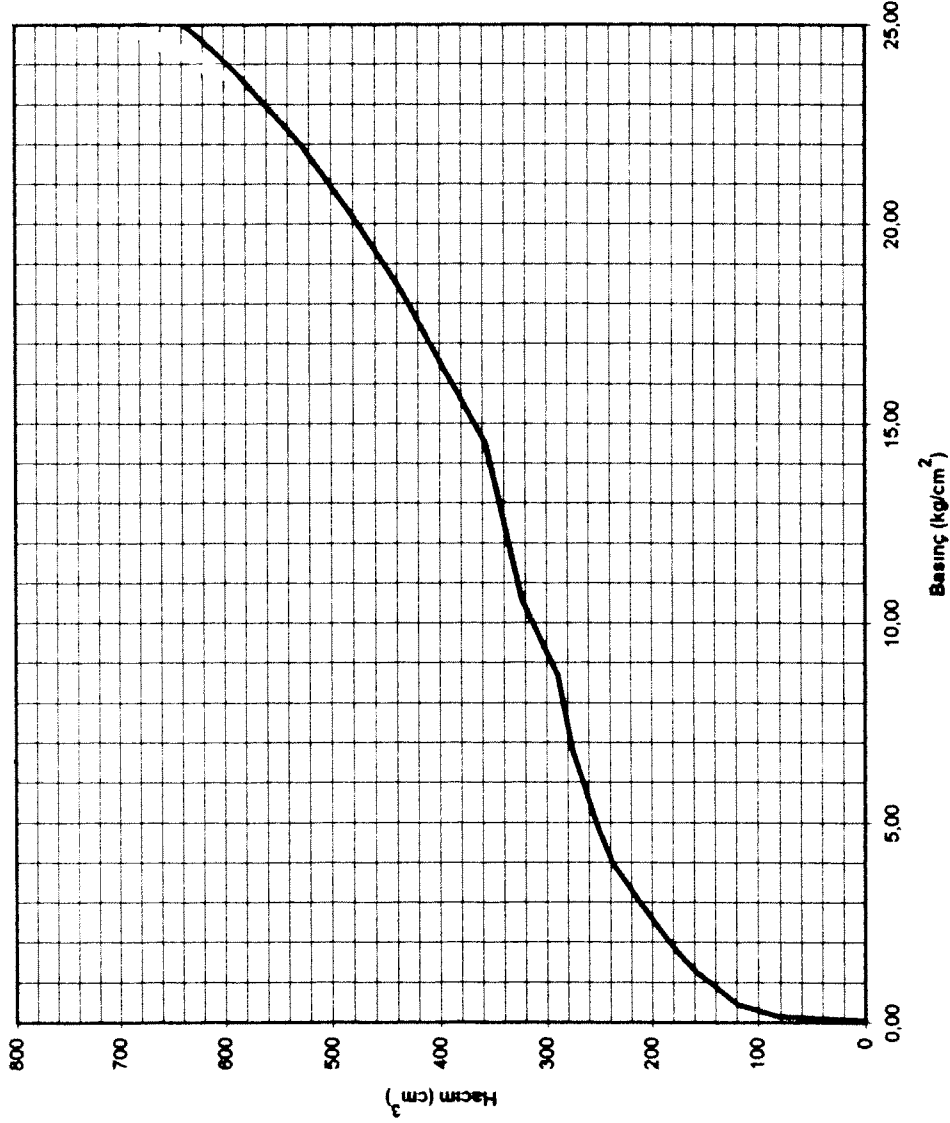


Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No	DK-1
Deney No	2
Derinlik(m)	1,70
Zemin Cinsi	Fliş
PI (kg/cm ²)	3,94
Pf (kg/cm ²)	14,48
PI (kg/cm ²)	25,00
PI-Pi (kg/cm ²)	21,06
Vf (cm ³)	356
vi (cm ³)	236
vf-vi (cm ³)	120,00
Ep (kg/cm ²)	254
Ep/pi	10,15
PI/pf	1,73



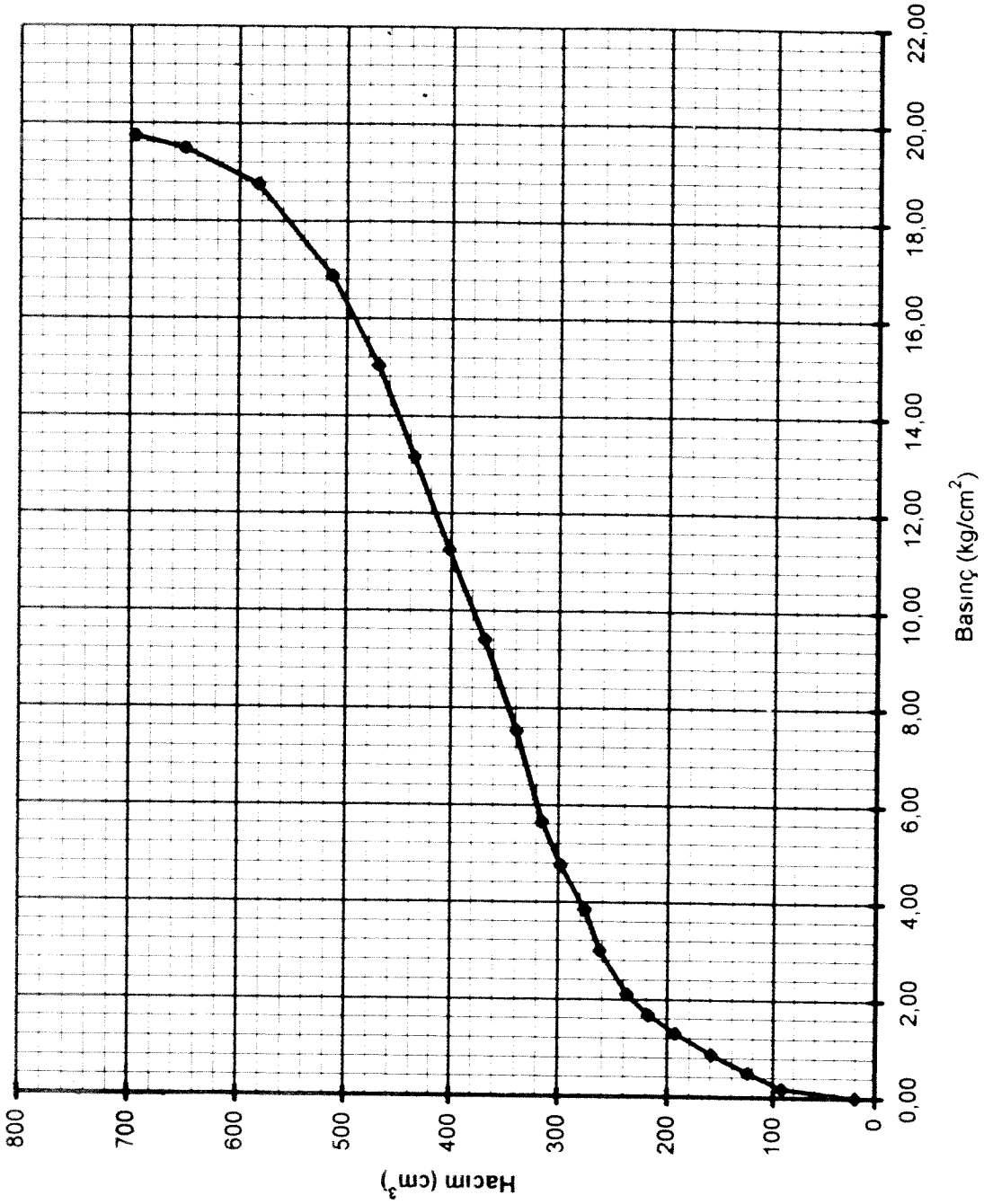
Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney

Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-I
Deney No :	3
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	flış
Pi (kg/cm ²)	3,00
Pf (kg/cm ²)	11,26
PI (kg/cm ²)	20,00
PI-PI (kg/cm ²)	17,00
vf (cm ³)	402
vi (cm ³)	262
vf-vi (cm ³)	140,00
Ep (kg/cm ²)	176
Ep/pi	8,80
PI/pf	1,78

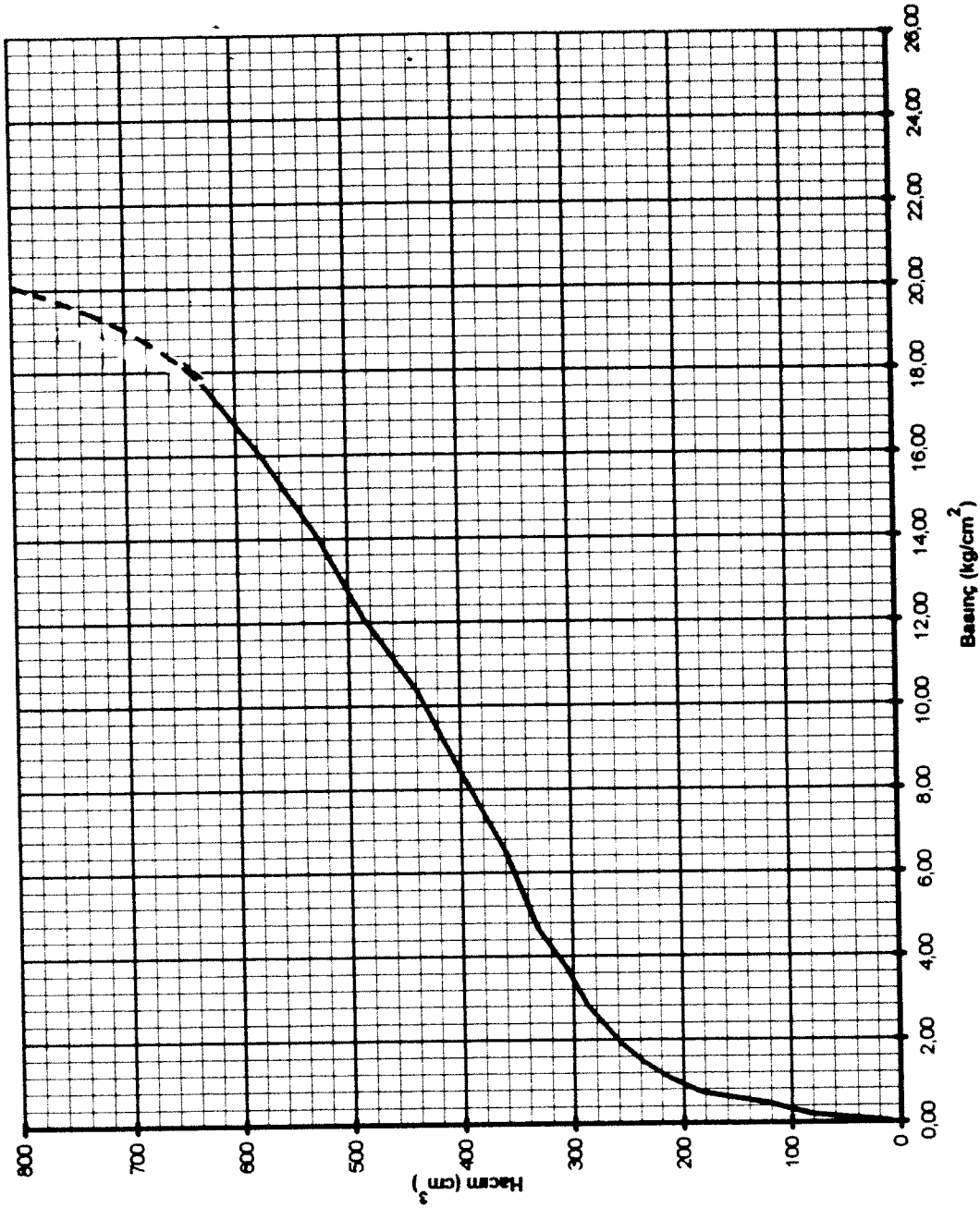


Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-2
Deney No :	1
Derinlik(m) :	1,20
Zemin Cinsi :	Fliş
PI (kg/cm ²)	2,79
Pf (kg/cm ²)	14,03
PI-Pi (kg/cm ²)	19,10
PI-Pi (kg/cm ²)	16,31
vf (cm ³)	526
vi (cm ³)	287
vf-vi (cm ³)	239,00
Ep (kg/cm ²)	150
Ep/pi	7,84
PI/pf	1,36



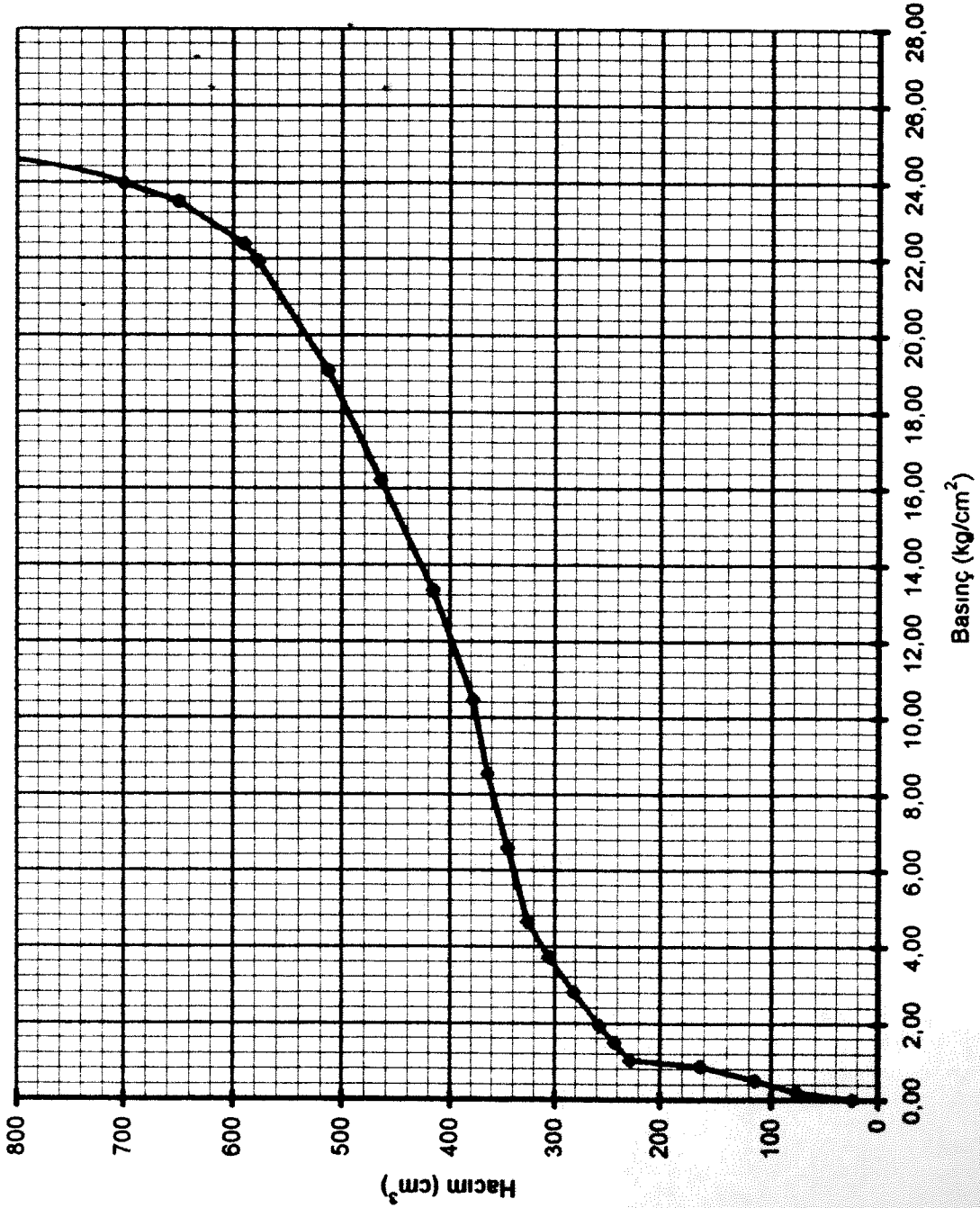
Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney

Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-2
Deney No :	2
Derinlik(m) :	2,20
Zemin Cinsi :	flış
PI (kg/cm ²)	3,73
Pf (kg/cm ²)	13,34
PI (kg/cm ²)	24,00
PI-PI (kg/cm ²)	20,27
vf (cm ³)	416
vi (cm ³)	306
vf-vi (cm ³)	110,00
Ep (kg/cm ²)	267
Ep/pf	11,14
PI/pf	1,80

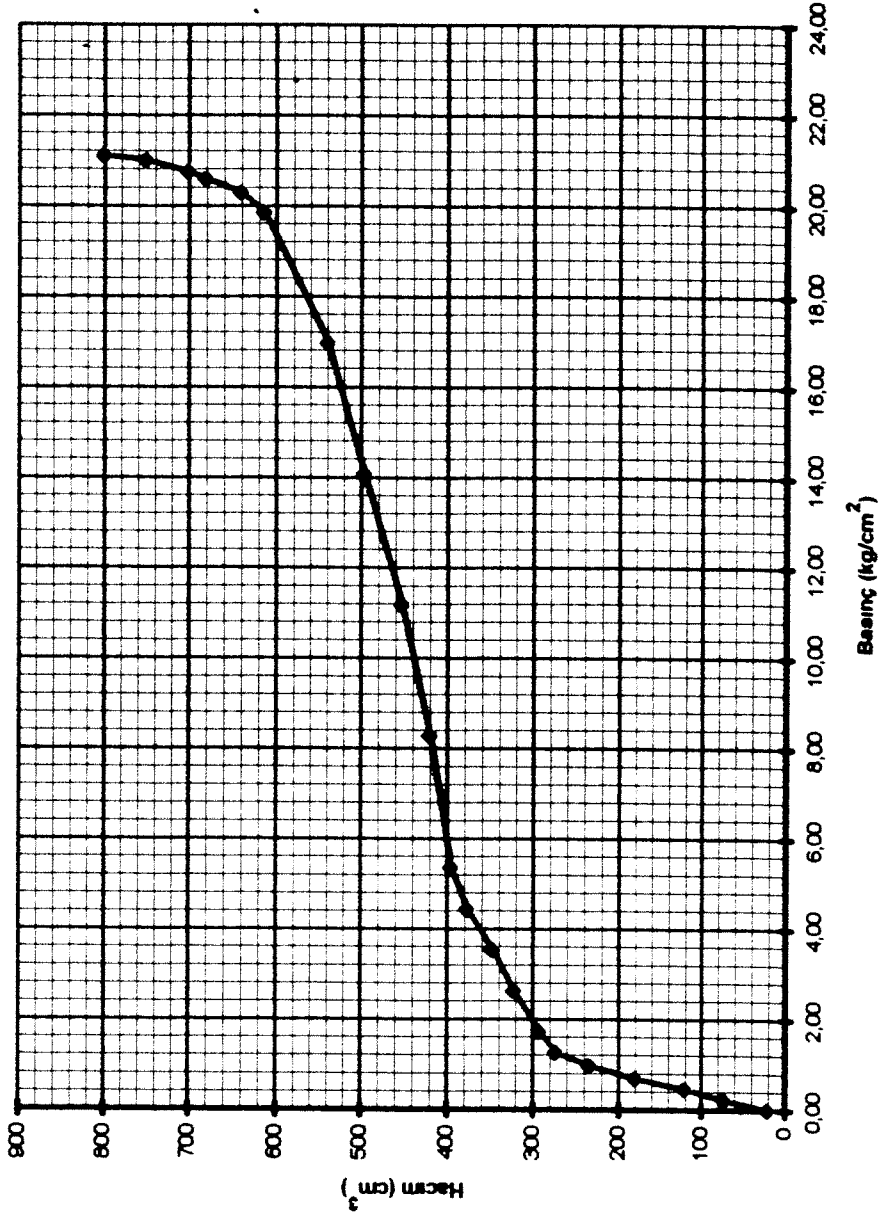


Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-2
Deney No :	3
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	Filş
PI (kg/cm ²)	3,54
Pf (kg/cm ²)	14,08
PI (kg/cm ²)	21,20
PI-PI (kg/cm ²)	17,66
Vf (cm ³)	496
Vi (cm ³)	346
Vf-Vi (cm ³)	150,00
EP (kg/cm ²)	226
EP/pf	10,66
Pi/pf	1,51

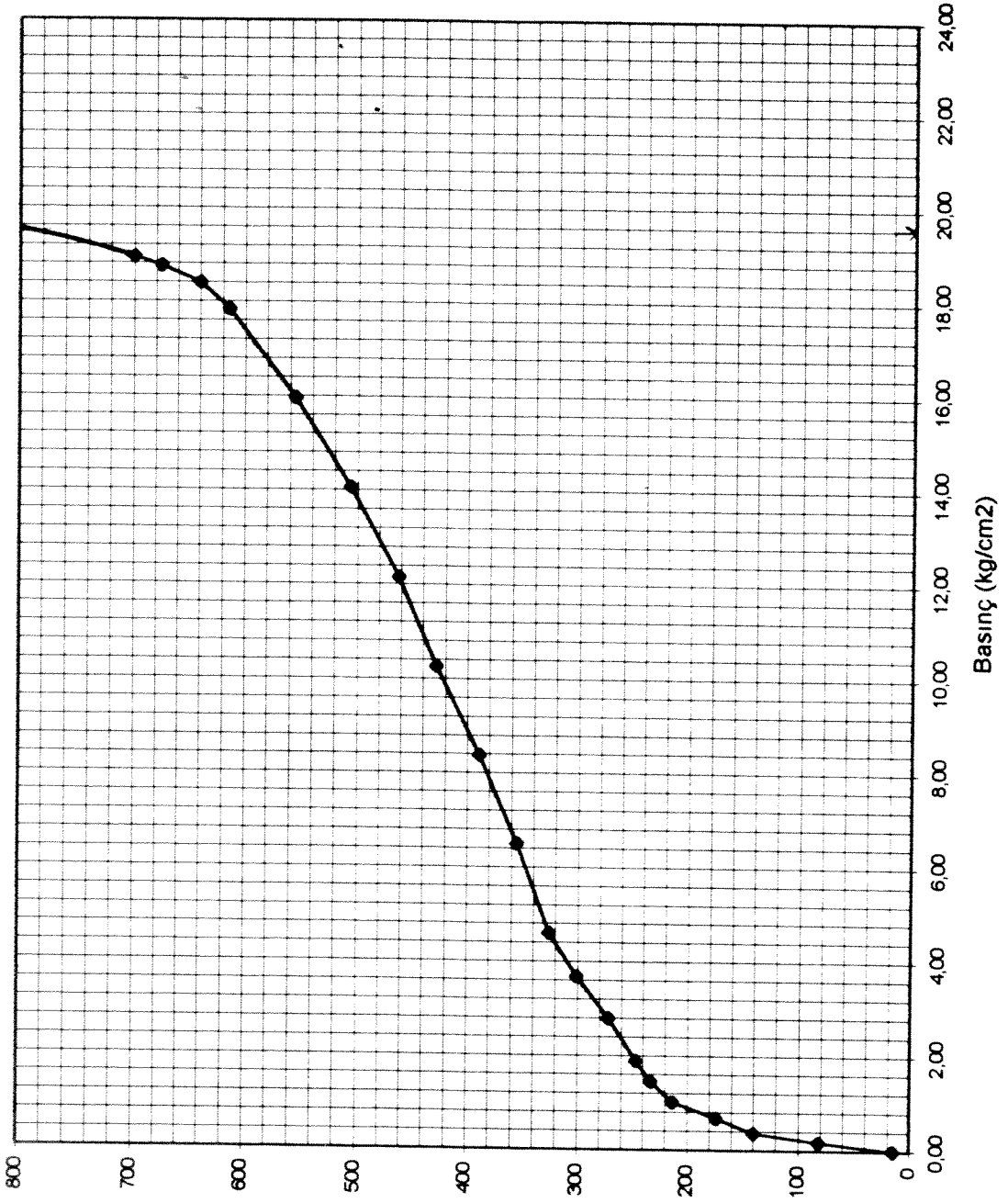


Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Sondaj No :	DK-3
Deney No :	1
Derinlik(m) :	1,10
Zemin Cinsi :	fliş
Pi (kg/cm ²)	2,80
Pf (kg/cm ²)	12,16
PI (kg/cm ²)	19,00
PI-PI (kg/cm ²)	16,20
vf (cm ³)	462
vi (cm ³)	272
vf-vi (cm ³)	190,00
Ep (kg/cm ²)	152
Ep/pl	7,98
PI/pf	1,56



Şekil E3.5-E3.25 TAG Otayolu km 205 ve km 214 Presiyometre Deney Grafikleri

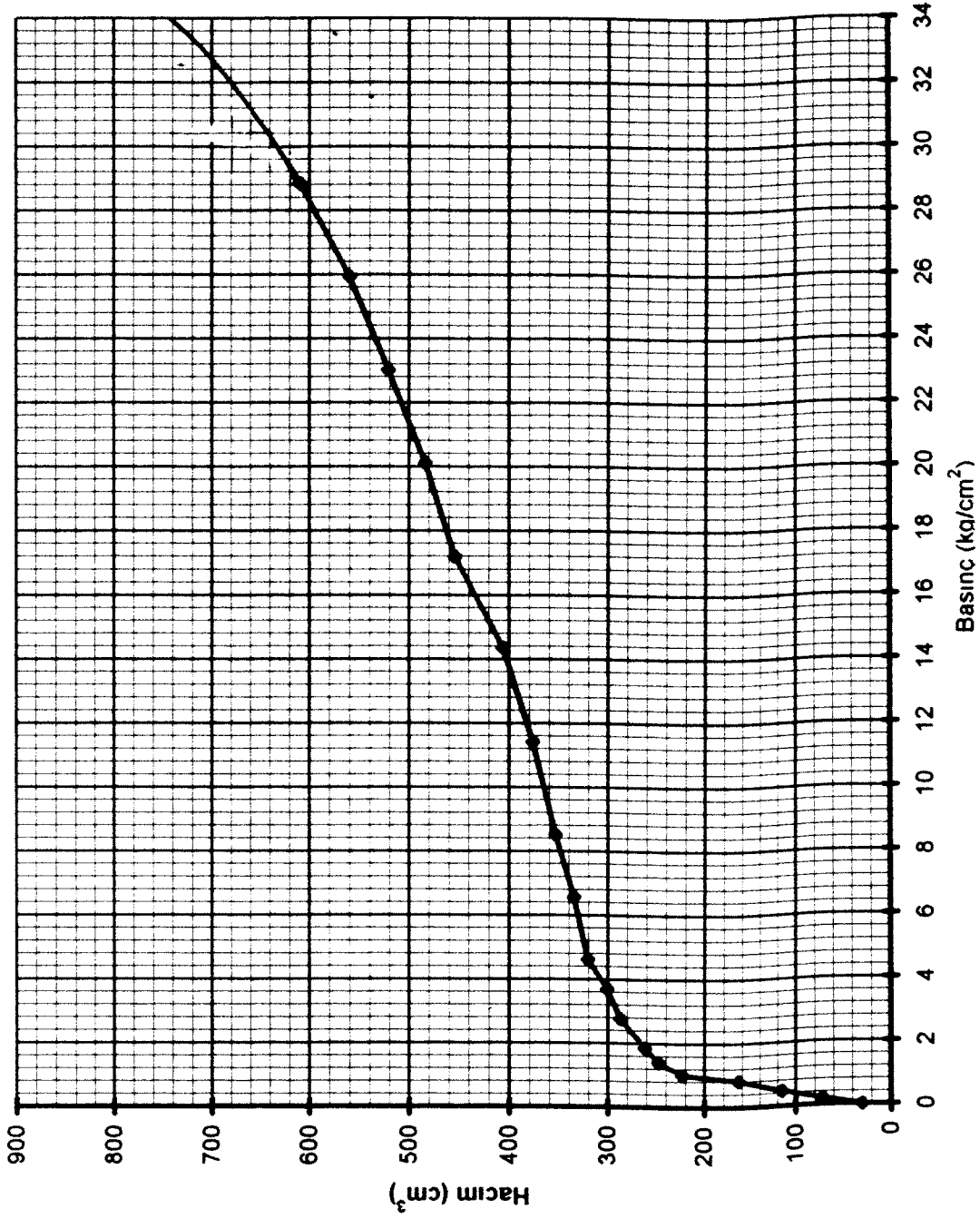
7OKER Sondaj ve İnş. Koll.Şti				PRESSİOMETRE DENEYİ			
Sondaj No:		DK-3		Proje		TAG OTOYOLU	
Deney Seviyesi (m)		1,40		Tarih		22 Şubat 1995	
Manometre Yüksekliği (m)		0,60		Sıfır volümetre okumasına tekabül eden hacim V_0 (cm ³)			790
Mambran Kalibrasyonu		1					
1	2	3	4	5	6	7	8
Kademe Artışları	Volümetre Basıncı (kg/cm ²)	Volümetre Okuması (cm ³)	(2) + Hidrostatik Basıncı (kg/cm ²)	Hacim Düzeltmesi (cm ³)	Mambran Düzeltmesi (kg/cm ²)	Düzeltilmiş Basıncı (kg/cm ²)	Düzeltilmiş Hacim (cm ³)
0	0,00	20	0,06	0	0,06	0,00	20
1	0,50	75	0,56	3	0,36	0,20	72
2	1,00	110	1,06	5	0,52	0,54	105
3	1,50	165	1,56	6	0,78	0,78	159
4	2,00	230	2,06	7	1,06	1,00	223
5	2,50	250	2,56	7	1,45	1,11	243
6	3,00	265	3,06	8	1,20	1,86	257
7	4,00	280	4,06	8	1,27	2,79	272
8	5,00	295	5,06	9	1,34	3,72	286
9	6,00	315	6,06	9	1,40	4,66	306
10	7,00	325	7,06	10	1,44	5,62	315
11	10,00	345	10,06	11	1,50	8,56	334
12	13,00	370	13,06	13	1,58	11,48	357
13	16,00	400	16,06	14	1,68	14,38	386
14	19,00	425	19,06	16	1,75	17,31	409
15	22,00	445	22,06	17	1,80	20,26	428
16	25,00	470	25,06	19	1,87	23,19	451
17	28,00	500	28,06	20	1,96	26,10	480
18	31,00	540	31,06	21	2,05	29,01	519
19	34,00	600	34,06	22	2,17	31,89	578
20							

Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-3
Deneş No :	3
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	flış
PI (kg/cm ²)	3,69
P1 (kg/cm ²)	14,33
PI (kg/cm ²)	30,40
PI-PI (kg/cm ²)	26,71
vf (cm ³)	406
vi (cm ³)	301
vf-vi (cm ³)	105,00
Ep (kg/cm ²)	306
Ep/pi	10,14
PI/pf	2,12



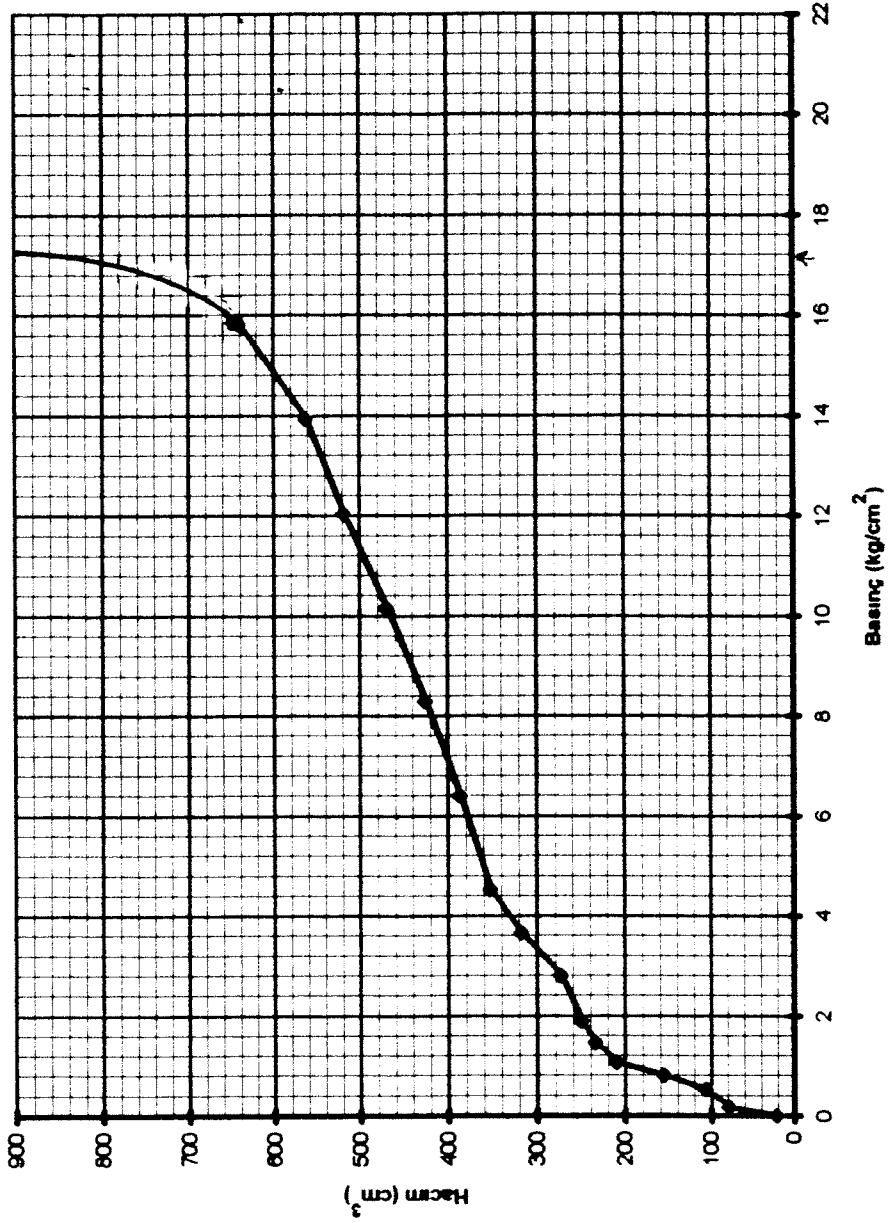
Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deneş

Grafikleri

7OKER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-4
Deney No :	1
Derinlik(m) :	1,40
Zemin Cinsi :	Fliş
PI (kg/cm ²)	4,52
Pf (kg/cm ²)	12,04
PI (kg/cm ²)	16,90
PI-PI (kg/cm ²)	12,38
vf (cm ³)	517
vi (cm ³)	351
vf-vi (cm ³)	166,00
Ep (kg/cm ²)	147
Ep/pi	8,73
PI/pf	1,40

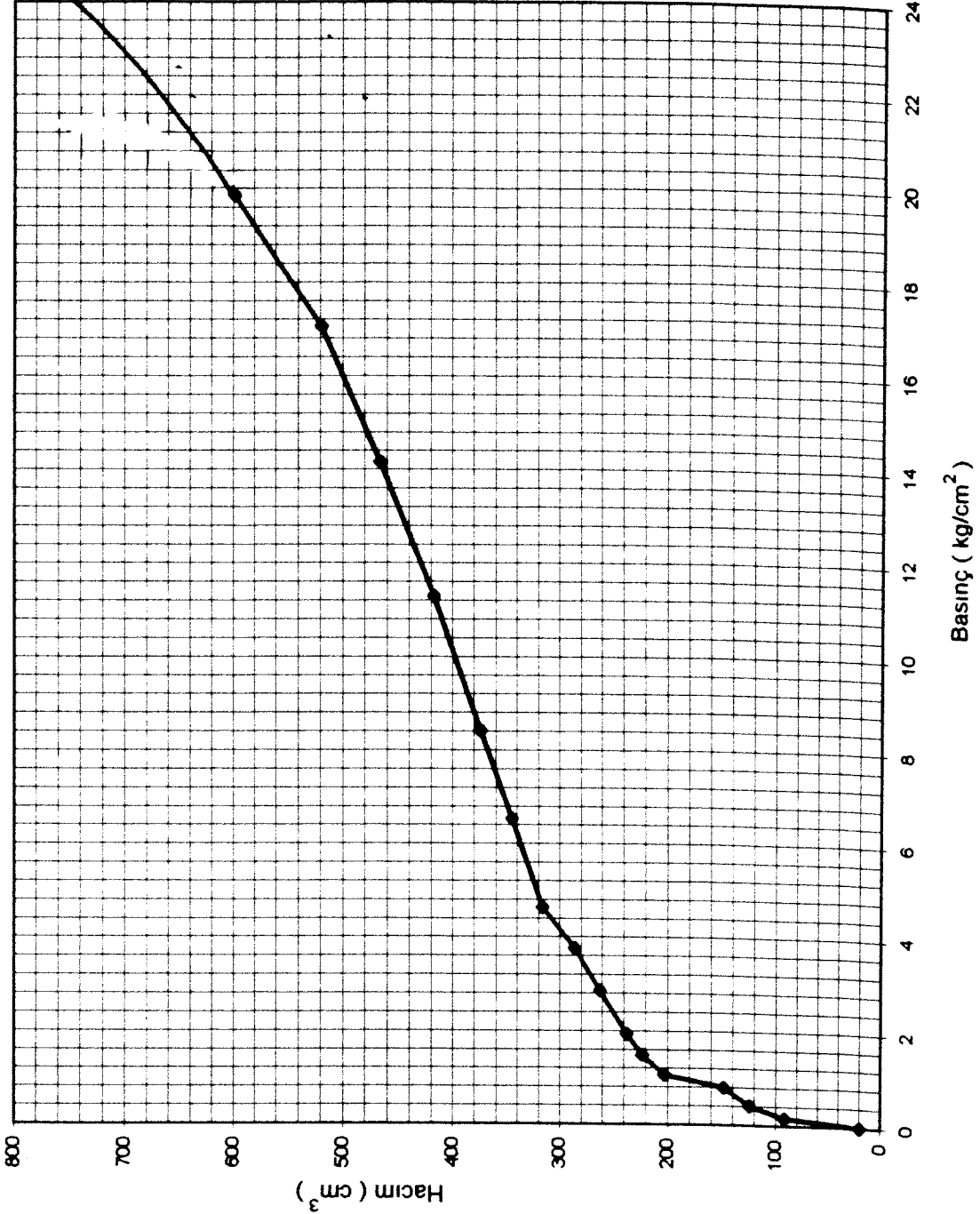


Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Sondaj No :	DK-4
Deney No :	2
Derinlik(m) :	1,70
Zemin Cinsi :	fliş
PI (kg/cm ²)	3,76
Pf (kg/cm ²)	11,30
PI-PI (kg/cm ²)	21,20
PI-PI (kg/cm ²)	17,44
vf (cm ³)	417
vi (cm ³)	286
vf-vi (cm ³)	131,00
EP (kg/cm ²)	175
EP/pl	8,24
PI/pl	1,88

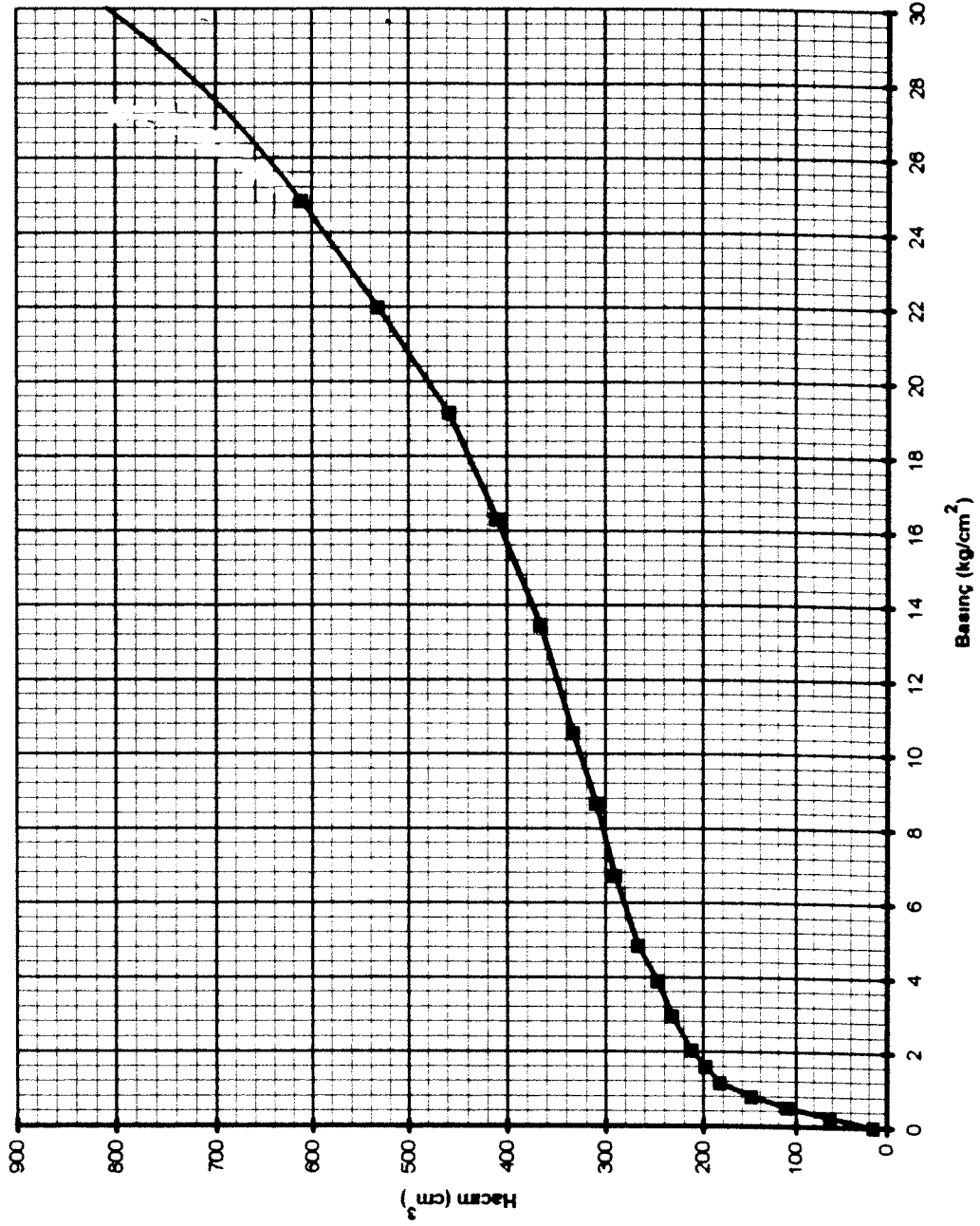


Şekil E3.5-E3.25 TAG Otayolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-4
Deneş No :	3
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	Fliş
PI (kg/cm ²)	2,98
Pf (kg/cm ²)	13,48
PI (kg/cm ²)	27,00
PI-PI (kg/cm ²)	24,04
Vf (cm ³)	366
Vi (cm ³)	232
vf-vi (cm ³)	134,00
Ep (kg/cm ²)	227
Ep/pi	8,41
PI/pf	2,01

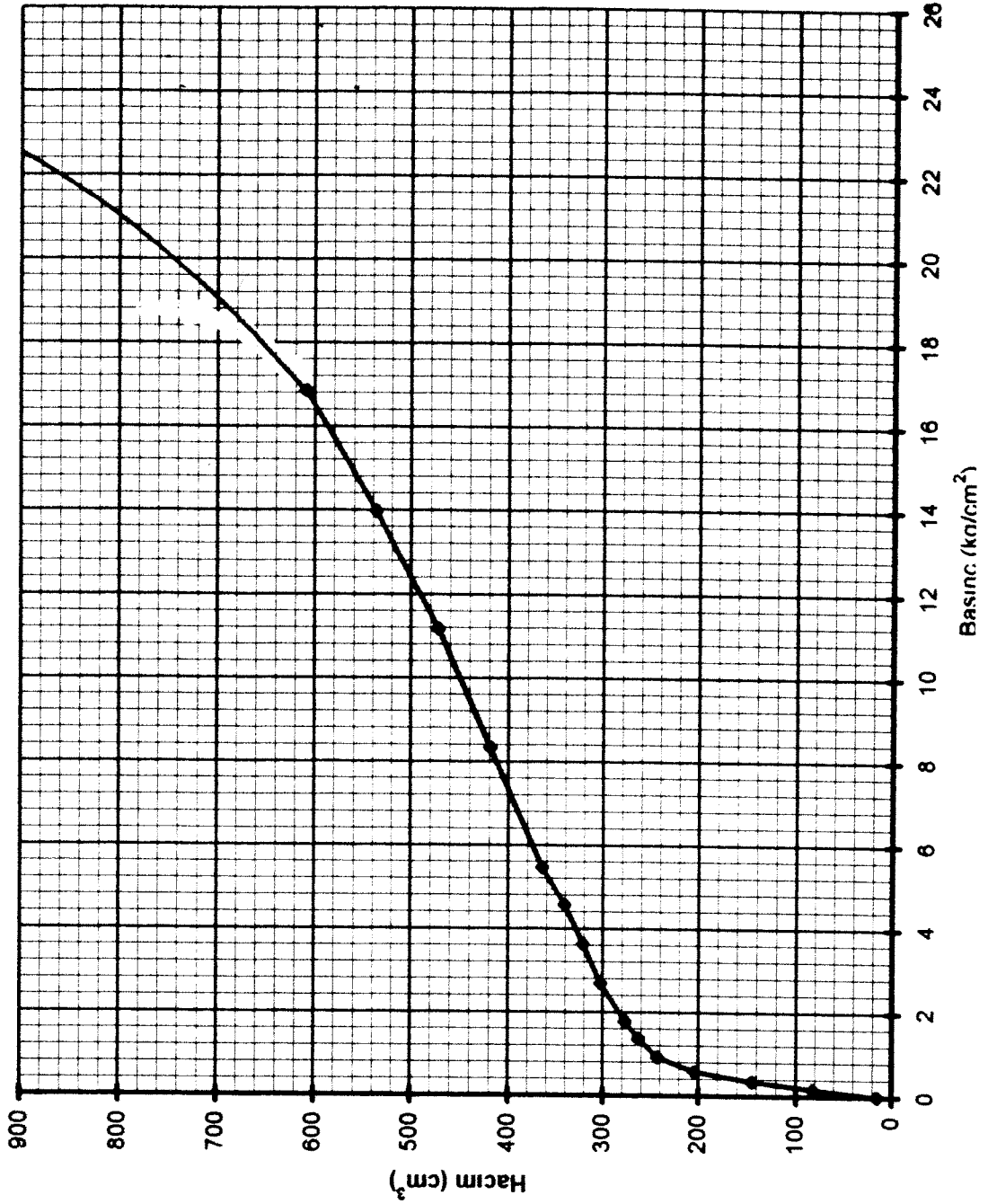


Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deneş Grafikleri

702ER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-5
Deney No :	1
Derinlik(m) :	1,10
Zemin Cinsi :	flış
PI (kg/cm ²)	2,69
Pf (kg/cm ²)	11,16
PI (kg/cm ²)	18,80
PI-PI (kg/cm ²)	16,11
vf (cm ³)	472
vi (cm ³)	302
vf-vi (cm ³)	170,00
Ep (kg/cm ²)	156
Ep/pi	6,30
PI/pf	1,68

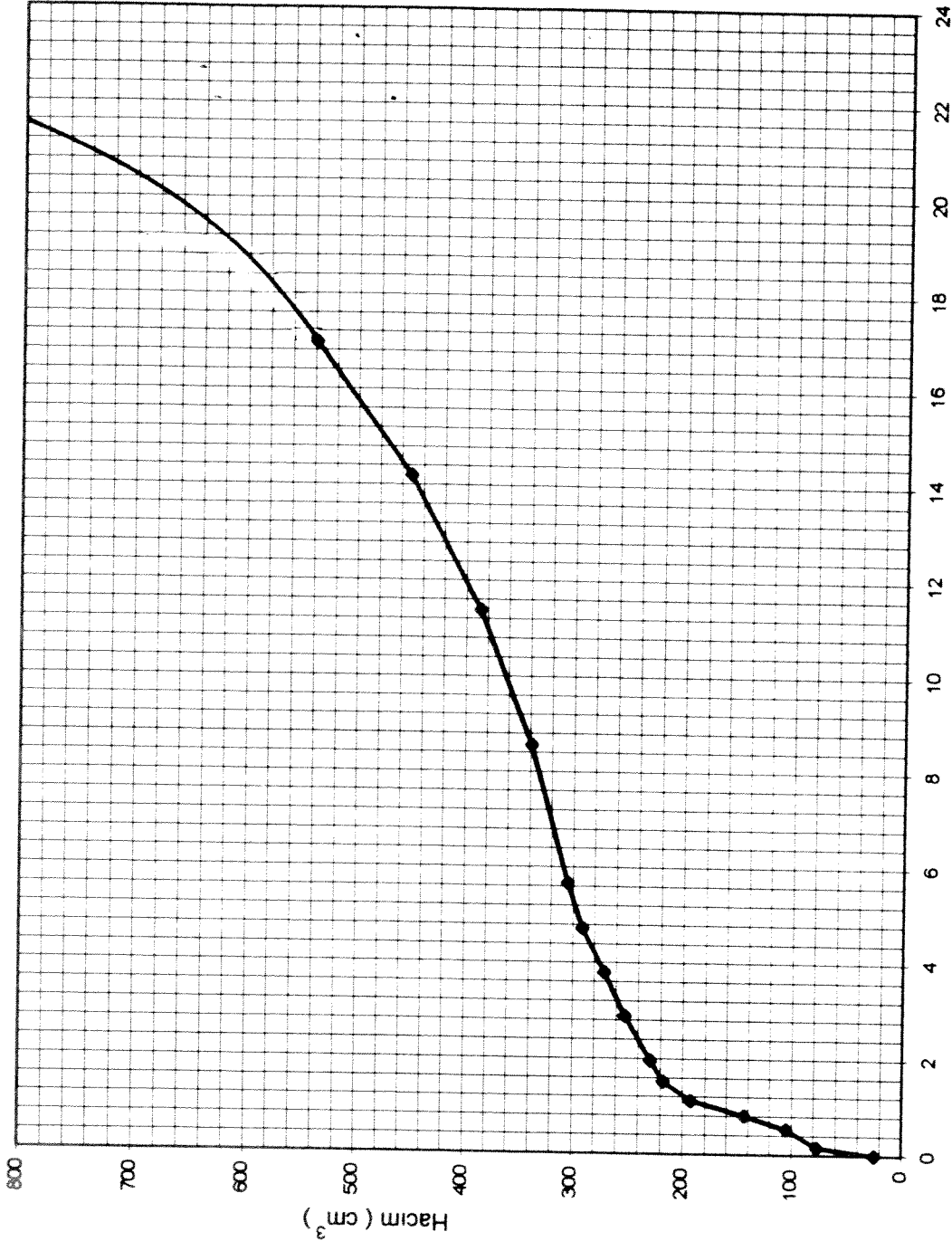


Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Sondaj No :	DK-5
Denej No :	2
Derinlik(m) :	2,40
Zemin Cinsi :	filş
PI (kg/cm ²)	1,96
Pf (kg/cm ²)	11,38
PI (kg/cm ²)	19,00
PI-PI (kg/cm ²)	17,04
vf (cm ³)	387
vi (cm ³)	229
vf-vi (cm ³)	158,00
Ep (kg/cm ²)	174
Ep/pi	9,16
PI/pf	1,67



Basınç (kg/cm²)

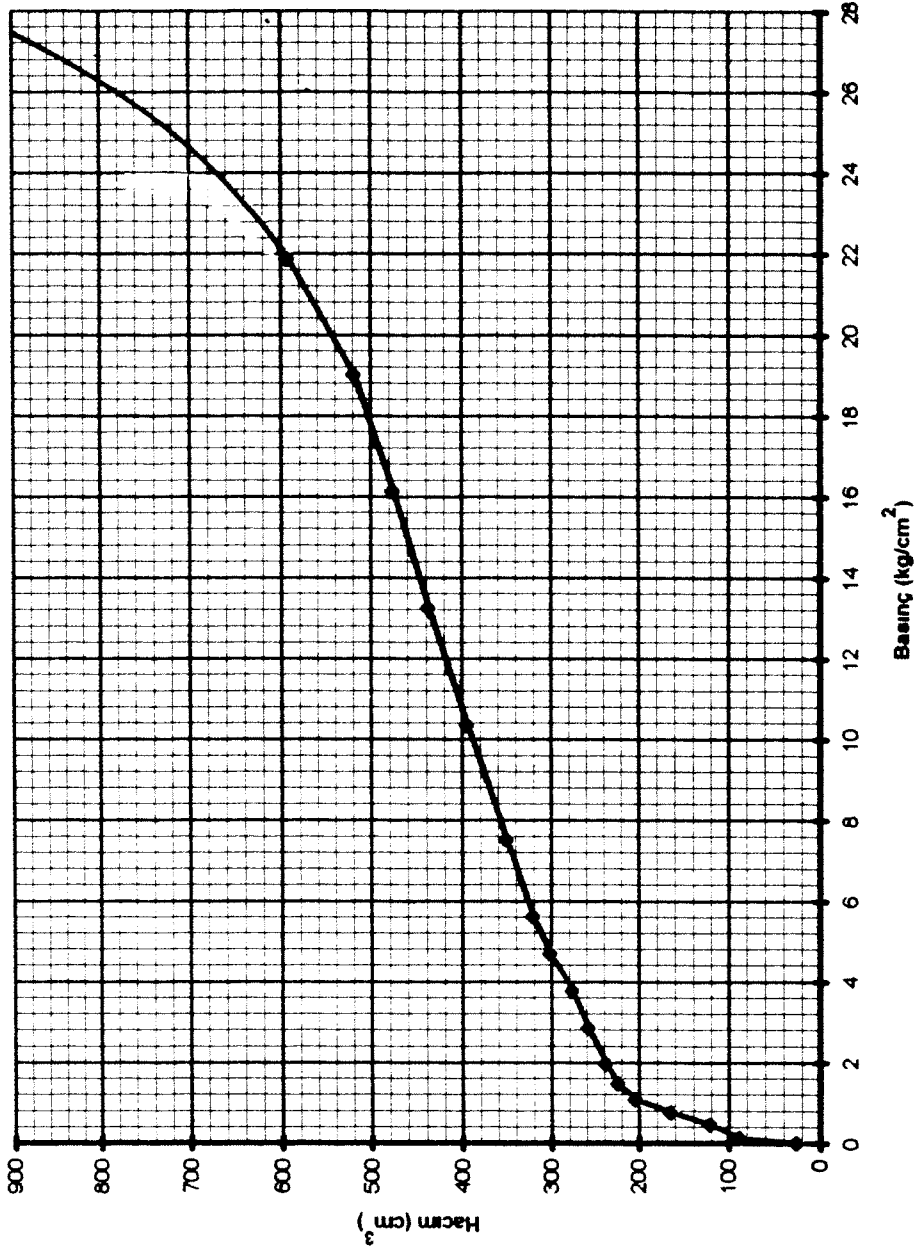
Şekil E3.5-E3.25 TAG Oroydu km 205 ve km 214 Pressiyometre Denej Grafikleri

Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-5
Deney No :	3
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	Fliş
PI (kg/cm ²)	2,86
Pf (kg/cm ²)	13,28
PI (kg/cm ²)	24,00
PI-PI (kg/cm ²)	21,14
Vf (cm ³)	436
Vi (cm ³)	257
Vf-vi (cm ³)	179,00
Ep (kg/cm ²)	176
Ep/pi	7,32
PI/pf	1,81

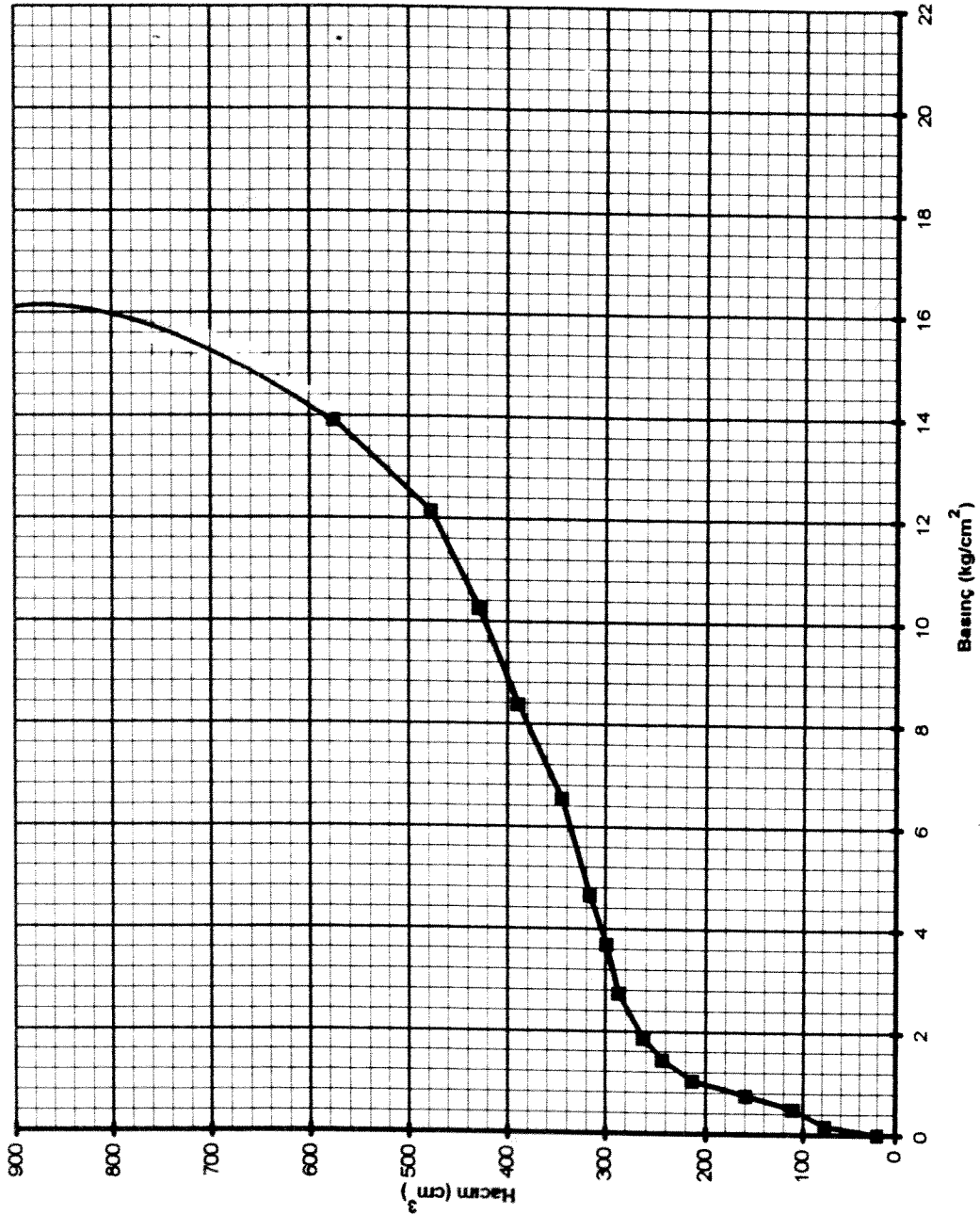


Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-6
Deney No :	1
Derinlik(m) :	1,10
Zemin Cinsi :	Fliş
PI (kg/cm ²)	2,74
Pf (kg/cm ²)	8,38
PI (kg/cm ²)	15,50
PI-PI (kg/cm ²)	12,76
vf (cm ³)	389
vi (cm ³)	287
vf-vi (cm ³)	102,00
Ep (kg/cm ²)	166
Ep/pi	10,70
PI/pf	1,85

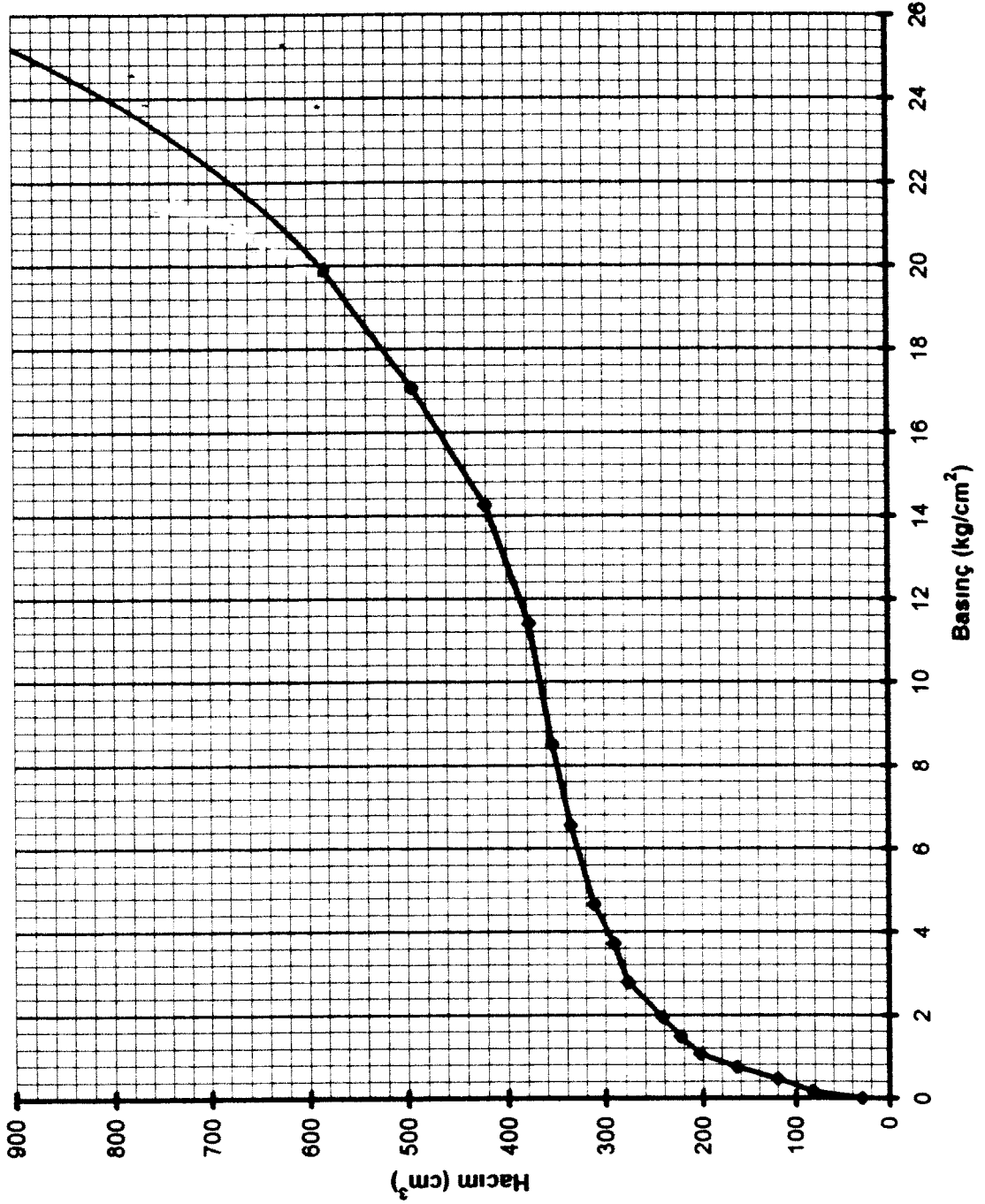


Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-6
Deney No :	2
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	flış
PI (kg/cm ²)	2,78
PF (kg/cm ²)	11,40
PI-PI (kg/cm ²)	21,20
PI-PI (kg/cm ²)	18,42
vf (cm ³)	377
vi (cm ³)	277
vf-vi (cm ³)	100,00
Ep (kg/cm ²)	256
Ep/pi	12,08
PI/pf	1,86



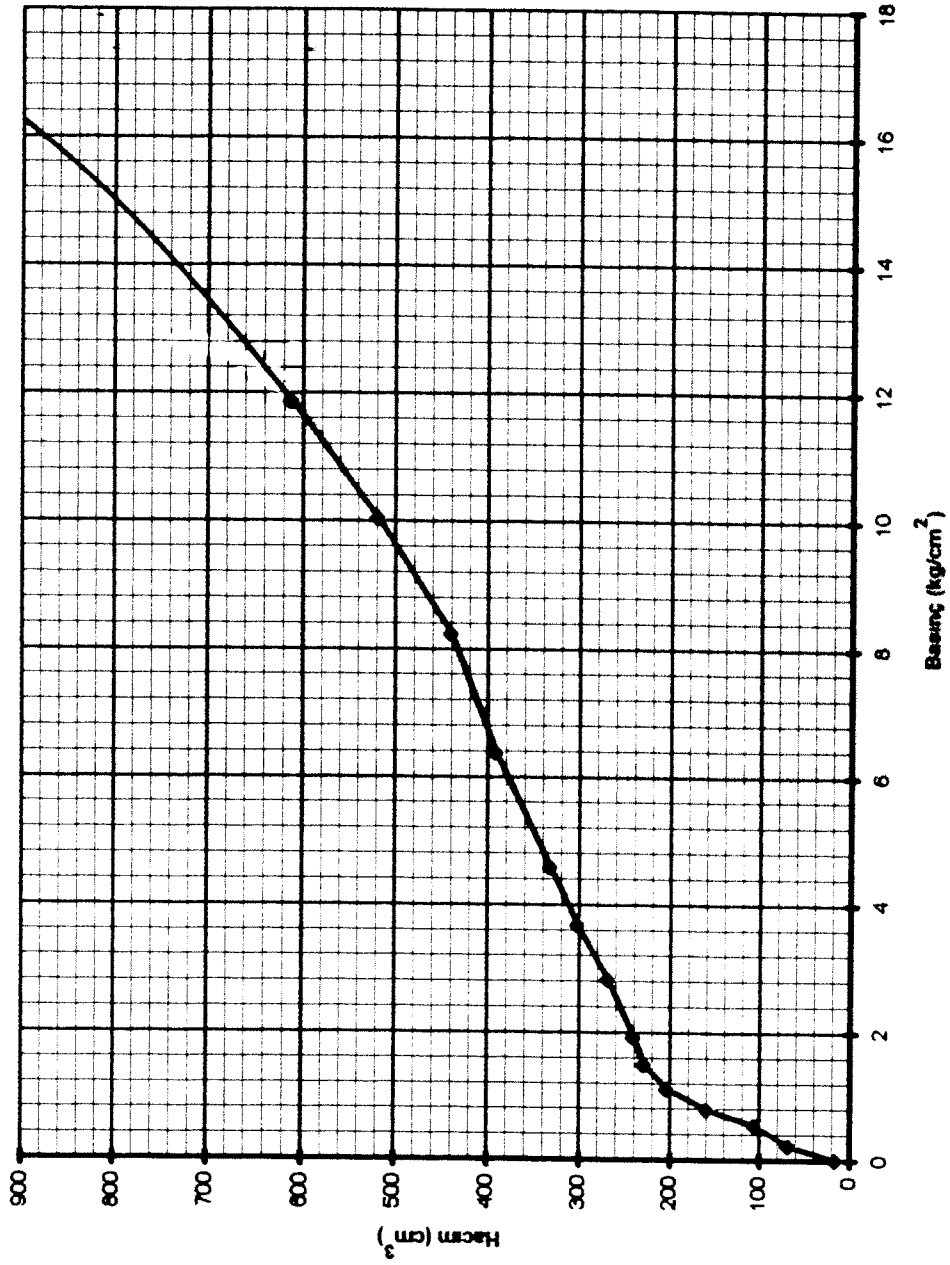
Şekil E3-5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney

Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-7
Deney No :	1
Derinlik(m) :	0,70
Zemin Cinsi :	Filş
PI (kg/cm ²)	1,49
Pf (kg/cm ²)	8,24
PI (kg/cm ²)	12,50
PI-PI (kg/cm ²)	11,01
vf (cm ³)	439
vi (cm ³)	228
vf-vi (cm ³)	211,00
Ep (kg/cm ²)	96
Ep/pi	7,65
PI/pf	1,52

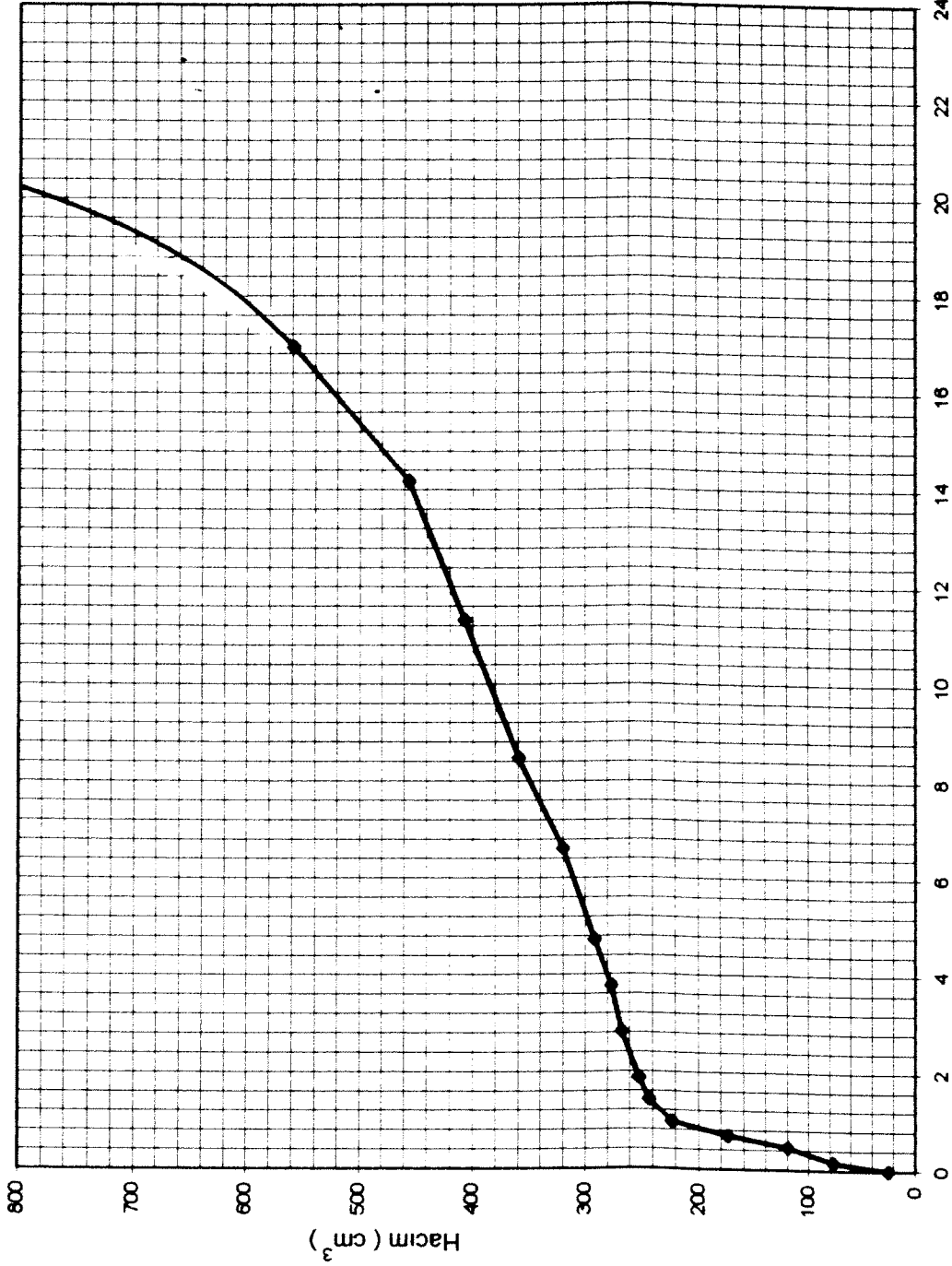


Şekil E3-5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Sondaj No :	DK-7
Deney No :	2
Derinlik(m) :	1,40
Zemin Cinsi :	fliş
PI (kg/cm ²)	1,88
Pf (kg/cm ²)	11,32
PI (kg/cm ²)	18,70
PI-PI (kg/cm ²)	16,82
vf (cm ³)	407
vi (cm ³)	252
vf-vi (cm ³)	155,00
Ep (kg/cm ²)	181
Ep/pi	9,70
PI/pf	1,65

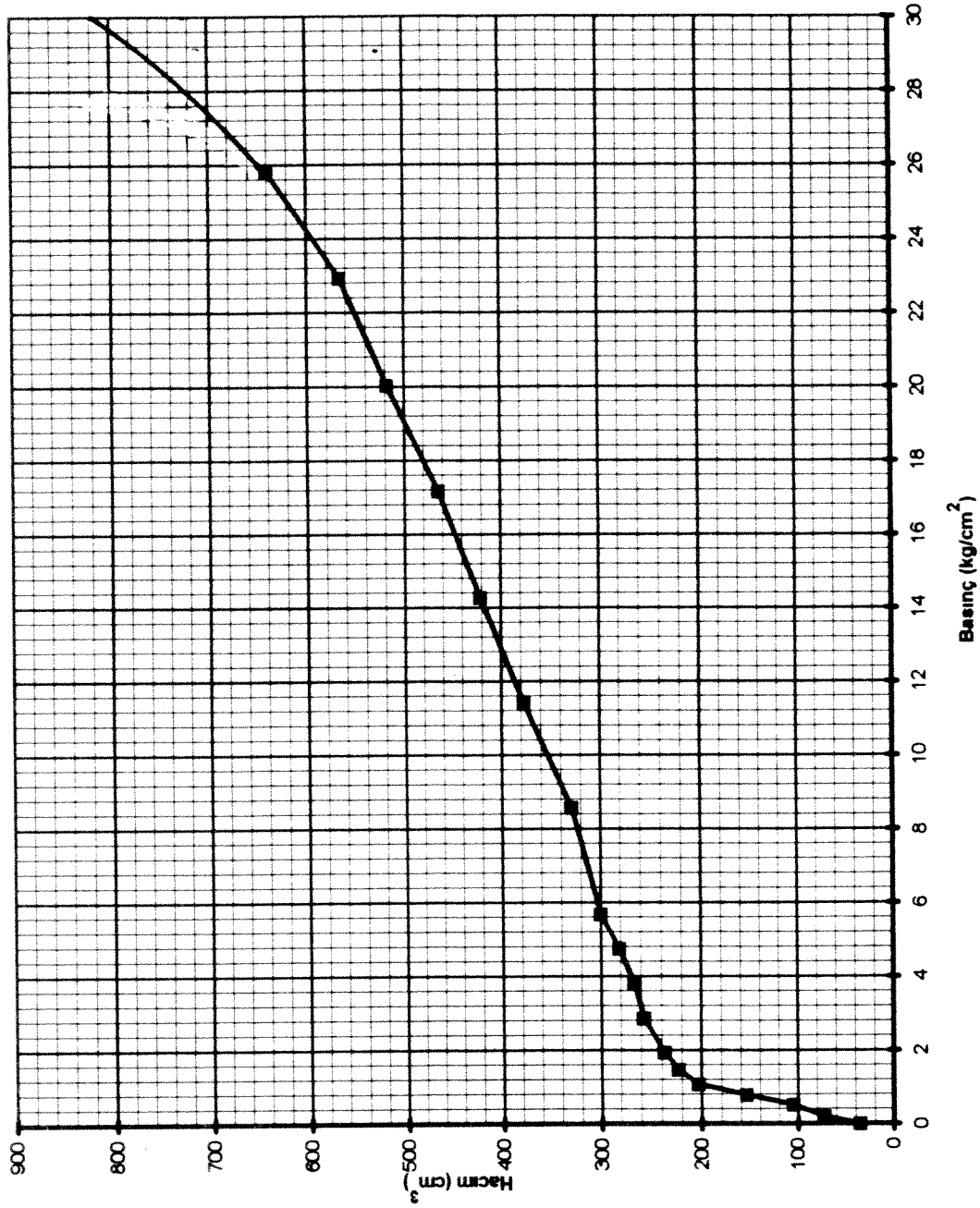


Şekil E3.5-E3.25 TAG Oroydu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	TAG Otoyolu
Sondaj No :	DK-7
Deney No :	3
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	Fliş
PI (kg/cm ²)	2,86
Pf (kg/cm ²)	17,16
PI (kg/cm ²)	27,90
PI-PI (kg/cm ²)	25,04
vf (cm ³)	464
vi (cm ³)	257
vf-vi (cm ³)	207,00
Ep (kg/cm ²)	211
Ep/pl	7,58
PI/pl	1,63



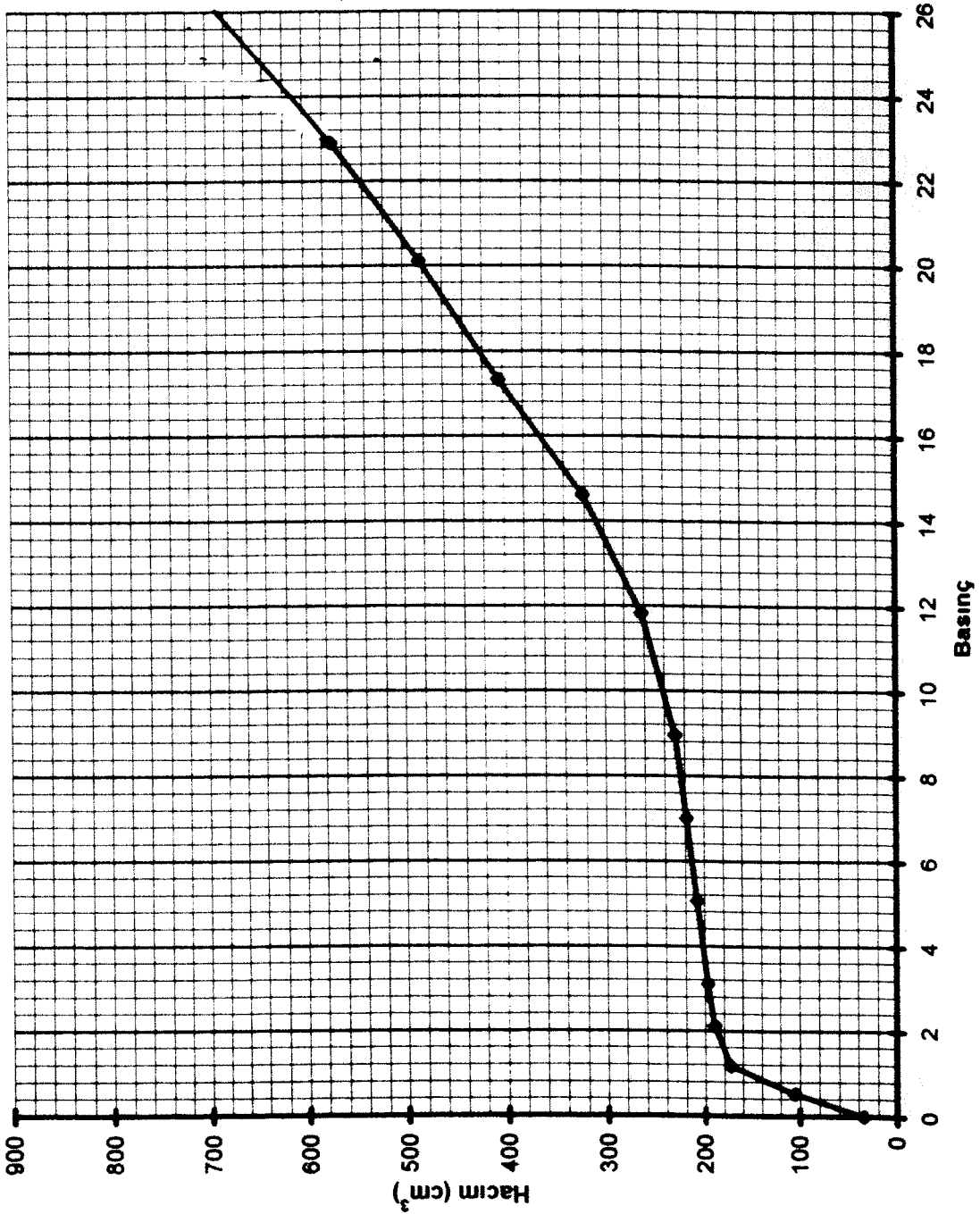
Şekil E3.5-E3.25 TAG Otoyolu km 205 ve km 214 Pressiyometre Deney

Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	DİKMEN Vadi
Sondaj No :	D-1
Deney No :	1
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	Grovak
PI (kg/cm ²)	2,12
P1 (kg/cm ²)	11,82
PI (kg/cm ²)	24,40
PI-PI (kg/cm ²)	22,28
vf (cm ³)	262
vi (cm ³)	190
vf-vi (cm ³)	72,00
Ep (kg/cm ²)	364
Ep/pi	14,92
PI/pf	2,06

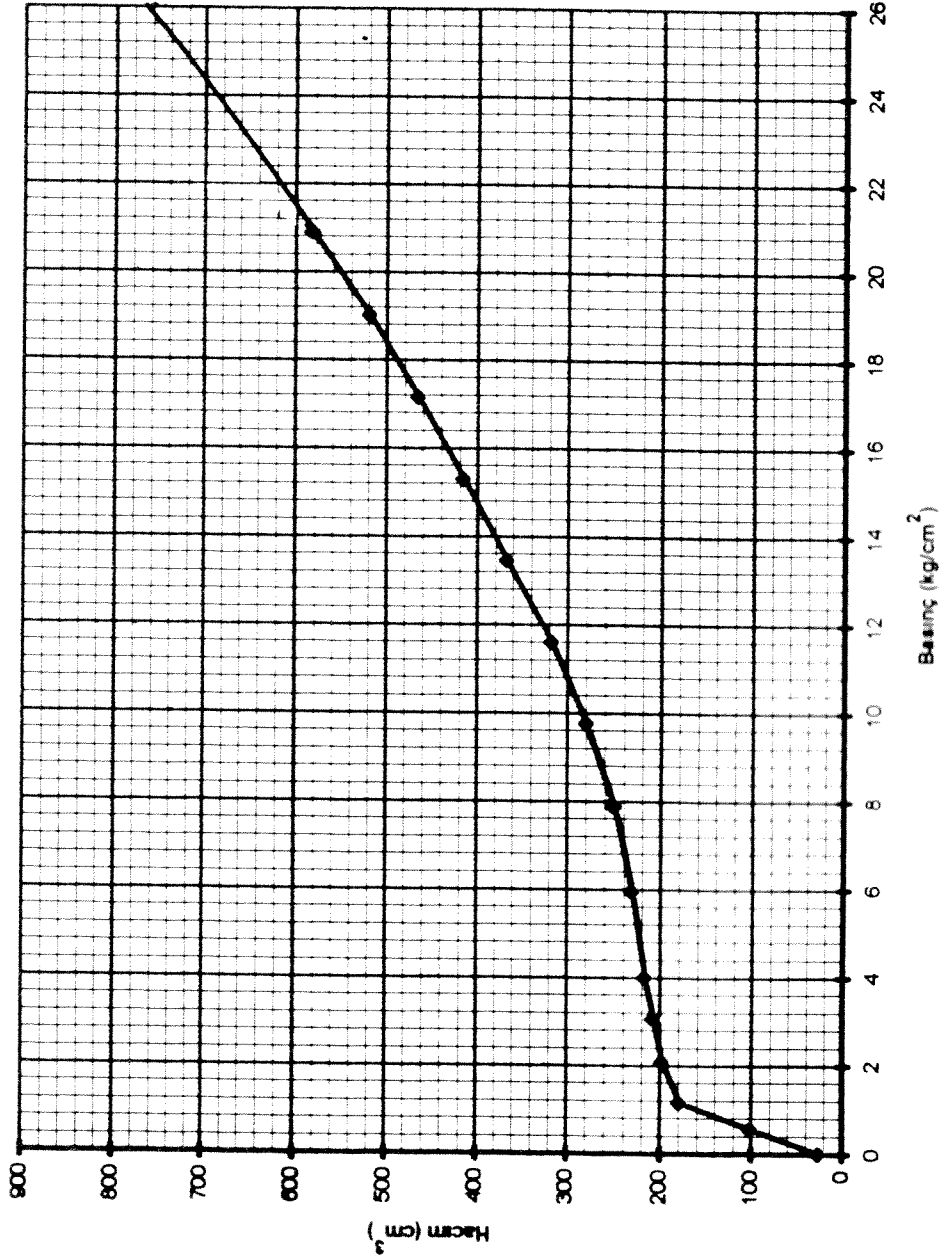


Şekil E3.26 - E3.31 Dikmen Vadiesi İlk Grup Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	Dikmen Vadi
Sondaj No :	D-2
Deney No :	1
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	Grovak
Pi (kg/cm ²)	2,09
Pf (kg/cm ²)	9,76
Pl (kg/cm ²)	22,00
Pl-Pi (kg/cm ²)	19,91
vf (cm ³)	278
vi (cm ³)	197
vf-vi (cm ³)	81,00
Ep (kg/cm ²)	259
Ep/pl	11,76
Pl/pf	2,25

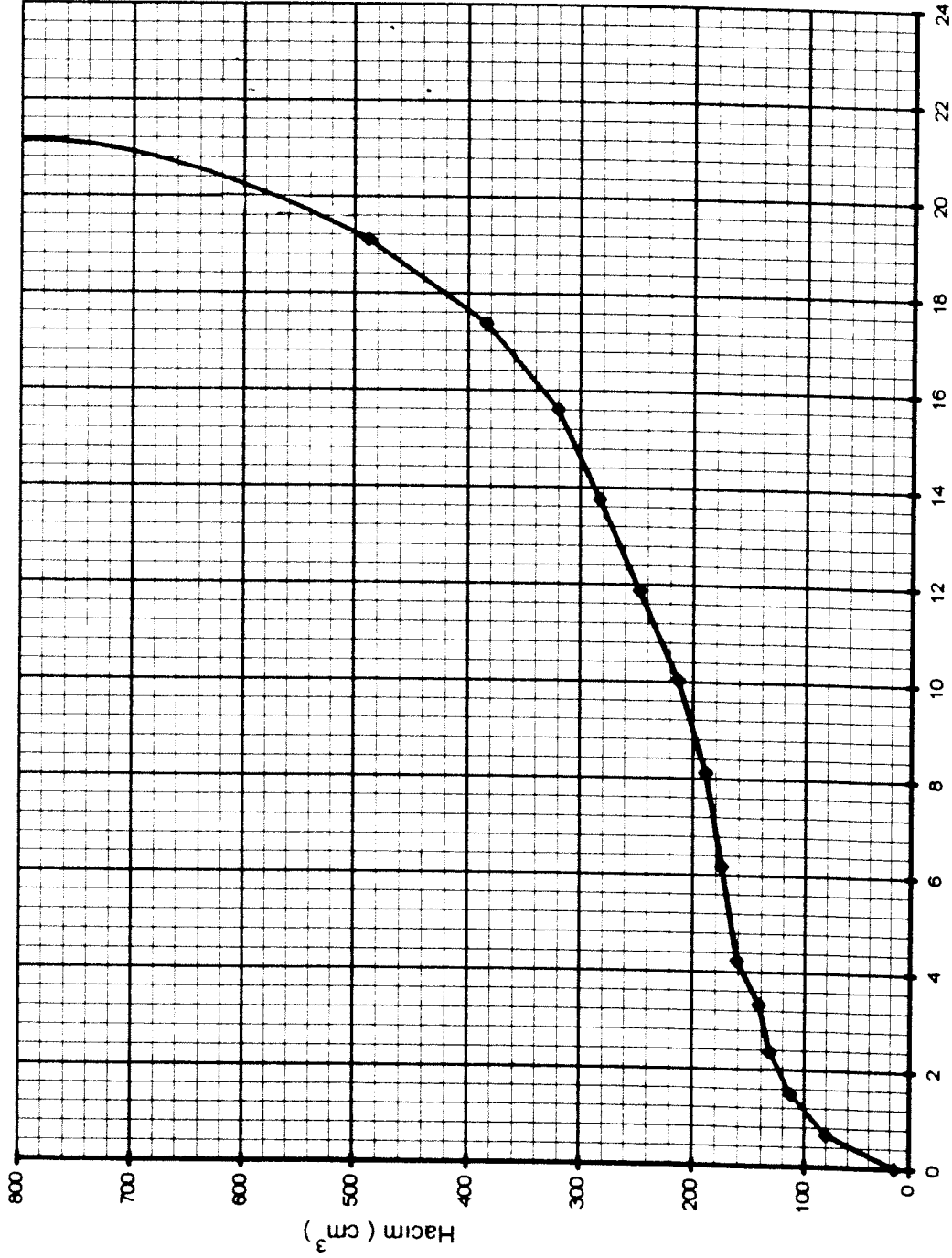


Şekil E3.26 - E3.31 Dikmen Vadisi İlk Grup Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	Dikmen Vadi
Sondaj No :	D-3
Denej No :	1
Denilik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	Grovak
Pi (kg/cm ²)	2,36
Pf (kg/cm ²)	10,02
PI (kg/cm ²)	20,00
PI-PI (kg/cm ²)	17,64
vf (cm ³)	213
vi (cm ³)	132
vf-vi (cm ³)	81,00
Ep (kg/cm ²)	242
Ep/pi	12,11
PI/pf	2,00



Basmaç (kg/cm²)

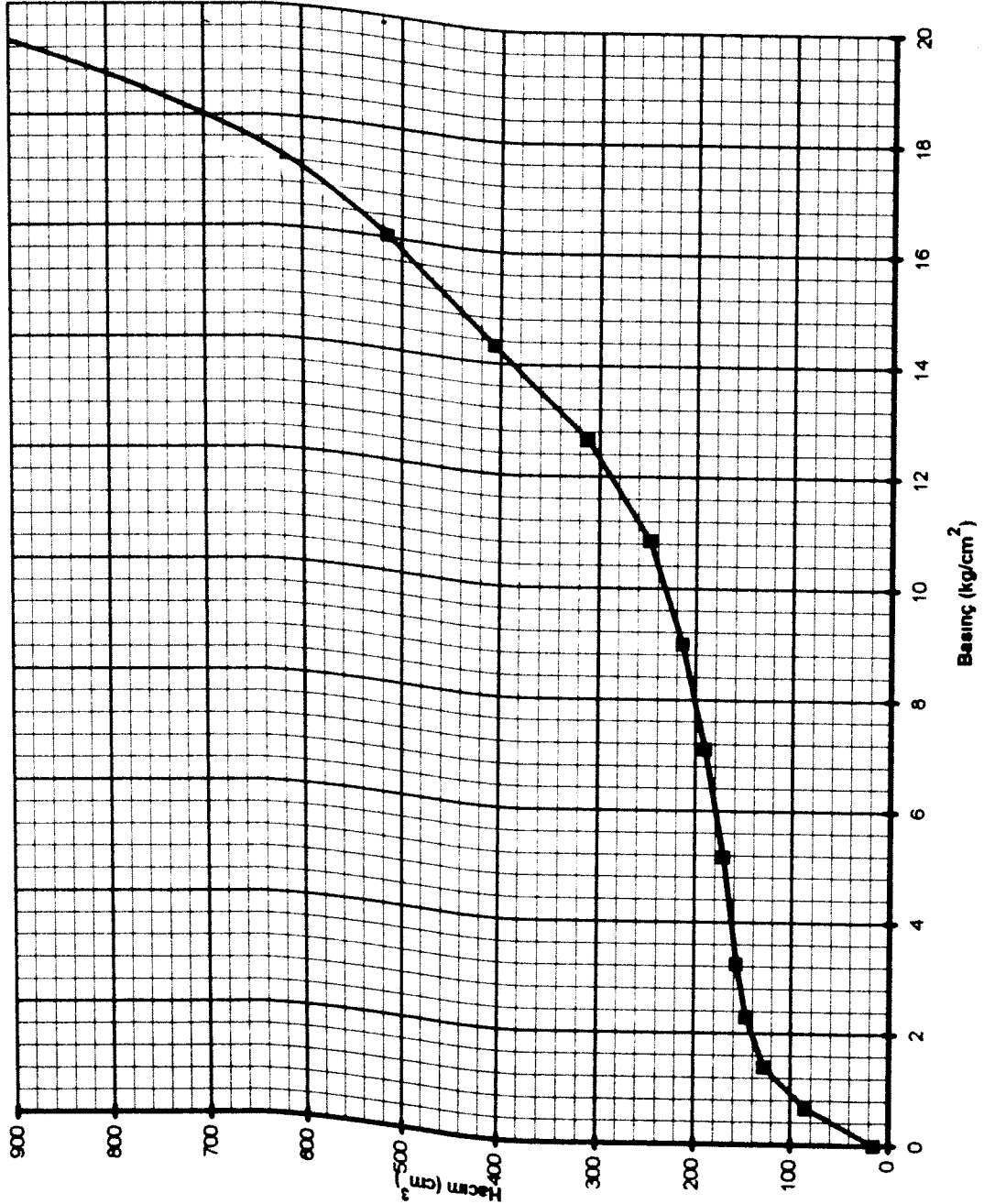
Şekil E3.26 - E3.31 Dikmen Vadi İlk Grup Pressiyometre Denej

Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	Dikmen Vadi
Sondaj No :	D-4
Deney No :	1
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	Grovak
PI (kg/cm ²)	2,30
Pf (kg/cm ²)	9,00
PI-PI (kg/cm ²)	17,50
PI-PI (kg/cm ²)	15,20
vf (cm ³)	214
vl (cm ³)	147
vf-vl (cm ³)	67,00
Ep (kg/cm ²)	258
Ep/pl	14,75
PI/pf	1,84

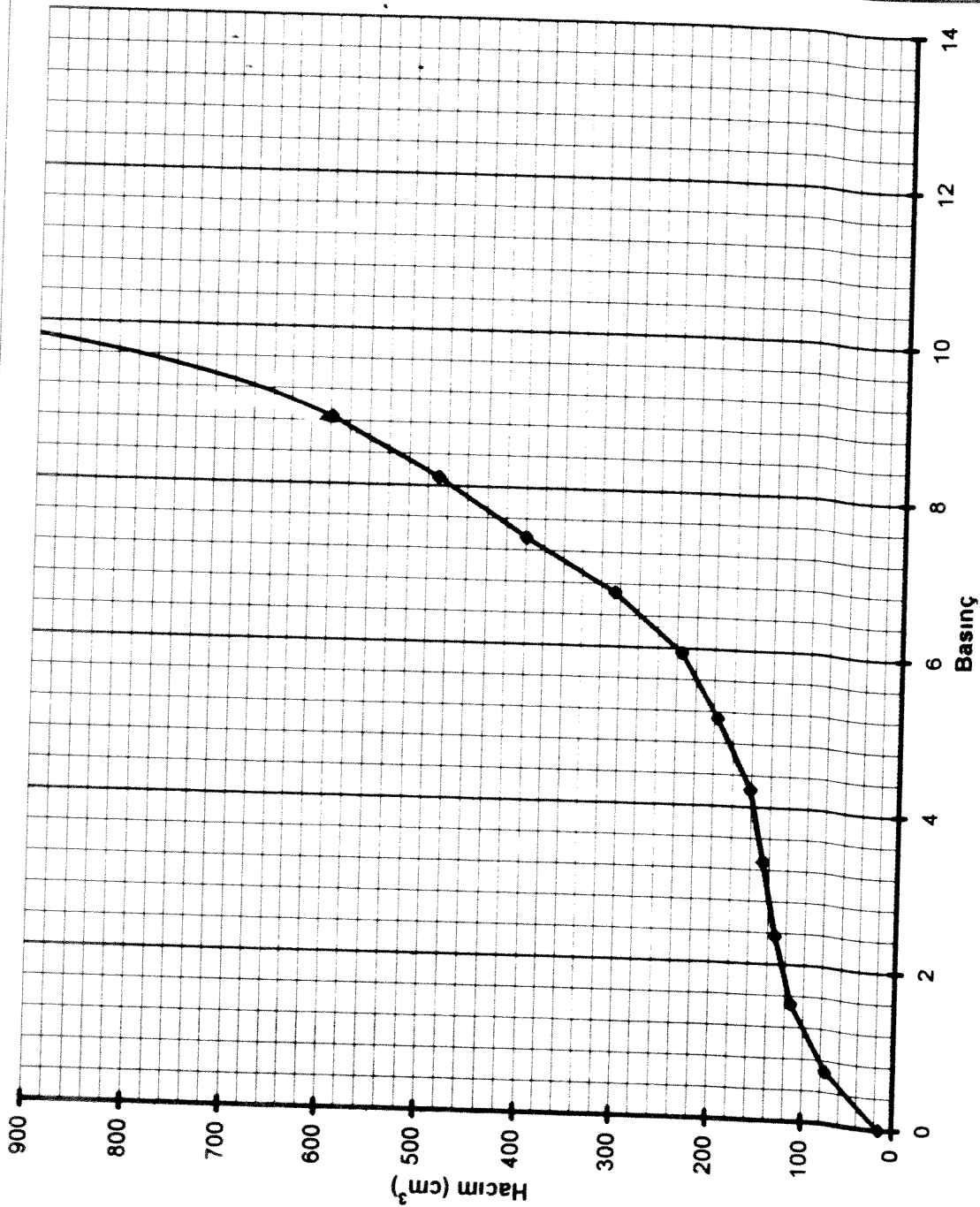


Şekil E3.26 - E3.31 Dikmen Vadesi İlk Grup Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	DIKMEN Vadi
Sondaj No :	D-5
Deney No :	1
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	Grovak
PI (kg/cm ²)	1,50
P1 (kg/cm ²)	4,22
PI (kg/cm ²)	9,00
PI-PI (kg/cm ²)	7,50
vf (cm ³)	161
vi (cm ³)	113
vf-vi (cm ³)	48,00
Ep (kg/cm ²)	140
Ep/pi	15,53
PI/pf	2,13

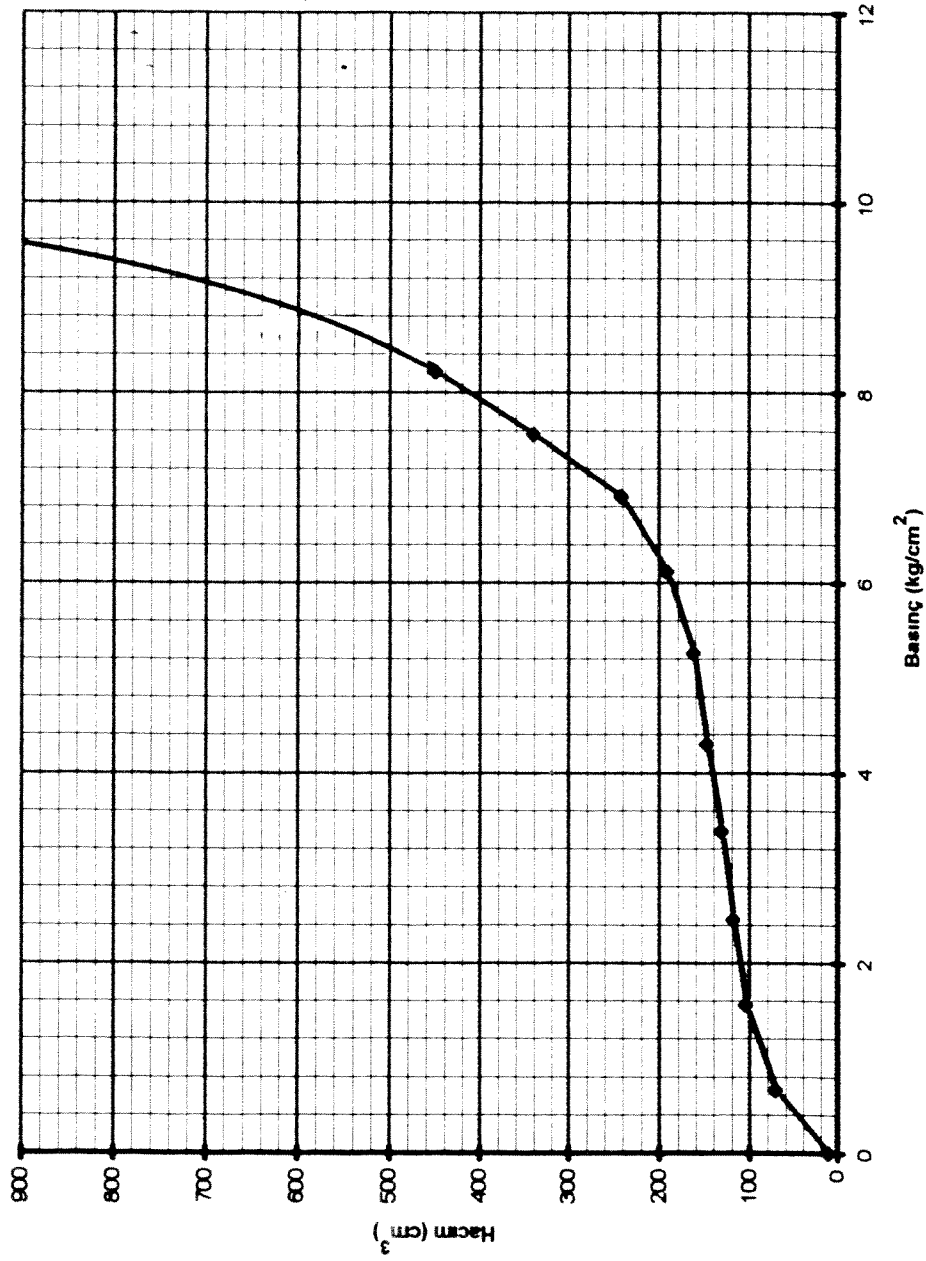


Şekil E3.26 - E3.31 Dikmen Vadi'si İlk Grup Pressiyometre Deney Grafikleri

70KER

Sondaj ve İnşaat Koll. Şti

Proje	Dikmen Vadi
Sondaj No :	D-6
Deneş No :	1
Derinlik(m) :	2,70
Zemin Cinsi :	Grovak
PI (kg/cm ²)	1,56
Pf (kg/cm ²)	5,26
PI (kg/cm ²)	8,80
PI-PI (kg/cm ²)	7,24
vf (cm ³)	161
vi (cm ³)	103
vf-vi (cm ³)	58,00
Ep (kg/cm ²)	156
Ep/pi	17,78
PI/pf	1,67



Şekil E3.26 - E3.31 Dikmen Vadisi İlk Grup Pressiyometre Deneş Grafikleri

BİBLİYOGRAFİK BİLGİ FORMU	
1- Proje No: INTAG 705	2- Rapor Tarihi: Ocak 1996
3- Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 1/9/1992 - 30/6/1995	
4- Projenin Adı: Zayıf ve Yumuşak Kayaların Kayma Dayanımı Parametrelerinin Belirlenmesi	
5- Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Uluk Ergun (Yürütücü), Orhan Erol, Salih Aksoy, Gülay Torunoğlu	
6- Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara 06531	
7- Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü, Araştırma Daire Başkanlığı, Yücetepe, Ankara	
8- Öz (Abstract): Bu çalışmada beş zayıf kayaç yeri tespit edilmiş ve saha direkt kesme deneyleri yapılmıştır. Saha direkt kesme aleti tasarlanmış ve imal edilmiştir. Alet 0.7 m x 0.7 m x 0.35 m (yükseklik) ebadında bir numuneyi bağımsız düşey yük altında kesmektedir. Numuneler traşlanıp, betonarme kılıfa alınıp ön ve arka reaksiyon duvarları yardımı ile kesilmektedir. Seçilen sahalarda kesme deneylerinin yanında pressiyometre deneyleri yapılmıştır. Pressiyometre limit basınçları ile doruk kayma mukavemeti açıları beraber artış göstermektedirler. Konvansiyonel pressiyometre deneylerinden kayma mukavemeti parametrelerinin hesaplanamayacağı anlaşılmaktadır. Limit basıncının kayma dayanımına oranları çok ayrılmış kayaçlarda 5-6 değerinden daha az ayrılmış kayaçlarda 10-11'e kadar artış göstermektedir. Bir sahada deneyel ve geriye analizden elde edilen rezidüel açılar uyum göstermiştir. Yumuşak ve zayıf kayaçların kayma dayanımı parametrelerinin rutin hale getirilmiş saha kesme deneyleri ile tayini önerilmektedir.	
Anahtar Kelimeler:	
9- Proje ile ilgili Yayın/Tebliğlerle ilgili Bilgiler Tebliğ : Ergun M.U., v.d. Zayıf ve Yumuşak Kayaların Kayma Dayanımı Parametrelerinin Belirlenmesi, Zemin Mek. ve Temel Müh. 6. Ulusal Kong. İzmir (1996)	
10- Bilim Dalı: Doçentlik B. Dalı Kodu: 624.01.01 Uzmanlık Alanı Kodu: ISIC Kodu:	
11- Dağıtım (*): <input type="checkbox"/> Sınırlı <input checked="" type="checkbox"/> Sınırsız	
12- Raporun Gizlilik Durumu : <input type="checkbox"/> Gizli <input checked="" type="checkbox"/> Gizli Değil	

(*) Projenin Sonuç Raporunun ulaştırılmasını istediğiniz kurum ve kuruluşları ayrıca belirtiniz