

624.131.371.38

MAG-277

M 672 Y

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

1996-1371

YERİNDE KAMA KESME DENEYİ :
YENİ BİR ZEMİN DENEY TEKNİĞİ

Türker MİRATA

277

MÜHENDİSLİK ARAŞTIRMA GRUBU

TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

624,131,37/.38
M 672 y

YERİNDE KAMA KESME DENEYİ :
YENİ BİR ZEMİN DENEY TEKNİĞİ

PROJE NO: MAG - 277

Türker MİRATA
Asosye Prof. O. D. T. Ü.

14627

MÜHENDİSLİK ARAŞTIRMA GRUBU

Bu raporu, tamamlandığı günlerde, pek genç yaşta aramızdan ayrılan, iyiliksever insan, muhterem kayınpederimin aziz anısına sunarım.

T. M.

ÖNSÖZ

Bu araştırma, haziran 1970 ile şubat 1975 tarihleri arasında, Orta Doğu Teknik Üniversitesinde yapılmış, kasım 1972 tarihinden itibaren Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumunca desteklenmiştir.

Yeni bir zemin deney tekniği geliştirilmiş, güvenilirliği ve yararlılığı kanıtlanmıştır. Geliştirilen deneyin düşünülmesi olarak Yazarın aklına geldiği haziran 1970 tarihinden, bu raporun daktiloya verildiği ana değin 6170 saatlik bir çalışma gerekmiştir. Burada verilen, bu çalışmanın bir özettir. Geliştirilen deneyin ayrıntıları yayınlanmış bulunmaktadır (Mirata, 1974).

Yazar, çeşitli yönlerden yardımları dokunmuş bütün meslektaşlarına ve O.D.T.Ü. teknik ve idari personeline; özellikle arazi deneylerinin yapımında büyük emeği geçen Osman Bal ve İsmail Özdoğan'a; laboratuvar deneylerinde yardımcı olan Haydar Dallı'ya; aletlerin yapımında emeği geçen Mahmut Altın, Burhan Avcı, Ahmet Balcı, Nedim Başkurt, Cumhur Kaya, Abdülcelil Kazel, Şevket Kınay, Mustafa Kıyak, Naci Meriç, Hasan Metin, Mahmut Özbakır, Celal Özgün, Nazmi Özkan, İhsan Pesen, Vedat Uğursu, Halil Ünver, Abdurrahman Yalçın, Necdi Yıldız ve Faruk Yörük'e; alet kalibrasyonunda yardımcı olan Yalçın Barlas, Kerim Beylan ve Ergül Görgüç'e; öğretici nitelikte bir filmin çekiminde yardımcı olan Yavuz Baykal ve Haluk Cangökçe'ye; çeşitli biçimde yardımları dokunan Arif Ambar, Hamdi Bilgin, Şükrü Genç, Hamza Görkem, Mehmet Ali Lafcı, Mustafa Niksarlı ve Levent Tezel'e; ressam Namık Bilgili ve Yener Yurtsever'e; çeşitli raporları daktilo eden Gülseren Bebitoğlu, Ceşen Çoşkun, Cavidan İskender, Songül Karakaya ve Nur Özkan'a; inşaat alanında deney yapılması için anlayışla izin veren TODAİE inşaatı şantiye şefi Yük. Müh. Fethi Bakkal'a; gerekli literatür taramasını gerçekleştiren TÜRDOK mensuplarına içten teşekkürü borç bilir.

O.D.T.Ü.
10 Mart 1975

T. M.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	V
ABSTRAKT	IX
ABSTRACT (English)	IX
1. GİRİŞ	1
2. GELİŞTİRİLEN DENEYİN İLKELERİ	3
3. GELİŞTİRİLEN ALETLER	8
3.1. Deney kalıbı	8
3.2. Oluklu yükleme plakaları	9
3.3. Yerleştirme çerçevesi	10
3.4. Yükleme sistemini deney sırasında yükseltmeye yarayan alet	10
3.5. Bilye kafesi	10
3.6. Ayarlı kılavuz çerçeve	10
4. GEREKLİ DİĞER ALETLER	12
4.1. Kolayca yapılabilen aletler	12
4.2. Piyasada bulunabilen aletler	15
5. GELİŞTİRİLEN DENEYİN PLANLANMASI	17
5.1. Uygun deney kalıplarının seçilmesi	17
5.2. Yükleme yönteminin seçilmesi	18
5.3. Kesme düzlemine etkiyen momentlerin azaltılması	19
5.4. Kalıptaki dönmenin ölçülmesi	19
6. GELİŞTİRİLEN DENEYİN YAPILIŞI	20
7. GELİŞTİRİLEN DENEYİN SINANMASI	23
7.1. İncelenen göçmüş şevler	23
7.2. Yapılan 'yektka' deneyleri	24
7.3. Stabilite analizi sonuçları	27
8. GELİŞTİRİLEN DENEYİN YERLEŞMİŞ YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI	28
8.1. Üç eksenli basınç deneyleri	28
8.2. Yavaş kesme kutusu deneyleri	29
8.3. Stabilite analizi sonuçları	29
9. TARTIŞMA	32

Abstrakt

Suya yarı doymun durumdaki killerin drenajsız kayma dayanımını yerinde ölçmeye yarayan yeni bir deney tekniği geliştirilmiştir. Bu tekniğe göre, kama biçiminde hazırlanan bir zemin numunesi, tek bir kriko ve basit bazı aletler kullanılarak, bağlı bulunduğu ana zeminden kesilmektedir. Değişik deneylerde, yükleme yönü ile kesme düzlemi arasındaki açı değiştirilerek, kayma dayanımı -dikey gerilme oranı değiştirilebilmekte, böylece toplam gerilmeler türünden bir kayma dayanımı zarfı, bundan da zeminin drenajsız kayma dayanımı parametreleri elde edilebilmektedir. Geliştirilen deneyle ölçülen parametreler, suya yarı doymun, sert, fisürlü Ankara Kilinde, göçmüş üç şevin göçmeye karşı güvenlik katsayısını % 10'dan küçük bir yanılğı ile, ve yerleşmiş laboratuvar yöntemlerinden daha tutarlı biçimde vermiştir.

Abstract

A new testing technique has been developed for the in-situ measurement of the undrained shear strength of partly saturated soils. The method consists of shearing a wedge of the in-situ soil by means of a single hydraulic jack and some simple devices. By altering the inclination of the failure plane to the direction of loading, the ratio of shear strength to normal stress on the failure plane can be varied, and a shear strength envelope in terms of total stresses, and hence the undrained shear strength parameters of the soil obtained. Parameters measured in such tests have given the factor of safety of three failed slopes in the partly saturated, fissured Ankara Clay with an error of less than 10 %, and the results were more consistent than those obtained by usual laboratory techniques.

I. Giriş

Fistürlü killerin kayma dayanımını ölçmede, zemin özelliklerini daha iyi yansıtabilmek amacı ile, daha büyük bir alanı denemenin önemi son yıllarda değişik araştırmacılarca belirtilmiş bulunmaktadır (Bishop (1966), Lo (1970)). Böyle bir deneyin yerinde (arazide) yapılması, örselenmeyi asgariye indirme ve büyük numenelerin taşınması güçlüklerini giderme bakımından önemlidir.

Suya yarı doymuş killerin kayma dayanımını yerinde ölçebilecek bir metot, Biarez (1968) tarafından geliştirilmiştir. Bu metot, suya doymuş killer için kullanılan kanatlı kesicinin geliştirilmiş bir biçimini kullanmaktadır. Buna benzer bir metot, Thorley v. b. (1969) tarafından kullanılmıştır. Ancak bu metotla, zeminin belirli bir düzlemdaki kayma dayanımı değil, silindiresel bir yüzey boyunca ortalama kayma dayanımı ölçülebilmektedir. Ayrıca Biarez bu metodun sert killere uygulanmasında güçlükler doğduğunu belirtmektedir. Bu aletin belirli bir düzlemdaki kayma dayanımını verebilmesi için Blight'in (1970) denemiş olduğu yönde değişikliklere uğraması gerekmektedir. Handy ve Fox'un (1967) geliştirdiği bir başka kesme deneyinin de benzer sakıncaları vardır.

Halen, suya yarı doymuş killerde belirli bir düzlemdaki kayma dayanımını arazide ölçmekte kullanılacak tek bir metot vardır. Bu da Bishop'un (1966) belgelediği türde, büyük çapta bir kesme kutusu deneyi yapmaktır. Ancak bu metot, en az iki krikto ve iki yük ölçme aletine ek olarak uygulanan kesme kuvveti düzeyinde ağırlıklar gerektirir (örneğin, 2 tonluk kesme kuvveti için 2 ton ağırlığında ölü yük). Bu nedenlerle, sınırlı boyutlardaki bir deney çukurunda bu metodu uygulamak çok güçtür.

Bu araştırmanın amacı, suya yarı doymuş killerin kayma dayanımını ölçmekte kullanılacak daha basit bir metot geliştirmek olmuştur. Böyle bir metodun ilk denemeleri başarıyla yapıldıktan kısa bir süre sonra Fagnoul ve Bonnechère'in (1970) yazıları yayımlanmıştır. Bu araştırmacılar 3mx5mx6m boyutlarındaki bir zemin kütesini eğri bir yüzey boyunca, bu araştırmada geliştirilen metoda benzer bir yöntemle, yerinde kesmiş oldukları özel iki deneyi belgelemişlerdir. Ancak onların izlediği yöntemle zeminin kayma

dayanımı parametrelerini bulma olanağı olmadığı gibi, bu çapta bir deneyi pratik bir deney metodu olarak önermek de olanaksızdır.

Bu araştırmada geliştirilen metoda, daha önce yayımlanamadığı için, Fagnoul ve Bonnechère tarafından izlenen yöntemin geliştirilmiş ve basitleştirilmiş bir biçimi olarak bakmak zorunluğu doğmaktadır. Geliştirilen metod, toplam olarak 85 kg ağırlığında aletler kullanarak iki kişinin 4-6 saat içerisinde yapabileceği niteliktedir. Ağırlığı 15 kg dolayında olan en az birek kalıp kullanarak, bu türde dört deney yapmak, zeminin kayma dayanımı parametrelerini yeterli bir yaklaşımla vermektedir. Deney, 1,20 m çapında bir deney çukurunda rahatlıkla uygulanabilir ve herhangi bir eğimdeki bir düzlem boyunca kayma dayanımını ölçmekte kullanılabilir.

Karasal bir Üst Pliyosen formasyonu (Erol, 1962) olan suya yarı doygun, sert, fisürlü, çatlaklı Ankara Kili içerisinde pek sık rastlanan iri taneler, laboratuvar deneyleri için numune alınıp hazırlanmasını güçleştirmektedir. (Ordemir v.b. , 1965) , Bu nedenle, Ankara Kili, geliştirilmiş bulunan deney için iyi bir esin kaynağı olmuştur. Bu kilde meydana gelmiş üç şev kayması ise deneyin güvenilirliğini denetleme olanağını sağlamıştır.

Son olarak aynı şev kaymaları, yerleşmiş laboratuvar deneyleri kullanılarak incelenmiş, elde edilen sonuçlar, geliştirilen deneyle bulunanlarla karşılaştırılmıştır.

Bu araştırmada sunulan veya sonuçlarına değinilen kayma dayanımı zarflarının büyük çoğunluğu, deneysel noktalar arasından elektronik bilgisayar için programlanmış (IBM, 1969) en küçük kareler metodu kullanılarak bir doğru geçirmek suretiyle elde edilmiştir. Ancak bu yöntemin zeminlerin bilinen davranışlarına ters düşen sonuçlar (eksi bir kohezyon değeri veya çok yüksek bir sürtünme açısı gibi) verdiği durumlarda, dayanım zarfı kişisel yargı kullanılarak çizilmiştir ; bu ayrık durumlar şunlardır : Üç Eksenli Basınç Deneyi Serisi B/10⁰, C/1, D/ 102 mm ; Yavaş Kesme Kutusu Deney Serisi B/10⁰ (suya boğularak, kabarma düzeltilmesiz). Deney serilerine verilen işaretler, incelenen yerlerin raporda belirtilen işaretleridir.

2. Geliştirilen Deneyin İlkeleri

Zeminde, Şekil 1 (a) ' daki gibi çift basamaklı bir çukur kazıldığını, bir ucunun, Şekil 1 (b) 'deki gibi kama biçiminde bir çıkıntı bırakacak şekilde kesildiğini varsayalım. Zemin kamasının dağılmamasını sağlayacak önlemler alınıp Şekil 1 (b) 'deki ok işareti yönünde gittikçe artan bir P kuvveti uygulanır, ve kamanın α açısı daha sonra belirlenecek sınırları aşamazsa, zemin ABDE düzlemi boyunca kırılacaktır.

Fagnoul ve Bonnechère (1970), benzer bir ilkeden yararlanarak Şekil 1 (b) 'deki benzeyen, ancak eğri bir kayma yüzeyi olan, büyük (yaklaşık olarak 3m x 5m x 6m boyutlarında bir kama biçiminde hazırlanmış, heterogen bir zemin kütesini göçtürmeye yetecek yatay kuvveti ölçmüşlerdir. Ancak bu şekliyle böyle bir yöntem, suya doymamış zeminlerin drenajsız kayma parametreleri c ve ϕ ' yi bulmakta kullanılamadığı gibi, pratik bir deney metodu olarak da önerilemez.

Öte yandan, kayma yüzeyi bir düzlem olarak seçilecek olursa, yükleme yönü ile kayma düzlemi arasındaki α açısının değişik değerleri için deneyi yineleyerek c ve ϕ değerleri bulunabilir. Buna ek olarak kamanın boyutları küçültülüp, statikçe belirli bir yük sistemi uygulanacak olursa, deneyin yapımı da, değerlendirilmesi de basitleşmiş olur.

Kesilen zeminin biçiminden esinlenerek geliştirilen deneye, yerinde kama kesme deneyi (' yekka' deneyi) denilmiştir.

Deneyi gerçekleştirmek için Şekil 2'deki yükleme sistemi seçilmiştir. Zemin kamasının üzerine metal bir kalıp (TM) geçirilir. Yük, tek bir hidrolik krika (HJ) ile uygulanır, ve aralarında çelik bilyeler bulunan iki plaka (LP. 1 ve LP. 2) aracılığıyla deney kalıbına ulaşır. Krika için gerekli tepki, aralarında tek bir çelik bilye taşıyan iki küçük plaka (BP) ve daha geniş bir tepki plakası (RP) ile sağlanır.

Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken yükler, deplasmanlar ve uzaklıklar Şekil 3'te gösterilmiştir. Bu şemadaki sürekli

çizgiler deneyin başlangıcındaki durumu, kesik çizgiler ise deney kalıbı ve bitişiğindeki üç parçanın deneyin bir ara evresindeki durumunu temsil etmektedir. 0_1 ve 0_2 deney kalıbının kesme düzlemi alanının sırasıyla başlangıç ve ara evredeki merkezleridir. 0_3 ise, ara evrede artakalan (düzeltilmiş) kesme düzlemi alanının merkezidir. Karışıklık yaratmamak için W kuvveti deney kalıbının ara evredeki durumu üzerinde işaretlenmiş, bütün diğer yükler aletlerin başlangıçtaki durumları için gösterilmiştir.

Kesme düzlemine etkileyen kuvvet bileşkesinin yükleme yönüne sırasıyla paralel ve dik yönlerdeki bileşenleri, X ve Y , şu denklemlerden hesaplanabilir :

$$X = P - (W + W_{BC} + W_{LP}) \sin \Theta \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$Y = \left(W + \frac{M_B}{D} \right) \cos \Theta + F \quad \dots \dots \dots (2)$$

Burada,

P = yük hücresiyle ölçülen kuvvet

W = zemin kaması, deney kalıbı ve oluklu yükleme plakası LP.1'in toplam ağırlığı

W_{BC} = bilye kafesinin ağırlığı

Θ = yükleme yönünün yataya eğimi

M_B = tek bilye ile LP.1'in oluklu yüzeyi arasındaki parçaların ağırlıklarının, $\Theta = 0$ olduğu durumda, tek bilyeye göre momenti

D = tek bilye ile LP.1'in oluklu yüzeyi arasındaki dikey uzaklık

F = oluklu plakalardan birinin, arada serbestçe dönebilen bilyeler varken, ötekine göre hareketine direnen sürtünme kuvveti.

F oldukça küçük bir kuvvet olup, uygulamada şu formülden hesaplanabilir :

$$F = \mu \cdot P \quad \dots \dots \dots (3)$$

Burada, μ = ilgili sürtünme katsayısı (Bu araştırmada kullanılan aletler için, oluklar yağlandığında $\mu = 0,0089$, yağsız durumda ise $\mu = 0,0125$ bulunmuştur).

Kesme düzlemine etkileyen ortalama dikey gerilme, σ_N , ve ortalama kesme gerilmesi, τ , şu denklemlerden hesaplanabilir :

$$\sigma_N = \frac{1}{A_c} \left\{ X \sin \alpha + Y \cos \alpha \right\} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$\tau = \frac{1}{A_c} \left\{ X \cos \alpha - Y \sin \alpha \right\} \quad \dots \dots \dots (5)$$

Burada, $\alpha =$ deney kalıbının kesme düzlemi ile yükleme yönü arasındaki açı

$A_c =$ aşağıdaki denklemden hesaplanan düzeltilmiş kesme düzlemi alanı :

$$A_c = b (d - u) \dots\dots\dots (6)$$

Burada, $d =$ kesme düzleminin başlangıçtaki uzunluğu
(bu araştırmada normal olarak 360 mm)

$b =$ kesme düzleminin sabit eni (bu araştırmada 250 mm)

$u =$ deney kalıbının kesme düzlemi yönündeki deplasmanı.

u , ve deney kalıbının kesme yönüne dik yöndeki deplasmanı,
 v , şu denklemlerden hesaplanır :

$$u = \delta_x \cos \alpha + \delta_y \sin \alpha \dots\dots\dots (7)$$

$$v = \delta_y \cos \alpha - \delta_x \sin \alpha \dots\dots\dots (8)$$

Burada, δ_x ve δ_y deney kalıbının yükleme sırasında sırasıyla X ve y'nin positif yönlerinde ölçülen deplasmanlarıdır. v 'nin positif değerleri, başlangıçtaki kesme düzlemine göre kabarma anlamını taşır.

Kesme düzlemine etkiyen toplam moment, M, şu denklemden hesaplanabilir :

$$M = x \cdot W \cos \theta + y \cdot W \sin \theta + \left(\frac{M_B}{D} \cos \theta + F \right) \left(-\frac{d-u}{2} \cos \alpha + n \right) + \left\{ P - (W_{BC} + W_{LP}) \sin \theta \right\} \left(\frac{u}{2} \sin \alpha + v \cos \alpha - \Delta y_p \right) \dots (9)$$

Burada, $x = \bar{x} - \frac{u}{2} \cos \alpha \dots\dots\dots (10)$

$$y = \bar{y} + \frac{u}{2} \sin \alpha \dots\dots\dots (11)$$

$n =$ deney kalıbının iç yükleme yüzeyi ile yükleme plakası LP.1'in oluklu yüzeyi arasındaki uzaklık

$\Delta y_p =$ yüklemeye geçmeden önce yükleme aletlerinin deney kalıbına göre yükseltile miktarı (Şekil 3'te Δy_p sıfır kabul edilmiştir)

$\bar{x}, \bar{y} =$ zemin kaması, deney kalıbı ve oluklu yükleme plakası LP.1'in bileşik ağırlık merkezinin, deney kalıbının kesme düzleminin alan merkezine göre koordinatları.

Uygulamada, zeminin birim ağırlığı için ortalama bir değer kullanarak \bar{x} , \bar{y} değerlerini bir kez hesaplamak yeterlidir.

Kesme düzlemi boyunca doğrusal bir gerilme dağılımı kabulüyle, kesme

düzlemine etkiyen dikey gerilmenin maksimum ve minimum değerleri şu denklemlerden hesaplanabilir :

$$(\sigma_N)_{\max} = \sigma_N + \frac{6 M}{b (d - u)^2} \dots \dots \dots (12)$$

$$(\sigma_N)_{\min} = \sigma_N - \frac{6 M}{b (d - u)^2} \dots \dots \dots (13)$$

$(\sigma_N)_{\min}$ eksi olduğu durumlarda, zemin genellikle çekme gerilmesine karşı dayanıksız kabul edildiğinden, denklem (6), (12) ve (13) geçersizdir. Bu ender durumlarda, kesme düzleminin d_c uzunluğundaki bir kesimi basınç altında ise, d_c , σ_N ve τ aşağıdaki denklemlerden hesaplanabilir :

$$d_c = 3 \left\{ \frac{d-u}{2} - M / (X \sin \alpha + Y \cos \alpha) \right\} \dots \dots (14)$$

$$\sigma_N = \frac{1}{bd_c} (X \sin \alpha + Y \cos \alpha) \dots \dots \dots (15)$$

$$\tau = \frac{1}{bd_c} (X \cos \alpha - Y \sin \alpha) \dots \dots \dots (16)$$

Kesme düzlemine etkiyen momentleri asgariye indirip, çekme gerilmesi olasılığını gidermek için, yükleme aletleri deney sırasında Δy_{RB} miktarında yükseltmişse, denklem (9)'un son terimindeki Δy_p yerine $(\Delta y_p + \Delta y_{RB})$ konmalıdır.

Buraya değin verilen denklemler, deney kalıbının bütün deney boyunca başlangıçtaki eğimini koruduğu kabulüne dayanmaktadır. Aslında, zemin kamasının deney süresince hafifçe döndüğü ve kırılma anında bu dönmenin 1 derece düzeyine ulaştığı gözlenmiştir. (Aynı olay laboratuvar kesme kutusu deneylerinde de görülmüştür.) Bu dönme çoğunlukla denklem (9)'daki Δy_p 'nin efektif değerini azaltacak yönde olduğu için, kesme düzlemine etkiyen gerçek moment, denklem (9)'dan bulunandan genellikle daha yüksektir.

Deneyin 38 kez uygulanmasından varılan sonuca göre kesme düzleminin ön kısmında çekme gerilmeleri doğan ender durumlar dışında, anılan dönmenin (β) hesaba katılmaması, ölçülen kayma dayanımını hiç etkilememektedir. Buna karşın, β 'yı hesaba katarak daha tam bir sonuca varılmak isteniyorsa, Şekil 4'teki geometriden basitleştirici yaklaşıklıklar uygulanarak bulunan aşağıdaki denklemler kullanılabilir :

$$\bar{u} = u + (\bar{O}_3 E \cdot \cos \psi_1 \cdot \sin \alpha + \bar{O}_3 F \cdot \sin \psi_2 \cdot \cos \alpha) \cdot \beta \dots (17)$$

$$\bar{v} = v + (\bar{O}_3 E \cdot \cos \psi_1 \cdot \cos \alpha - \bar{O}_3 F \cdot \sin \psi_2 \cdot \sin \alpha) \cdot \beta \dots (18)$$

Bu denklemde

\bar{u} , \bar{v} = sırasıyla u ve v'nin ortalama değerleri

u, v = sırasıyla denklem (7) ve (8)'den hesaplanan deplasmanlar

$$\overline{O_3E} = \left\{ (d + u) \frac{\sin \alpha}{2} + t \right\} / \sin \psi_1 \dots \dots \dots (19)$$

$$\overline{O_3F} = \left\{ (d - u) \frac{\cos \alpha}{2} + t \right\} / \cos \psi_2 \dots \dots \dots (20)$$

$$\psi_1 = \arctan \left\{ \left[(d + u) \frac{\sin \alpha}{2} + t \right] / \left[d \cdot \cos \alpha + t - d_1 + \delta_x - (d + u) \frac{\cos \alpha}{2} \right] \right\} \dots \dots \dots (21)$$

$$\psi_2 = \arctan \left\{ \left[d \cdot \sin \alpha + t - d_2 - \delta_y - (d - u) \frac{\sin \alpha}{2} \right] / \left[(d - u) \frac{\cos \alpha}{2} + t \right] \right\} \dots \dots \dots (22)$$

$$\beta = (\delta_y - \Delta y_{MP} - \Delta y_p) / (D + n + d_1 - t) \quad (\text{radyan}) \dots (23)$$

Burada, δ_x ve δ_y , denklem (8)'deki deplasmanlardır, ancak bu kez deney kalıbından bağımsız olarak desteklenen göstergeli mikrometrelerle ölçülmelidirler.

d_1, d_2 = sırasıyla δ_y ve δ_x 'in ölçüldüğü noktaların, deneyin başlangıcında, kalıbın Şekil 3'teki kesitte görünen dış dik köşesine olan uzaklıkları
 t = kalıbın et kalınlığı

Δy_{MP} = P yükünün, zemin kamasının yükleme yüzeyi merkezine göre aşağıya doğru deplasmanı (deneyin başlangıcında $\Delta y_{MP} = - \Delta y_p$)

$D, n, \Delta y_p$ denklem (2) ve (9)'daki değerlerdir.

Denklem (1) - (5), β 'nın dikkate alınmasından etkilenmez ; denklem (6) ve (9)-(14)'teki u değerleri yerine \bar{u} konması, denklem (9)'da son ayraç içindeki ifadenin de $(\Delta y_{MP} - \bar{u} \cdot \frac{\sin \alpha}{2})$ olarak değiştirilmesi gerekir. Yükleme aletlerinin deney sırasında $2\Delta y_{RB}$ miktarında yükseltilmesi durumunda, denklem (23)'teki Δy_p yerine $(\Delta y_p + \Delta y_{RB})$ konmalıdır.

3. Geliştirilen Aletler

Deneyin seri ve güvenilir bir biçimde yapılabilmesi için geliştirilen özel aletlerin ayrıntıları Şekil 5-10'da gösterilmiş ve aşağıda anlatılmıştır.

3.1 **Deney Kalıbı** : Zemin kamasının deney sırasında dağılmasını önlemek amacıyla kullanılan deney kalıbının ayrıntıları Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu kalıp, 10 mm'lik çelik sac'tan gerekli boyutlarda kesilip kenarları düzlenmiş dört parçayı birbirine kaynatarak yapılabilir. α açısı 5 derecelik artırımlarla 25 ile 45 derece arasında değişen beş kalıp, her tür zemin için yeterlidir.

Her kalıbın iç eni 250 mm, kesme yüzeyinin uzunluğu 360 mm'dir. Böylece her deneyin başlangıcında, kesme düzlemi alanı 900 cm² olur. Her kalıbın ayrıca şu özellikleri vardır (Şekil 5) :

- (1) Kesme yüzeyinin iki uzun kenarı birer kesici uç oluşturacak biçimde 45 derecelik eğimde bilenmiştir.
- (2) Oluklu yükleme plakası LP.1'in (Şekil 2) kalıbın iç yükleme yüzeyine göre merkezî bir biçimde vidalanabilmesi için üç tane 6,3 mm'lik vida deliği (A) vardır.
- (3) Yükleme yüzeyi ile kesme yüzeyinin kesiştiği uçta, kalıbın iki yanında 6,2 mm çapında 5 mm derinliğinde iki delik (B) vardır. α açısı küçük olan kalıplarda, bu deliklerin açılabilmesi için, bu noktaların yakınındaki şevli kesimi kaynakla doldürmek gerekebilir.
- (4) Yükleme yüzeyinde, durumu Bölüm 6 (4)'te açıklığa kavuşacak bir noktada 7,5 mm çapında, 5 mm derinliğinde bir delik (D) vardır.
- (5) Kalıbın dikdörtgen biçimindeki dış yüzeyleri ince işlenmiştir.
- (6) Oluklu yükleme plakası LP.1'in kalıba vidalanırken kolayca merkezî duruma getirilebilmesini sağlayan 40 mm x 15 mm x 3 mm boyutlarında iki küçük plaka (GP) kalıba vidalamayı ayarlanmıştır.

- (7) Kalıbın şevli iki kenarında, en yakın B deliğinden itibaren, bu deliğin dikdörtgen biçimindeki karşı iç yüzeye olan uzaklığına eşit h uzaklığında kazınmış birer işaret (M) vardır.
- (8) İçsel sürtünme açısı düşük veya sıfır olan zeminlerde kalıbın efektif açısını 65 dereceye kadar yükseltebilmek amacıyla, yukarıda Bölüm 3.1 (2) - 3.1 (7)' de belirtilen özellikler, kalıbın dikdörtgen biçimindeki ikinci yüzeyine de uygulanabilir.
- (9) Kalıbın gerektiğinde Bölüm 3.1 (8)' de belirtilen amaçla kullanılmasını engellemeyecek biçimde kaynatılmış bir kulpu vardır. Bu kulp taşımada kolaylık sağladığı gibi, yataya eğimli yüklemenin kullanıldığı durumlarda kalıbı geçici olarak desteklemekte de yardımcı olur.

3.2 Oluklu Yükleme Plakaları : Bu plakalar şu yolla yapılabilir : 300 mm x 150 mm x 22 mm boyutlarında sert çelikten (Brinell sertlik sayısı en az 220) bir plaka, kesilip düzlenir. Bu plakanın bir yüzeyi kusursuz bir düzlük yaratacak biçimde taşlanır. Karşı yüzeye 27 mm aralıklarla 300 mm uzunluğunda, 1 mm derinliğinde, yarıçapı 6 mm olan, birbirine paralel beş oluk açılır ; sonra bu plaka ortadan kesilerek 150 mm x 150 mm boyutlarında iki plaka (Şekil.2'de LP.1 ve LP. 2) elde edilir.

Bu iki plakaya sonradan, Şekil 6 'da gösterilen şu ayrıntılar eklenir :

- (1) LP.1 işaretli plakaya (Şekil 6 (a)) bunu deney kalıbına saptamakta kullanılacak gömülü vidalar için çift basamaklı üç delik (H) açılır. Bu delikler plakanın tam merkeze ayarlanabilmesi için, 6,3 mm'lik vidalarınkinden 2 mm kadar daha büyük çapta olmalıdır.
- (2) LP.1 işaretli plakanın alt kenarına, döndürülebilene iki konsol (BR) vidaları. Bunların eni 20 mm'den büyük olmamalıdır.
- (3) LP.1 işaretli plakanın her bir yanına ikişer çengel (K) vidaları. Bunlar, LP.2 işaretli plakaya takılan S vidalarına (Şekil 6 (b)) geçip, yükleme aletlerinin montajı sırasında dışa çevrili konsolların (BR) üzerine oturtulan çelik bilye kafesini (BC, Şekil 2) ve LP.2 işaretli plakayı tutmaya yarar.
- (4) LP.2 işaretli plakanın (Şekil 6 (b)) düz yüzeyinin tam ortasına, eldeki yük ölçme hücresinde (LC, Şekil 2) bulunan deliğe geçip aletleri bir eksene ayarlamaya yarayan bir pirinç disk (BD) vidaları.
- (5) LP.2 işaretli plakanın, oluklara dik olan bir kenarının ortasına 6,3 mm'lik bir vida deliği (F) açılır. Bu delik, Bölüm 2, denklem 3'teki sürtünme katsayısının bulunması için yapılacak özel deney sırasında bu plakaya gözlü bir civata takılabildiğini sağlar.

3.3 Yerleştirme Çerçevesi : Ayrıntıları Şekil 7'de gösterilen bu alet, deney kalıbının, düzgün bir biçimde ve zemini örselemeden, zemin kaması üzerine geçirilmesini sağlar. 30 mm x 30 mm x 4 mm boyutlarındaki çelik köşebentlerden kesip kaynatarak yapılabilir. Aletin üç düzleme vidası (LS); altı sıkıştırma vidası (CS); uçları 6 mm'lik çapa tornalanmış iki saptama vidası (SS); ve bir de 180 mm uzunluğunda, en az 16 mm çapında, ucu 7 mm'lik çapa tornalanmış itme vidası (JS) vardır.

3.4 Yükleme Sistemini Deney Sırasında Yükseltmeye Yarayan Alet :

Ayrıntıları Şekil 8'de gösterilen bu alet, kesme düzlemine etkiyen momentleri asgariye indirmek amacıyla Şekil 2'deki sade tepti plakası (RP) yerine kullanılabilir. 250mm x 250mm x 20mm ve 100mm x 100mm x 25mm'lik iki çelik plaka üzerine (Şekil 8'de sırasıyla RPG ve BPG) boydan boya, birbirine paralel, 1mm derinliğinde, 6mm yarıçapında, 13mm aralıklı altışar oluk açılmıştır. Yapım kolaylığı bakımından, bu oluklar 350mm x 100mm x 10mm'lik bir çelik plaka üzerine açılıp, 100mm x 100mm x 10mm'lik bir bölümü kesilerek 100mm x 100mm x 20mm'lik bir çelik plakaya, gerisi de 250mm x 250mm x 20mm'lik bir çelik plakaya vidalanabilir. RPG ile BPG arasında, 16mm x 13mm aralıklı bir ağın kesişme noktalarında kolayca hareket edebilen 42 tane 12mm çaplı çelik bilye taşıyan, yapılış yönünden Şekil 9'dakine benzer bir bilye kafesi (BC. 2) vardır. 185 mm uzunluğunda, 8mm çapındaki yükseltme vidası (RS), RPG'ye vidalanmış bir konsol üzerinde, eksenel yönde hareket etmeden, serbestçe dönebilmektedir. RS işaretli vida, BPG'deki 25mm'i dişli olan bir delikten geçip, döndürüldükçe BPG'yi ve böylece bütün kriko sistemini yükseltmektedir. RS'nin alt ucu, taşıma sırasında eğilmeyi önlemek amacıyla bir ikinci konsol üzerindeki delik içerisinde serbestçe döner. AD.1 ve AD.2 işaretli adaptörler kriko ile yük ölçme hücrelerini ve BPG'ye merkezi bir biçimde yapıştırılmış 18mm çaplı çelik bilyeyi bir eksene getirmekte kolaylık sağlar. Taşımada kolaylık için RPG'ye 10mm'lik inşaat demirinden bir kulp kaynatılmıştır. *

3.5 Bilye Kafesi : Şekil 2'de BC olarak gösterilen bu kafesin kesiti Şekil 9 (a)'da verilmiştir. Kafes, 1 mm kalınlığında 150 mm x 150 mm'lik iki çelik sacın bunların arasında 5 mm kalınlığında, aynı en ve boyda alüminyum bir plakadan yapılabilir. Bu plakalar, 27 mm x 22 mm aralıklı bir ağın kesişme noktalarında 30 tane 12 mm çaplı çelik bilyenin serbestçe hareket edebileceği biçimde (Şekil 9 (b)) delinip bir araya perçinlenir.

3.6 Ayarlı Kilavuz Çerçeve : Bu çerçeve, Şekil 1 (a)'daki yüklenme çukuru nun çabuk ve düzgün açılabilmesini sağlar. Boyu, değişik yükleme aletleri kullanımına olanak sağlayacak biçimde ayarlanabilir. Bu çerçeve, Şekil 10 (a)'da gösterilen biçime 1,5 mm kalınlığında çelik sacın

* Bölüm 2'deki Δy_{RB} değerinin ölçülmesinde kolaylık bakımından BPG'nin üst kenarına 80 mm x 20 mm x 2 mm boyutlarında pirinç bir konsol vidalanabilir.

kesilen iki parçanın Şekil 10 (b)' deki biçime bükülmesiyle yapılabilir.
Bu amaçla uygulanacak işlemler şöylece sıralanabilir :

- (1) Şekil 10 (a)'daki parçalar DE boyunca kesilir ;
- (2) FF boyunca - 180 derece katlanır ;
- (3) GG boyunca +90 derece katlanır ;
- (4) EG boyunca 90 derecelik köşeler oluşturacak biçimde katlanıp kelebek vidalarla Şekil 10 (b)' deki gibi birbirine bağlanır.

4. Gerekli Diğer Aletler

Deneyin yapımı için kolayca yapılabilen veya piyasada bulunabilen aşağıdaki ek aletler gereklidir.

Deney, Şekil 11 (a) veya (b)' deki gibi bir deney çukuru içerisinde yapılacaksa, çukur duvarları güvenilir bir yöntemle desteklenmelidir. Bu araştırmada kullanılan iki tip destekleme sisteminin ayrıntıları Hvorslev (1949) ve Mirata (1975) tarafından verilmiştir.

4.1. Kolayca Yapılabilen Aletler :

(1) L-kalıpları (Şekil 12 (a) - (c)) :

Bunlar , 1,5 mm kalınlığında çelik saçtan yapılmış 'L' kesitli kalıplardır. Kullanılacak her deney kalıbı için ayrı bir L - kalıbı gereklidir. Her L - kalıbının eni 253 mm, bir kolunun uzunluğu, birlikte kullanılacağı deney kalıbının yükleme yüzeyi iç uzunluğunda, diğer kolunun uzunluğu ise aynı deney kalıbının dikdörtgen biçimindeki diğer yüzeyinin iç uzunluğundadır.

(2) İşaretli sehpa, GS (Şekil 12 (d)). (Zorunlu değildir.)

Bu, ayaklarında her bir kalıp için gerekli yükleme çukuru derinliğini belirleyen işaretler bulunan dört ayaklı ahşap bir sehpadır. Gerektiğinde değişik yükleme aletlerinin kullanılabilmesi için Şekil 10'dakine benzer bir düzenle uzunluğu ayarlanabilir duruma getirilebilir. Bu alet, yükleme çukuru- nun boyutlarını çabuk ve güvenilir bir biçimde denetleme olanağı sağlar.

(3) Bilye Yatakları, BP (Şekil 12 (j)).

Ortalarında 5 mm derinliğinde, taban çapı 20 mm olan konik birer oyuğu bulunan 100 mm x 100 mm x 20 mm boyutlarında iki çelik plaka.

(4) Tepki plakası RP (Şekil 12 (e) - (j)) :

270 mm x 250 mm x 20 mm boyutlarında çelik bir plaka.

(5) Ortalama çerçevesi CR (Şekil 12 (j)) :

Üzerine yerleştirilen yük ölçme aleti (LC), hidrolik krikko (HJ) ve bilye yataklarını (BC) (Şekil 2) bir eksene getirecek biçimde şekillendirilmiş çapraz parçaları bulunan ahşap bir çerçeve. Bunun boyu, üzerine yerleştirilen aletlerin toplam uzunluğundan az kısa, eni yaklaşık olarak 240 mm, yüksekliği de 70 mm olabilir. Bu çerçevenin alt kısmına 2 mm kalınlığında çelik bir sac vidalanmıştır. Bu sac'ta açılan dört delik ve bunlarla aynı ekseninde, saca kaynatılan birer somun içerisinden düzleme vidaları geçer. Bunlar, yaklaşık olarak 8 mm çapında, 150 mm uzunluğunda, uçlarına dönebilen birer tas rondela perçinlenmiş kelebek vidalardır. Şekil 8' deki düzenin kullanıldığı durumlarda, ortalama çerçevesi gerekmez; ancak zeminin çok yumuşak olduğu durumlarda, yükleme aletlerini desteklemek için sadece krikoyu taşıyacak boyda, daha basit bir çerçeve kullanılabilir.

(6) Referans plakası, RL (Şekil 12 (j)) :

100 mm uzunluğunda iki kol oluşturacak biçimde 'L' kesitinde katlanmış 200 mm x 160 mm x 2 mm boyutlarında alüminyum bir plaka.

(7) Referans plakası destekleri (Şekil 12 (j)) :

Kesit boyutları 30 mm x 20 mm x 1,3 mm olan iki tane 360 mm uzunluğunda, iki tane 240 mm uzunluğunda, bir tane de 400 mm uzunluğunda delikli köşebent.

(8) Ahşap gönyeler (Şekil 12 (a)) :

40 mm kalınlığında tahtadan kesilme, yaklaşık olarak 200 mm uzunluğunda, dar açıları 5 derecelik artımlarla 5°-25° arasında değişen beş gönye. Bunlar, bir su terazisiyle birlikte, yüklemenin yataya eğimli olarak yapıldığı deneylerde, zeminin düzlenen yüzeylerinin ve yükleme aletlerinin eğimini saptamakta kullanılır.

(9) Takozlar (Şekil 12 (f)) :

İki tane 250 mm x 100 mm x 100 mm, iki tane 250 mm x 100 mm x 50 mm, iki tane de 250 mm x 80 mm x 15 mm boyutlarında tokoz. Bunlar yükleme çukurunun üç kenarı ile Şekil 7'deki yerleştirme çerçevesinin sıkıştırma vidaları arasına konur (Şekil 12 (f)) :

(10) Ahşap destek ve kama (Şekil 12 (ö)):

Eni 150 mm, kalınlığı 15 mm boyu da yükleme çukuru buyundan 25 mm kadar daha kısa olan bir tahta ile 150 mm'lik uzunluğu boyunca 30 mm'den 3 mm'e incelen, 100 mm eninde ahşap bir kama. Tahtanın bir ucu, uzun kenarlarından biri ötekinden 30 mm kadar daha kısa olacak biçimde kesilir.

(11) Çelik çubuklar (Şekil 12 (h)) :

İki tane 300 mm uzunluğunda, bir tane de 600 mm uzunluğunda, 10 mm 'lik inşaat demiri.

(12) Takviye Plakası :

Yeraltı suyunun sızıp, yüklem çukuru tabanını yumuşattığı durumlarda yerleştirme çerçevesi (Şekil 7) veya ortalayıcı çerçevenin düzleme vidalarının zemine gömülmesini önlemek üzere yüklem çukuru tabanına yerleştirilen 360 mm x 300 mm x 1,5 mm boyutlarında çelik bir sac.

(13) Yükseltme tahtaları :

Gerektiğinde ortalama çerçevesi altına yerleştirilmek üzere 360 mm x 300 mm x 20 mm boyutlarında dört tahta.

(14) Ayarlama tahtası :

Şekil 11 (a) 'daki yüklem yöntemi uygulanacaksa, deney kalıbını Şekil 7 ' deki yerleştirme çerçevesine geçirmeden önce, bu çerçeveyi yüklem çukuru içerisinde yerine ayarlamakta kullanılmak üzere, uzunluğu 280 mm ; eni 30 mm boyunca 270 mm, gerisinde 250 mm ; kalınlığı da 15 mm olan bir tahta. Bu tahtanın 270 mm enindeki ucunun her iki yanına yerleştirme çerçevesi üzerindeki SS saptama vidalarının (Şekil 7) geçebileceği birer delik açılır. Tahtanın üzerine de bu deliklerden her kalıbın h uzaklığında (Şekil 5) birer çizgi çizilir.

(15) Takviye parçaları :

Sekiz tane 320 x 20 x 2 mm 'lik piriç şeridin, orta kısmı 120 mm, iki kolu 100 mm uzunluğunda olan dik köşeli birer "U" biçiminde bükülmesiyle elde edilen parçalar.

(16) Göstergeli mikrometre destekleri :

Göstergeli mikrometreler deney kalıbından bağımsız olarak saptanacaksa, iki tane 600 mm uzunluğunda, 60 mm x 40 mm x 2 mm kesit boyutlu, delikli köşebent.

(17) Raf :

Çapı 120 cm dolayında olan bir deney çukurunda çalışılacaksa, hidrolik krik pompası ve diğer bazı aletlerin yerleştirilebilmesi için kuyu kenarına aşılabilecek çift katlı bir raf. Eni 250 mm, bir kenarı 640 mm diğeri 900 mm uzunluğunda olan, 30 mm kalınlığında iki tahtanın 10 mm çapında, 45 cm uzunluğunda dört çelik çubukla köşelerinden birbirine bağlanmasıyla uygun bir raf elde edilebilir.

(18) Tepki plakası destekleri :

Şekil 11 (a)'daki yükleme yöntemi uygulanacaksa, çukur duvarına çakılıp tepki plakasını desteklemek için iki tane 600 mm uzunluğunda, 30 mm x 20 mm x 1,3 mm kesit boyutlu, delikli köşebent.

4.2 Piyasada bulunabilen aletler

(1) Elektrikli yük ölçme hücresi LC (Şekil 2 ve 12 (j) ve yardımcı aletleri :

Bu araştırmada kullanılan deney kalıpları için, yumuşakça zeminlerde 2000 kg kapasiteli bir yük ölçme hücresi, daha sert zeminler içinse 5000 kg kapasiteli bir hücre yeterlidir. Bunların uçları düz ve birbirine paralel olmalıdır.

(2) Hidrolik krika HJ (Şekil 2 ve 12 (j)) :

Pompası, yük uygulayan bölümüne bükülebilir bir basınç hortumuyla bağlanan, 10000 kg kapasiteli bir hidrolik krika.

(3) Seçilen deney yöntemine göre en az iki, en çok dört tane 0,01 mm bölüntülü, 50 mm kapasiteli göstergeli mikrometre ve bunların manyetik tabanlı destekleri.

(4) Bir süreölçer.

(5) Yaklaşık olarak 20 cm uzunluğunda bir su terazisi.

(6) Değişik eğimleri ölçebilecek biçimde ayarlanabilen bir su terazisi (zorunlu değildir).

(7) 50 cm uzunluğunda, mm bölüntülü çelik bir cetvel.

(8) Bir marangoz gönyesi.

(9) Keser, bıçak, keski gibi kazıma, kazma ve kesme aletleri.

(10) Orta boy bir tornavida.

(11) Deney kalıbının iç yüzeylerini yağlamaya yetecek miktarda vazelin.

(12) Yükleme plakalarının oluklarını yağlamak için ince makine yağı.

(13) Yaklaşık olarak 18 mm çapında çelik bir bilye. Taşıma ve kullanımda kolaylık bakımından bu bilye Şekil 2'deki BP işaretli bilye yataklarından biri üzerindeki oyuga yapıştırılabilir

(14) Dört tane 40 mm uzunluğunda ağaç vidası ; üç tane 6,3 mm çapında,18 mm uzunluğunda vida ; dört tane de 4,8 mm çapında 15 mm uzunluğunda kelebek somunlu vida.

(15) Deney yerini birkaç saatlığına bırakmak gerektiğinde kurumayı önlemekte ve üzerine alet koymakta kullanılmak üzere iki tane yaklaşık olarak 150 cm x 100 cm boyutlarında selofan örtü.

(16) Deney, bir çukur içerisinde yapılacaksa, kazma, kürek,kova, ip gibi aletler.

(17) Deney çukurunda su birikiyorsa bunu boşaltmaya elverişli bir su pompası.

5. Geliştirilen Deneyin Planlanması

5.1 Uygun deney kalıplarının seçilmesi

'Yekka' deneyinde kullanılacak kalıbın α açısını (Şekil 2) sınırlayan iki öğe vardır. İlk olarak, α çok büyükse yükleme çukurunun daha kritik durumdaki ucu üç boyutlu pasif direnç yetersizliğinden göçecektir. İkinci olarak, α çok küçükse, kaymanın meydana geldiği yüzeyin yükleme yönüne ortalama eğimi, λ , α ' dan daha büyük olabilir, ve bu yüzeyin bir düzlem olmaması olasılığı da vardır. Bu sınırların ikisi de, zeminin ('yekka' deneyleriyle ölçülmeye çalışılan) drenajsız kayma dayanımı parametreleri c ve ϕ ' ye , yükleme yönünün yataya eğimine (Θ) ; ve yükleme aletlerinin ağırlık ve sürtünme özelliklerine bağlıdır.

Şekil 13 ve 14'teki eğriler, denklem (1)-(5)'in Mohr-Coulomb kırılma kriteriyle birleştirilmesinden elde edilmiştir (Mirata, 1974). Bu hesaplarda, deney sırasındaki kesme alanı değişikliği ve kalıp yanları ile zemin kaması arasındaki sürtünme, dikkate alınmamış, ve bu araştırmada kullanılan yükleme aletlerinin ağırlıkları geçerli sayılmıştır.

Şekil 13, ϕ ' nin altı değişik değeri ve Θ ile c 'den her birinin iki değişik değeri için, zemini Şekil 1 (b)'deki ABDE düzlemi boyunca kesmeye yetecek teorik P_f kuvvetinin α açısına göre değişimini göstermektedir. Kesik çizgiyle gösterilmiş eğriler üzerindeki noktalar ile sürekli çizgilerle gösterilmiş eğriler üzerindeki kalınca çapraz çizgiler, yarı-sonsuz bir ortamın yüzeyindeki 25 cm x 25 cm boyutlarında bir plakanın, ilgili ϕ değerleri için, Terzaghi'nin (1943) taşıma gücü katsayıları kullanılarak hesaplanan taşıma gücünün yarısını temsil etmektedir. Böylelikle bu nokta ve kısa çizgiler, uygulanan kuvvetin daha çok artırılmasıyla, ABDE düzlemi (Şekil 1 (b)) boyunca kayma olamadan zeminde üç boyutlu bir kayma göçmesinin olabileceği yaklaşık sınırları belirlemektedir.

Şekil 13' teki eğriler, Şekil 14' deki bağıntılarla bağdaşacak biçimde, belirli α açılarından daha düşük değerler için gösterilmemiştir. Şekil 14, değişik c ve Θ değerleri için, α açısı ile, zeminin yükleme yönüne α ' dan

daha büyük bir λ açısında kırılmaması için gerekli minimum ϕ değeri arasındaki bağıntıları göstermektedir. Bu çizgilerin $\phi = 0$ eksenini kesdiği noktalar, ilgili c ve θ değerleri için, suya doygun bir zeminde kullanılacak minimum α açısını belirler.

Kalibın yanları ile zemin kamasi arasındaki sürtünmeden dolayı, uygulamada gerekli minimum ϕ açılarının Şekil 14'te gösterilenlerden bir miktar düşük olması beklenebilir.

Zeminin drenajsız kayma dayanımı parametreleri yaklaşık olarak biliniyorsa, Şekil 13 ve 14'te verilen eğriler, incelenecek zemine uygun kalıpların seçilmesinde kullanılabilir. Örneğin, $\theta = -90^\circ$ (düşey yönde yükleme), $c=0,3 \text{ kg/cm}^2$ ve $\phi=10^\circ$ için, α açıları 40° ile 65° arasında olan kalıplar kullanılabilir; $\theta=0$, $c=0,05 \text{ kg/cm}^2$ ve $\phi=30^\circ$ için, açısı 25° ile 50° arasında olan kalıplar uygundur. α açısı 45° olan bir kalıp, Şekil 1 (b)'deki gibi biçimlendirilmeye yetecek kohezyonu olan bütün zeminlerde kullanılabilir. Bu nedenle, özellikleri henüz bilinmeyen zeminlerde ilk deneyi 45 derecelik bir kalıpla yapmak, bundan sonra da gittikçe küçülen α açıları olan kalıplar kullanmak yerinde olur. Herhangi bir deneyde zemin, yükleme yönüne α 'dan daha büyük eğimdeki bir yüzey boyunca kırılacak olursa, ve bu yüzey bir düzleme yakınsa, kırılma düzleminin ölçülen eğimi hesaba katılarak deney değerlendirilebilir. Bu olay, yeterli sayıda deney yapılmadan görülmüşse, artakalan deneyler α açıları 45 dereceden büyük olan kalıplarla yapılabilir (Bölüm 3. 1 (8)).

Drenajsız kayma dayanımı özellikleri, daha önce yapılan deneylerden yaklaşık olarak bilinen zeminlerde, α açıları birbirinden olabildiğince farklı iki kalıp, drenajsız kayma dayanımı zarfının elde edilebilmesi için yeterlidir, çünkü bu iki kalıp kullanılarak istenilen sayıda deney yapıp elde edilen noktalar arasından ortalama bir doğru geçirilebilir.

5.2 Yükleme yönteminin seçilmesi

Zeminin maksimum kayma dayanımı parametreleri bir şev stabilitesi hesabında kullanılacaksa, 'yekka' deneyindeki gerilme durumunun elde edilen problemlerdekine en yakın olabilmesi için Şekil 11 (a)'daki yükleme yöntemi uygulanmalıdır. Bu yöntem uygulandığında, zeminin kalıntı kayma dayanımı parametreleri, ancak kalıntı dayanımının yükleme aletlerini kaldırmaya yettiği durumlar için ölçülebilir. Bu yükleme yöntemi yataya eğimi sıfır ile $50^\circ - 65^\circ$ arasında olan herhangi bir düzlem boyunca kayma dayanımının ölçülebilmesini sağlar (Şekil 13 ve 14).

Drenajsız kalıntı dayanım parametreleri de isteniyorsa, özellikle yumuşak zeminlerde, daha güvenilir bir yükleme yöntemi Şekil 11 (b) ve (c)'de gösterilenlerdir. Bu durumda, kayma dayanımı Şekil 11 (a)'dakiyle aynı dikey gerilme altında ölçülmesine karşın, kırılma anındaki asal gerilmelerin doğrultuları Şekil 11 (a)'dakinden farklıdır. Ancak bu farkın deney sonuçlarına etkisi, iki değişik yükleme yöntemiyle yapılacak deneyleri karşılaştırarak saptanabilir.

Şekil 11 (b) ve (c)'deki yükleme yöntemi, taşıma gücü problemlerinin çözümü için yeğlenmelidir. Bu yükleme yöntemi, yataya eğimi 25° - 45° ile 90° arasında olan herhangi bir düzlem boyunca kayma dayanımının ölçülmesini sağlar. İki yükleme yönteminin de kullanılmasıyla, herhangi eğimdeki bir düzlemde kayma dayanımı ölçülebilir.

5.3 Kesme düzlemine etkileyen momentlerin azaltılması

5.3.1 Şekil 8'deki düzenin kullanılmaması durumunda.

Kesme düzlemine etkileyen momentleri asgariye indirmek amacıyla, yüklemeye geçmezden önce, yükleme aletleri, Δy_p miktarında bir eksantriklik yaratacak biçimde yükseltilebilir. Belirli bir zeminde uygulanacak Δy_p değeri, $\Delta y_p = 0,5$ cm gibi bir değer kullanarak birkaç deney yapmak ve kırılma anında kesme düzlemine etkileyen momentin (M) sıfır olabilmesi için gerekli Δy_p değerini denklem (9)'dan hesaplamak suretiyle saptanabilir. Şekil 11 (a) 'daki yükleme yöntemi için gerekli Δy_p değeri genellikle Şekil 11 (b) ve (c) 'deki yükleme yöntemi için gerekenin yarısı kadardır.

5.3.2 Şekil 8'deki düzenin kullanılması durumunda

Kesme düzlemine etkileyen momentleri daha etkili bir biçimde azaltmak amacıyla Şekil 8'deki düzen kurulacaksa, δ_x 'in değişik değerleri için, v ile β sıfır kabul edilerek, denklem (9) 'daki M'nin sıfır olabilmesi için gerekli Δy_{MP} değerinin P ili değişimini gösteren bir dizi eğri hazırlanabilir. Deney sırasında kaydedilen P ve δ_x değerlerine karşılık olan Δy_{MP} değeri bu eğrilerden okunup gerekli ayarlama yapılabilir.

5.4 Kalıptaki döneminin ölçülmesi

Zeminin maksimum kayma dayanımı parametreleri, bir şev stabilitesi hesabı için isteniyorsa, ve özellikle hesaplar elle yapılacaksa, kalıbın deney sırasındaki dönmesini (β) ölçmek gerekmez. Eksiksiz bir inceleme amaçlanıyorsa, β ölçülmelidir.

6. Geliştirilen Deneyin Yapılışı

Deney, Bölüm 5.2' de belirtildiği gibi, bir deney çukuru duvarında (Şekil 11 (a)), deney çukuru tabanında (Şekil 11 (b)) veya bir şev üzerinde (Şekil 11 (c)) yapılabilir. Nerede yapılırsa yapılsın uygulanan yöntemin esası aynıdır:

- (1) Önce zeminin yüzeyi düzlenir ve Şekil 12 (a) veya (b)'deki kesitte sığ bir çukur kazılır. Bu çukurun eni yaklaşık olarak 500 mm, derinliği (DE) en az 80 mm, AB istenen kesme düzlemine paralel, DB istenen yükleme yönüne paralel ve zemin kamasının üst kısmı ile yükleme aletlerinin toplam uzunluğuna eşittir.
- (2) Ayarlı çerçeve (Bölüm 3.6), kılavuz olarak kullanılarak zemin kamasının yükleme yüzeyinden 10 mm kadar daha derin bir yükleme çukuru kazılır (Şekil 12 (c)), ve boyutları denetlenir (Şekil 12 (d)).
- (3) Çelik tepki plakası RP (Bölüm 4.1 (4)) yükleme çukurunun arka kısmına yerleştirilir. L -kalıbı (Bölüm 4.1(1)), uygun uzunlukta bir tahta ve aışap bir kama yardımıyla tasarlanan zemin kaması üzerinde tutulur, ve bu kalıbın kenarları kılavuz olarak kullanılarak, zemin kamasının iki yanı kesilir (Şekil 12 (e)). Zemin yumuşaksa, yükleme çukuru tabanına bir takviye plakası (Bölüm 4.1(12)) yerleştirilir.
- (4) Deney kalıbının iç yüzeyleri vazelinle yağlanır. Yerleştirme çerçevesinin SS vidaları (Şekil 7), deney kalıbı yanlarındaki B deliklerine (Şekil 5) geçilir ve bu vidalar, yerleştirme çerçevesi kalıbın yükde yüzeyine dik durumda tutulduğunda, itme vidası (JS) kalıp üzerindeki D deliği ile aynı eksene gelecek biçimde ayarlanır. Sonra yerleştirme çerçevesi, yükleme çukurunun yanlarına konan takozlar ve sıkıştırma vidaları (CS) ile düzleme vidaları (LS) kullanılarak, deney kalıbının şevli kenarlarındaki M işareti, zemin kamasının üst düzeyine gelecek biçimde ayarlanıp saptanır (Şekil 12 (f)). (Şekil 11 (a)'daki yükleme yöntemi kullanılıyorsa, önce yerleştirme çerçevesini Bölüm 4.1 (14)'teki tahta yardımıyla yerine saptamak, deney kalıbını bundan sonra yerleştirme çerçevesine takmak gerekir.)

- (5) Deney kalıbı, SS vidaları (Şekil 7) eksenini etrafında döndürülür. Bu işlem sırasında, deney kalıbının kesici kenarları, zemin kamasının yanlarındaki artık kısmı tıraşlar. Döndürme işlemi, kalıbın üst iç yüzeyi zemin kamasına değene değin sürdürülür. Bundan sonra itme vidası JS (Şekil 7) kalıbın D deliğine geçene değin öne doğru vidalanır (Şekil 12 (g)). SS vidaları kalıbın B deliklerinden kurtulana değin gevşetilir. Kalıbın yüklemeye yüzeyinin üst kısmı ile tepki plakası arasına bir hidrolik kriko yerleştirilir. Bir yandan itme vidası (JS) öne doğru vidalanırken, diğer yandan kriko pompalanarak kalıp tamamen zemin kaması üzerine geçirilir. Kalıbın geri kayma olasılığı varsa, kriko ve yerleştirme çerçevesi çıkarılmadan, kalıp, zemin kamasının iki yanına çakılan demir çubuklara yaslanan bir üçüncü demir çubukla kulpundan desteklenir (Şekil 12 (h)).
- (6) Zemin kamasının önündeki AB kesimi (Şekil 12 (a) ve (b)), Şekil 2'deki biçimde bir miktar yatıklaştırılır. Bunun amacı, tutarlı deney sonuçları sağlamak, ve deneyin değerlendirilmesinde uygulanan kesme alanı düzeltilmesi konusunda kuşku yaratmamaktır. Yumuşak zeminlerde bu kesimde yerel bir göçmeyi önlemek amacıyla, buraya 30 mm aralıklarla sekiz takviye parçası (Bölüm 4.1 (15)) çakılabilir. Bu parçaların 100 mm 'lik iki kolu, 120 mm'lik orta kısmın AB'ye paralel olarak zemine oturabileceği biçimde çakılmalıdır.
- (7) Oluklu yüklemeye plakası LP.1 (Şekil 6 (a)), deney kalıbı üzerindeki GP plakaları (Şekil 5) rehber olarak kullanılarak bu kalıba vidalanır. Bilye kafesi BC (Şekil 9) ile ikinci oluklu yüklemeye plakası LP.2 (Şekil 6 (b)), LP.1'in dışı çevrilmiş BR konsolları üzerine oturtulup, LP.1 üzerindeki K çengellerini LP.2 üzerindeki S vidalarına geçirerek saptanır. Oluklar ince makine yağı ile yağlanır.
- (8) Yük ölçme hücresi LC, hidrolik kriko HJ ve aralarında 18 mm çaplı çelik bir bilye bulunan bilye yatakları BP, ortalama çerçevesi CR (Bölüm. 4.1 (5)) üzerine yerleştirilir ve yüklemeye çukuruna indirilir. CR'nin düzleme vidaları kullanılarak yüklemeye aletleri, LP.2 üzerindeki BD diski (Şekil 6 (b)) ile bir eksene ayarlanır (Şekil 12 (j)).
- (9) Referans plakası RL (Bölüm 4. (6)), zemin kamasının iki yanına çakılan iki köşebentle desteklenen bir üçüncü köşebent üzerine saptanır. Manyetik tabanlara bağlı göstergeli iki mikrometre, deney kalıbının yüklemeye yönüne paralel ve dik yönlerdeki deplasmanını ölçecek biçimde ayarlanır (Şekil 12 (j)). Bölüm 9.1.1.5'te belirtilen nedenlerle bunlardan ikincisinin kalıbın bakışım düzlemine yakın bir noktadaki deplasmanını ölçecek biçimde ayarlanması yerinde olur. kalıbın deney sırasında genellikle 1 derece düzeyindeki dönme açısı ölçülecekse, bu deplasmanları ölçecek iki mikrometrenin kalıptan bağımsız olarak saptanması ve denklem (21) ile (22)'deki d_1 ve d_2 uzaklıklarının sırasıyla 120 mm ve 10 mm dolayında olması, ayrıca kalıp ile LP.2 arasındaki bağıl deplasmanı ölçmek üzere bir üçüncü manyetik tabanlı mikrometrenin kullanılması gerekir.

(10) Kesme düzlemine etkiyen momentleri asgariye indirmek amacıyla Şekil 8'deki düzen kullanılıyorsa, deney sırasında yükleme aletlerinin yükseltilme miktarını ölçmek amacıyla dördüncü bir göstergeli mikrometre kullanılır.

(11) Aletlerin başlangıç okumaları kaydedilir ve 15 kg dolayında bir yük uygulanır. LP.1 üzerindeki BR konsolları yana çevrilir, K çengelleri kaldırılır, ve yükleme aletleri, istenen başlangıç eksantrikliğini (Δy_p) verecek miktarda yükseltilir.

(12) Yükleme yeniden başlandıktan kısa bir süre sonra, CR'nin düzleme vidaları gevşetilerek yükleme aletleri ile teması kaldırılır. (Çok yumuşak zeminlerde, özellikle eldeki krikonun gereğinden ağır olduğu durumlarda, bu vidaları sürekli olarak krikoyu kalıbın yükleme yüzeyine dik tutacak biçimde ayarlamak, buna karşılık denklem (2) ve (9)'daki M_B değerini sıfır kabul etmek gerekebilir.) Yükleme zemin kaması kırılana değin yaklaşık olarak 0,125 mm/dakika'lık bir hızla devam edilir. Sonra bu hız kırılma deplasmanının iki katı elde edilene değin 0,25 mm/dakika'ya çıkarılır.

Bundan sonra da, zemin kalıntı dayanımına ulaşana değin 2,5 mm/dakika'lık bir hızla deney sürdürülür. Yaklaşık olarak 2 dakikada bir aletlerin okumaları kaydedilir.

7.Geliştirilen Deneyin Sınanması

Mühendislikte herhangi bir yeni deney tekniğinin sınanması için akla gelen ilk yöntem, bu deney sonuçlarını cevabı kesinlikle bilinen bir mühendislik problemine uygulamaktır. Böyle bir problem, göçmüş elemanların, göçme anında 1.00 olduğu bilinen güvenlik katsayısının hesabıdır. Bu bilinçtedir ki 'yekka' deneyinin sınanmasında kullanılan göçmüş üç şevden ikisinin ilk etüdü daha ortada denetimi gereken yeni bir yöntem yokken yapılmıştır.

'Yekka' deneyinin bugüne değin 49 kez uygulanmasında, yukarıda belirtilen amaç yanında, deneyin yapımında beliren sorunların çözümü, güçlüklerin giderilmesi, kısaca deneyin burada anlatılan son biçimine geliştirilmesi amaçlanmıştır.

İncelenen göçmüş şevler (Mirata, 1973), Bölüm 7.1'de tanıtılmış, 'yekka' deneyleri ve gerçekleştirilen gelişmeler, Bölüm 7.2'de özetlenmiş, stabilite analizi sonuçları da Bölüm 7.3'te verilmiştir.

7.1 İncelenen Göçmüş Şevler

7.1.1 B Alanı Şevi

'Yekka' deneyleriyle incelenen ilk şev kayması, Şekil 15'te I.Kayma olarak işaretlenmiş noktada, 1970 aralık ayı sonlarında meydana gelmiştir.Bu noktada, 'yekka' deneyinin dik şevler üzerinde uygulamasını yapmak amacıyla Şekil 16' da gösterilen iksa sistemi kurulmuş, yağışların artması üzerine bu çalışmalara ara vermek zorunluğu doğmuştur. Bu arada, kazı tabanında biriken yağmur suları, iksa sistemine destek teşkil eden kazıkları çevreleyen zemini yumuşatmış, kayma sırasında bunların yerinden sökülmesine neden olmuştur. İki ünite halindeki iksa sisteminin biri böylece kaydıktan sonra ikincisi kayan zemin kütlelerini destekleyememiş, dört taşıyıcı elemandan üçü kırılmıştır.

Kaymanın nedeni, bahar gelip enkaz temizlendikten sonra anlaşılabilmiştir. Kazı duvarının üst kısmında eski bir dere yatağının kumlu çakılla dolu kesiti açık bir biçimde görülmüyordu (Şekil 16). Bu gömülü dere yatağı, özellikle

kayma öncesi aylarda, bir su toplayıcı olarak davranıp alttaki kili yumuşatmıştı. Bu görüşün doğruluğu 9 nisan, 1971 tarihinde yapılan bir kazı sırasında, büyük bir olasılıkla aynı gömülü dere yatağı güzergâhına rastlayan bir kesimin (Şekil 15'te II. Kayma), göçmesiyle pekiştirilmiş oluyordu. İnşaat çalışmalarının başlaması, bu ikinci kaymanın etüdü için ayrı 'yekka' deneylerinin yapımını engellemiştir.

7.1.2 C Alanı Şevi

'Yekka' deneyleriyle incelenen ikinci şev, O.D.T.Ü. kampusunda Şekil 17'de gösterilen noktada, 1 kasım 1968 tarihinde meydana gelmiştir. 11 kasım 1968 tarihinde bu şevin geometrik etüdü yapılmış, ve Şekil 18'de gösterilen noktalardan örselenmemiş zemin numuneleri alınmıştır. Bu numuneler, ileride denenmek üzere, parafin mumuyla kaplanıp yüksek rutebetli bir odada yıllarca saklanmıştır.

7.1.3 D Alanı Şevi

Son olarak incelenen şev kayması, 20 temmuz 1966'da yine O.D.T.Ü. kampusunda, Şekil 19'da gösterilen noktada meydana gelmiştir. Bu şevin geometrik etüdü 1966 yılında yaklaşık olarak yapılmış, oranlamaya dayanan değerler sonradan, O.D.T.Ü. Etüt ve Proje Müdürlüğünde bulunan kayıtlardan doğrulanmıştır. Şekil 20'de gösterilen kayma dairesi, B alanındaki ilk şev kaymasına (Şekil 16) benzetme yoluyla saptanmıştır.

7.2 Yapılan 'Yekka' Deneyleri

Yapılan 'yekka' deneyleriyle ilgili sayısal bilgiler Çizelge 1'de özetlenmiştir.

7.2.1 'Yekka' Deney Serisi B/H

'Yekka' deneyi, en ilkel biçimiyle, ilk olarak Şekil 15'teki B Alanının kuzey doğusundaki bir kazı tabanında uygulanmıştır. Burada 18 eylül - 6 ekim 1970 tarihleri arasında yatay yönde yükleme uygulayarak beş deney yapılmıştır.

Bu deneylerde yükleme, doğrudan kalıbın yükleme yüzeyiyle 250 mm x 250 mm x 20 mm boyutlarında çelik bir plaka arasına yerleştirilen ve otuz altı tane 7 mm çaplı çelik bilye taşıyan bir bilye kafesi kullanılarak yapıyordu. Deney kalıbı da, kullanılan plaka da yumuşak çelikten (Brinell sertlik sayısı = 95) yapılmış olduklarından, belirli bir yük aşıldığı anda, bilyelerin, kalıpla plaka arasına kenetlenecek denli, iki yüzeye de gömüldükleri sonradan görülmüştür.

Kalıp, zemin kaması üzerine elle geçiriliyordu. Bu amaçla, kalıba oldukça sert vuruşlar uygulamak gerekiyor, bu da zeminin örselenmesine yol açıyordu. Bunun yanında kalıp hiç bir zaman düzgün bir biçimde geçirilemiyor, kalıbın bir yanı ötekenden genellikle 1 cm dolayında daha yukarıda kalıyordu.

Kalıp üzerindeki bilye izlerinden, bilyelerin kenetlenmesini yaklaşık bir biçimde hesaba katarak zeminin drenajsız kayma dayanım parametreleri, $c_s = 1.257 \text{ kg/cm}^2$, ve $\phi_s = 24.6^\circ$ olarak bulunmuştur. Bu değerlerin, 63 mm çapında laboratuvar numuneleri üzerinde yapılan yavaş kesme kutusu deneylerinden bulunanlarla karşılaştırılması ($c_s = 1.028 \text{ kg/cm}^2$; $\phi_s = 31.8^\circ$), yumuşamamış ve dolayısı ile fisürlerin etkisi belirgin duruma gelmemiş bu sert kilde, geliştirilen deneyin ümit verici sonuçlar verdiğini göstermeye yetmiştir.

7.2.2 'Yekka' Deney Serisi B/10⁰

19 ve 26 kasım 1970 tarihlerinde Şekil 16'da gösterilen noktalarda yapılan iki deneyden, düşey yönde yüklemenin olanaklı olduğu, ancak bu biçimde yüklemenin güvenlik bakımından, bir deney çukuru duvarında yapılması gerektiği dışında bir sonuca varılamamıştır.

24 mart - 6 nisan 1971 tarihleri arasında Şekil 15'teki I. Kaymanın ortalama 20 m kuzeyinde, yataya 10° eğimli bir rampa üzerinde beş 'yekka' deneyi yapılmıştır. Yağışlardan doğan nem artışı, deneylerin yapıldığı noktalarda, kayma yüzeyindeki eşit bir ortalama su içeriği yatarmıştı. Zeminin, bu iki noktadaki diğer jeoteknik özellikleri, Şekil 15'teki çizelgeden ve Çizelge 2'den görüldüğü gibi, birbirine çok yakındı.

Bu deneylerde, Şekil 11 (c) 'deki yükleme yöntemi uygulanmıştır. Böylece, kayma yüzeyinin kile rastlayan bölümünün yataya eğimi, 45° ile 75° arasında değişmesine karşılık, 'yekka' deneylerinde kesme düzleminin yataya eğimi 35° ile 55° arasında değişmiştir. Bölüm 3.2, 3.3, ve 3.5'te tanıtılan aletler ilk kez bu deneylerde kullanılmıştır. Elde edilen maksimum ve kalıntı kayma dayanımı zarfları Şekil 21'de gösterilmiştir.

7.2.3 'Yekka' Deney Serisi C/1, D, C/2

7-23 haziran 1971, 30 mayıs-23 haziran 1972 ve 3-21 temmuz 1972 tarihleri arasında sırasıyla Şekil 17'deki C/1 işaretli yerde, Şekil 19'da belirtilen yerde ve Şekil 17'deki C/2 işaretli yerde açılan, planda 1, 62 m x 1, 53 m boyutlarındaki deney çukurlarında üç seri 'yekka' deneyi yapılmıştır. Bu deneylerde Şekil 18 ve Şekil 20'de şematik olarak belirtildiği gibi, kesme yüzeyinin eğimi, ilgili şevdeki kayma yüzeyinin aynı düzeydeki ortalama eğimine eşit olarak seçilmiştir. Ayrıca, değişik derinliklerde kullanılan deney kalıpları, genellikle, derinliğe göre dikey gerilme dağılımını, şevdeki kayma yüzeyi boyunca etkiyen dağılıma benzetecek biçimde seçilmiştir. Deney D/7, C/2/4 ve C/2/8 (Çizelge 1) için Şekil 11 (a) 'daki yükleme yöntemi, bunlar dışında kalan deneylerde ise Şekil 11 (b) 'deki yükleme yöntemi uygulanmıştır (Şekil 22). Deney D/4 ve bunu izleyen deneylerde (Çizelge 1), kesme düzlemine etkiyen momentleri azaltmak amacıyla, önceki deneylere dayandırılarak bir ön eksantriklik, Δy_p (denklem (9)), uygulanmıştır. Kesme düzlemi alanının etkisini incelemek amacıyla, Deney D/3 ve C/2/3, eni diğer kalıplarınkine eşit, ancak kesme yüzeyi boyu diğer kalıplarınkine 1,5 katı olan bir kalıpla yapılmıştır.

Deney Serisi C/1, D ve C/2'den elde edilen maksimum ve kalıntı kayma dayanımı zarfları sırasıyla Şekil 23-25'te gösterilmiştir.

7.2.4 'Yekka' Deney Serisi C/3

İki kalıpla bir kayma dayanımı zarfı elde edilebileceğini kanıtlamak (Şekil 26), önceki deneylerde kalıpta meydana gelmiş olduğundan kuşkulanan dönme miktarını ölçüp deney sonuçlarına etkisini araştırmak amacıyla, Şekil 17'de C/3 işaretli sığ bir deney çukurunda, 11 ekim-16 kasım, 1972 tarihleri arasında altı 'yekka' deneyi yapılmıştır. Yükleme aletlerini deney sırasında yükseltmek için geliştirilen Şekil 8'deki düzenin ilk denemesi 10 Mayıs 1973 tarihinde aynı yerde yapılmıştır. Bu deneylerin son dördünde kalıbın dönme miktarı (β) başarıyla ölçülmüştür.

7.2.5 'Yekka' Deney Serisi C/4

Şekil 17'de C/2 işaretli deney çukurunda yapılmış olan deneylerin, aslında C/2(A) işaretli, kesik çizgilerle gösterilmiş noktada yapılması planlanmış, ancak bir bölümü dolguya rastlayan bu noktada, sızan yeraltı suyu nedeniyle böyle bir çukurun 1 m'den daha derine desteklenmeden kazılması olanak kazanamamıştı. Öte yandan, değişik noktalardan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri, şevdeki kayma yüzeyinden alınan numunelerde daha çok yumuşama olduğunu gösteriyordu. 'Yekka' deneyinin hiç bir kuşkuyla yer bırakmadan sınanabilmesi, şeve daha yakın bir noktada deneyin uygulanmasını gerektiriyordu.

Bu amaçla, 3 mm kalınlığında çelik saçtan, 40 cm yüksekliğinde, yerine takıldıktan sonra genişletilebilen, genişletilmiş çapları 1,27 m ile 1,07 m arasında değişen sekiz çember boyutlandırılıp yaptırılmıştır. Her bir çembere yerine yerleştirildikten sonra 90° döndürülüp basamak olarak kullanılabilen ikişer kulp takılmıştır (Mirata, 1975).

Bu çemberler kullanılarak Şekil 17'deki C/4 işaretli yerde açılan deney çukurunda, (Şekil 27), değişik derinliklerde, 10 Haziran-3 Temmuz, tarihleri arasında on 'yekka' deneyi yapılmıştır. Bu deneylerin beşinde Şekil 11(a)'daki yükleme yöntemi, diğer beşinde ise Şekil 11(b)'deki yöntem kullanılmış, böylece iki yükleme yöntemiyle elde edilen sonuçları daha inandırıcı bir biçimde karşılaştırma olanağı yaratılmıştır. Değişik derinliklerde kullanılan kalıpların ve kesme düzlemi doğrultusunun seçilmesinde Bölüm 7.2.3'te belirtilen ilkeler gözetilmiştir (Çizelge 1).

Bu serideki bütün deneylerde, yükleme aletlerini deney sırasında yükseltmek için Şekil 8'deki düzen kullanılmış, kesme düzlemine etkiyen momentleri aşgariye indirmek için Bölüm 5.3.2'de önerilen yöntem uygulanmıştır. Bölüm 4.1 (15) ve 4.1 (17)'deki aletler ilk kez bu deneylerde kullanılmış, Bölüm 6 (12)'de ayraç içinde belirtilen yöntem ilk kez bu serideki deneylerin son üçünde uygulanmıştır. Bu serideki bütün deneylerde kalıbın yükleme yönüne dik bir düzlemdeki dönmesi de ölçülmüş, bunun genellikle ± 1.0 derece düzeyinde olduğu görülmüştür.

Bu deneylerde elde edilen maksimum ve kalıntı kayma dayanımı zarfları, Şekil 28'de gösterilmiştir. Burada, değişik yükleme yöntemlerinden ve bütün deneylerden elde edilen zarflar ayrı ayrı gösterilmiştir.

7.3 Stabilite Analizi Sonuçları

Toplam gerilmeler kullanılarak yapılan stabilite analizlerinde, Bishop(1955) izlenerek dilimler arası kuvvetler yatay kabul edilmiştir. B alanındaki I. Kaymanın analizinde Şekil 16'daki iksa sisteminin kendi ağırlığından doğan, dengeyi artırıcı etkisi ile düşey yönde yükleme uygulaması için açılmış bulunan 'yekka' deneyi oyuklarının (Şekil 16) zayıflatıcı etkisi dikkate alınmıştır. Değişik şevlerin analizinde kabul edilen gerilim çatlakları derinlikleri, Çizelge 2, Sıra 4'te belirtilmiştir. Bu çatlaklardaki hidrostatik basıncı sıfır alarak ve 'yekka' deneylerinden bulunan maksimum kayma dayanımı parametrelerini kullanarak hesaplanan güvenlik katsayıları, Çizelge 2, Sıra 13'te verilmiştir.

8. Geliştirilen Deneyin Yerleşmiş Yöntemlerle Karşılaştırılması

Killi zeminlerin kayma dayanımını incelemekte bugün kullanılan en yaygın metot üç eksenli basınç deneyi, daha az kullanılan (Skempton ve Bishop (1954), Lambe ve Whitman (1969)) bir metot da kesme kutusu deneyidir. ' Yekka ' deneylerinin yapıldığı noktalarla şev kaymalarının meydana geldiği noktalardaki zemin dayanımının karşılaştırılması, bir de 'yekka' deneyleriyle çözümü bulunan problemlere yerleşmiş yöntemlerle ne gibi bir çözüm bulunabileceğinin araştırılması amacıyla, yeterli duyarlıkta üç eksenli basınç aleti sağlanana değin, altı seri kesme kutusu deneyi, daha sonra da yedi seri üç eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Bu deneyler ve sonuçları, önem sırasına göre, kısaca anlatılacaktır.

8.1 Üç Eksenli Basınç Deneyleri

Kazı sonucu oluşan şevlerin dengesizliğini yaratan başlıca gerilme değişimi, yanal basınçta meydana gelen azalmadır. Suya yarı doygun zeminler için bu durumu laboratuvarında en iyi yansıtabilen üç eksenli basınç deneyi, eksenel gerilmeyi sabit tutup hücre basıncını azaltarak numunenin kırıldığı özel deneydir (Bishop ve Henkel, 1962). Bu özel deneylerden, Çizelge 2, Sıra 1 ve 2'de belirtilen yerlerden alınan 36 mm çaplı numuneler üzerinde, her biri en az yedi deneyden oluşan altı seri yapılmış, D Alanı için ayrıca 102 mm çaplı altı numune üzerinde bir seri deney yapılmıştır. Zeminin efektif gerilmelerle tanımlanan kayma dayanımı parametrelerinin (c' , ϕ') belirlenmesini sağlayacak efektif gerilme düzeyinin sağlanabilmesi için bu deneylerin çoğu 'kısmi konsolidasyonlu-drenajsız', diğerleri ise 'konsolidasyonsuz - drenajsız' olarak yapılmıştır.

Bu deneylerde Bishop ve Henkel'in (1962) belirttiği en son yöntemlerle numunedeki boşluk suyu basıncı ve hacim değişimi ölçülmüş, bu ölçümlerin duyarlıkta yapılabilmesi için deneyler, sıcaklığı 22°C ile 24°C arasında sabit tutulabilen bir odada yapılmıştır. Zeminin konsolidasyon katsayısı (c_v) yine üç eksenli basınç aletinde ölçülmüş (Çizelge 2, Sıra 25), ve bütün deneyler, numunedeki boşluk suyu basıncı farklılığı % 95 oranında giderilecek yavaşlıkta yapılmıştır. Alan, lastik kılıf ve süzgeç kağıdı yan drenleri için gerekli

düzeltilmeler, numunenin tek bir düzlem boyunca kırıldığı durumlarda LaRoche'in (1967), bunun dışındaki durumlarda Duncan ve Seed'in (1967) önerdiği yöntemler kullanılarak yapılmıştır.

Bu deneylerden elde edilen, efektif gerilmelerle tanımlanan kayma dayanımı parametreleri (c' , ϕ'), Çizelge 2, Sıra 14 ve 15'te verilmiştir.

8.2 Yavaş Kesme Kutusu Deneyleri

Kesme kutusunda zeminlerin drenajlı kayma dayanımı parametrelerinin (c_d , ϕ_d) bulunabilmesi için, deney sırasında zeminde boşluk suyu basıncının sıfır olması gerekir. Deneyi gerekli yavaşlıkta yapmak, artık boşluk suyu basınçlarının sönmesi için yeterlidir. Ancak, boşluk suyu basıncı eksi olduğunda, bunun sönmesi numunenin su ile temasta olmasıyla mümkündür. Bu da, Ankara Kili gibi suya yarı doygun killerde, özellikle düşük basınçlarda, zeminin su içeriğini artırmakta, ve ölçülen kohezyonu çok azaltmaktadır. Bu artış, $B/10^0$ işaretli yerden (Çizelge 2, Sıra 2) alınan 63 mm çapında, 20 mm kalınlığındaki numunelerde, 130 kg'lık düşey yük altında bile görülmüş, eldeki aletin kapasitesi 160 kg olduğundan, Çizelge 2, Sıra 21-24'te sonuçları sunulan deneyler, $B/10^0$ işaretli yer için deneme niteliğinde yapılanlar dışında, zemini suyla temasa getirmeden yapılmış, ancak zeminin deney sırasında kurumaması için gerekli önlemler alınmıştır. Bu nedenle, bu deneylerde, özellikle düşük yükler altında beklenen eksi boşluk suyu basıncı sönmemiş, ve deneyleri 'drenajlı' yerine 'yavaş' diye nitelemek daha uygun görülmüştür. Yavaş kesme kutusu deneylerinden, kabarma düzeltmesi (Bishop, 1950) yapılarak ve yapılmadan elde edilen kayma dayanımı parametreleri (c_{sc} , ϕ_{sc} ile c_s , ϕ_s) Çizelge 2, Sıra 21-24'te verilmiştir. Bu değerlerden, $C/2$ ve $C/3$ işaretli yerler için olanlar 63 mm x 63 mm x 20 mm'lik, kare alanlı numunelerden elde edilmiştir. $B/10^0$ işaretli yer için düşey yükün uygulanmasından hemen sonra, suya boğularak denenene dört numune dışında her seri, yedi deneyden oluşmuştur.

8.3 Stabilite Analizi Sonuçları

Zeminin efektif gerilmelerle tanımlanan kayma dayanımı parametrelerinin kullanılacağı bir stabilite analizinde, saptanması en güç değer, göçme anında kayma yüzeyi boyunca etkiyen boşluk suyu basıncıdır. Genellikle bunun ilk oranlaması üç eksenli basınç deneylerinden yapılır, önemli projelerde de bu yaklaşık değerler, inşaat sırasında yerinde yapılan boşluk suyu ölçümleriyle ayrıca denetlenir. Eldeki göçmüş üç şev için böyle bir denetim olanağı bulunamadığından, boşluk suyu basıncının üç eksenli basınç deneylerinden hesaplanması yoluna gidilmiştir. Ancak bu hesapların doğruluğu konusunda bilgi edinmek amacıyla, şimdilik tek bir noktada yerinde boşluk suyu basıncı ölçümleri yapılmıştır. Bu yöndeki araştırmaların sürdürülmesi düşünülmektedir.

Çizelge 2, Sıra 16-18'de her inceleme noktası için en az iki numune üzerinde, yerindeki düşey basınca eşit bir hücre basıncı altında ölçülen boşluk suyu basıncı, u_0 ile aynı hücre basıncındaki boşluk suyu katsayısı B (Skempton, 1954), ve (deneyde kullanılacak en yüksek hücre basıncı uygulandıktan sonra eksenel yüklemeye geçmeden önce hücre basıncını azaltıp yeniden eski değerine

yükselterek ölçülen boşluk suyu basıncı değişimleri dikkate alınarak) eksenel yüklenme sırasında ölçülen boşluk suyu basınçlarından hesaplanan boşluk suyu katsayısı A_f (Skempton, 1954) değerleri verilmiştir. Bu katsayılardan ve kazının yaratacağı yaklaşık gerilme değişimlerinden hesaplanan boşluk suyu değişimleri, Δu , Çizelge 2, Sıra,19'da gösterildiği üzere, $-0,02 \text{ kg/cm}^2$ ile $-0,09 \text{ kg/cm}^2$ arasında bulunmuştur.

Bu noktada şu hususların belirtilmesi yerinde olur:

- (i) Ankara Kili gibi aşırı konsolide olmuş (örneğin, İldiz, 1974) killerde, yerindeki yatay gerilmelerin düşey gerilmelerden yüksek olduğu bilinmektedir. Lambe ve Whitman (1966), başka araştırmacılara atıfla , suya doygun killerdeki efektif yatay gerilme/efektif düşey gerilme oranının (K_0) yaklaşık değerini bulmaya yarayan eğriler vermektedir. Ancak,suya yarı doygun zeminler için henüz bunun benzeri bir çalışma yapılmamıştır. Eldeki şevlerdeki gerilme değişimi için yapılan yaklaşık hesaplarda,suya yarı doygun zeminler için geçerli olacakları kabullüyle, Lambe ve Whitman (1969) tarafından verilen eğriler kullanılmıştır. Ölçülen u_0 değerlerinin de aynı K_0 değeri dikkate alınarak ölçülmesi yerinde olurdu, ancak bu amaçla numuneye çekme gerilmesi uygulamak için gerekli ek parçalar henüz tamamlanamamıştır. Bu yöndeki çalışmaların sürdürülmesi düşünülmektedir.
- (ii) Anılan yaklaşık gerilme hesaplarını daha duyarlıklı biçimde yapmak için Dunlop v. b. 'nın (1968) uyguladıkları gibi sonlu eleman metodunukullanan yöntemler vardır. Ancak, yukarıda (i)'de belirtilen gibi verilerin yaklaşıklığı, böyle bir yöntemin uygulanmasının gerektirdiği zaman yanında sağlayacağı yararı hayli azalttığından, bu araştırmada böyle bir uygulamaya gidilmemiştir.
- (iii) Yukarıda (ii)'de belirtilen duyarlılıkta hesaplarla bulunabilen gerilmeler ve gerilme değişimlerini daha tam bir biçimde numuneye uygulayabilen özel aletler vardır (örneğin, Duncan ve Seed (1966 (b)), Ko ve Scott (1967), Hambly (1969)). Ancak bugün için, bu aletlerin sağlanmasındaki güçlük, bunlarla herhangi bir karşılaştırmanın ileriki yıllara ertelenmesini zorunlu kılmaktadır.

Kayma sırasındaki ortalama boşluk suyu basıncını anılan ($u_0 + \Delta u$) değerlerine eşit kabul ederek, ve bunun stabilite analizinde dikkate alınmasını sağlamak amacıyla efektif c' değerini ($c' - (u_0 + \Delta u) \tan \phi'$), boşluk suyu basıncını da sıfır alarak yapılan hesaplar sonucunda bulunan güvenlik katsayıları Çizelge 2, Sıra 20'de verilmiştir. Öte yandan, ekim 1974'te, Şekil-17'de P işaretli noktada, 2, 44 m derinlikte, Vaughan ve Valbancke (1973) tarafından izlenen yonteme uyularak yapılan boşluk suyu basıncı ölçümleri, laboratuvar numuneleri üzerinde ölçülen u_0 değerlerinin, yerindeki basınçlardan oldukça düşük olduğunu göstermiştir: Bu ölçümler 4 ekim tarihinde bu noktadaki basıncın $-0,034 \text{ kg/cm}^2$, 8 ve 11 ekim 1974 tarihlerinde ise $0,035 \text{ kg/cm}^2$ olduğunu, yani bu noktada şevin üst kısmından itibaren 2,0 m dolayındaki bir derinlikte yeraltı su tablası bulunduğunu göstermiştir. Bu ölçümlerle C/4 işaretli deney çukuru (Şekil 17) doldurulmadan önce, ucunda kumlu çakıldan

bir filtre olduğu halde buraya dik durumda konan bir boru içindeki su düzeyi arasında bir uyum olduğu da görülmüştür. Bu nedenle D alanındaki benzer bir borudaki gözlemlerden, bu noktadaki yeraltı su tablasının son iki yılda şevin üst kısmından 2,54 m ile 2,00 m arasındaki derinliklerde değişmiş olduğu sonucuna varılabilir.

Bu nedenlerle, incelenen üç şevin güvenlik katsayısı, Çizelge 2, Sıra 16 ve 19'daki değerlerin toplamından daha yüksek ve daha olası boşluk suyu basınçlarını kapsayan değişik boşluk suyu basıncı oranları, r_u ($r_u = u_w / \gamma h_o$; u_w = boşluk suyu basıncı; γ = zeminin birim ağırlığı; h_o = ilgili nokta ile şev yüzeyi arasındaki düşey uzaklık), için hesaplanarak, tartışma amaçları için, Şekil 29'da sunulmuştur. $r_u = -0,3$ ile $0,1$ arasındaki değerlerin imlediği ortalama boşluk suyu basıncı, B Alanındaki I. Kayma için $-0,19$ ile $0,06$ kg/cm² arasında, C ve D Alanı şevleri için de sırasıyla $-0,09$ ile $0,03$ kg/cm² ve $-0,17$ ile $0,06$ kg/cm² arasında değişmektedir. Bishop'un (1955), dilimler arası kuvvetlerin yatay kabul edildiği metodunun uygulandığı bu hesaplar için Öner (1971) tarafından yazılan bilgisayar programı kullanıldığından, B Alanındaki I. Kayma için, Madde 7.3'ün tersine, iksa sistemi ve oyukların etkisi dikkate alınmamıştır. Ancak, bu basitleştirmenin, 'yekka' deneyi sonuçlarından bulunan güvenlik katsayısını sadece %2 dolayında azalttığı saptandığından, yapılacak karşılaştırmaları önemli ölçüde etkilemeyeceğine inanılmaktadır.

Şekil 30, yavaş kesme kutusu deneylerinde ölçülen maksimum kayma dayanımı parametrelerinin, efektif gerilmelerle tanımlanan parametreler olduğu varsayımıyla, üç eksenli basınç deneyleri için belirtildiği biçimde hesaplanan eğrileri göstermektedir. Şekil 31'de, aynı eğriler, maksimum dayanımdakinin ortalama olarak 6,7 katı kesme deplasmanında ölçülen yaklaşık kalıntı dayanım parametreleri kullanılarak çizilmiştir.

9. Tartışma

9.1 'Yekka' Deneyinin Güvenirliği

'Yekka' deneyinin güvenirlüğünü tartışmadan önce özellikle ilk yapılan deneyler için geçerli olan kimi öğelerin sonuçlara etkisini incelemek gerekir.

9.1.1 Sonuçları etkileyebilecek öğeler

9.1.1.1 Dikey gerilme dağılımındaki eşitsizlik : Çizelge 1, Sütun 11 ve 15'te, sırasıyla maksimum ve kalıntı dayanıma ulaşıldığında, kesme düzleminin kalıbın yükleme yüzeyine yakın ucuna etkiyen dikey gerilme ile ortalama dikey gerilme arasındaki fark ($\delta\sigma_N/\sigma_N$), yüzde olarak verilmiştir. Şekil 32 (c) ile 33 (c)'de aynı değerin tipik deneyler sırasındaki değişimi gösterilmiştir.

$\delta\sigma_N/\sigma_N$ değerinin deney sonuçlarına etkisini incelemek için değişik $\delta\sigma_N/\sigma_N$ düzeylerinde yapılan deney sonuçları karşılaştırılabilir. Örneğin, Çizelge 1, Sütun 11'den C/1 serisi 'yekka' deneylerinde, maksimum dayanıma ulaşıldığındaki ortalama $\delta\sigma_N/\sigma_N$ değerinin % 36,4 olduğu, aynı değerin C/2 serisi 'yekka' deneylerinde ortalama -% 14,8 ve dokuz deneyin sekizinde ortalama -% 10,0 olduğu görülür. Buna karşın, Çizelge 2, Sıra 3, 11, 12, 23, ve 24'te ilgili iki yer için verilen değerlerden, bu alandaki geçmiş şevin kayma yüzeyi boyunca etkiyen ortalama dikey gerilme ($0,114 \text{ kg/cm}^2$) altında C/1 serisi yekka deneylerinden elde edilen maksimum dayanımın, kesme kutusu deneylerinden elde edilene oranı (0,346), C/2 serisi deneyleri için saptanan aynı orana (0,330) büyük yakınlık göstermektedir. Bu da, kesme düzlemine etkiyen dikey gerilme dağılımındaki eşitsizliğin deney sonuçlarını pek etkilemediğini kanıtlar niteliktedir. Bunun yanında, bu eşitsizliği asgariye indirmek için Madde 5.3'te önerilen yöntemlerin etkinliği, Şekil 32 (c) ile Çizelge 1'de C/4 serisi deneyler için Sütun 11 ve 14'te verilen $\delta\sigma_N/\sigma_N$ değerlerinden görülmektedir.

9.1.1.2 Asal gerilmelerin doğrultusu ve izlenen gerilme yörüngesi:

Deney D/7 ; C/2/4 ve 8 ; C/4/2, 5, 7, 8 ve 10 (çizelge 1), Şekil II (a) 'daki yüklenme yöntemi uygulanarak yapılmıştır. Bu nedenle, bu deneylerde asal gerilmelerin doğrultusu ilgili deney serilerinin Şekil II (b) 'deki yüklenme yönteminin uygulandığı diğer deneylerindeki gibi tamamen değişiktir. Buna karşın, bu deneylerin sonuçlarını belirleyen noktaların ilgili kayma dayanımı zarflarından olağandışı veya tek yönde bir sapma göstermedikleri görülmektedir (Şekil 24, 25, 28). Bu da, incelenen zeminde asal gerilmelerin doğrultusunun deney sonuçlarını önemli oranda etkilemediğini göstermektedir. Bunun daha somut bir kanıtı, Şekil 27'de iki değişik yüklenme yönteminin uygulandığı beşer deney için ayrı ayrı çizilen dayanım zarfları ve bunlardan elde edilen kayma dayanımı parametrelerinin ilgili şevim güvenlik katsayısını 1.031 (Şekil II (a)'daki yöntem için) ve 1.022 olarak, yani birbirine çok yakın vermesidir. Bütün deneyler hesaba katıldığında bulunan güvenlik katsayısı yine 1.022 olmuştur.

Asal gerilmelerin doğrultusunun sonuçları bunca az etkilemesi, Ankara Kilinde boşluk suyu basınçlarının gerilme değişimlerinden pek az etkilenmelerine (Çizelge 2, Sıra 17-19) bağlanabilir. (Boşluk suyu basıncının gerilme değişimlerine karşı daha duyarlıklı olduğu zeminlerde, bu öğenin deney sonuçlarını daha önemli ölçüde etkilemesi beklenebilir (Duncan ve Seed, 1966 (a) ve (b)). Ankara Kilinin bu özelliğinin, 'yekka'deneyinde zeminin izlediği gerilme yörüngesi ile şev dengesizliği problemlerinde izlenen yörünge arasındaki farklılığın deney sonuçlarına etkisini de hayli azaltmış olabileceği kuvvetle olasıdır.

9.1.1.3 Deney kalıbındaki dönme, β : Şekil 33 (a), deney kalıbındaki dönmenin (β), ölçülen kayma dayanımını hiç etkilemediğini göstermektedir. Öte yandan, bu dönmenin kalıbın ölçülen deplasmanlarını (Şekil 33 (b)) az bir miktar, ve $\delta\sigma_N / \sigma_N$ değerleriyle yansıtılan hesaplanmış momentleri önemli miktarda (Şekil 33 (c)) etkilediği görülmektedir. Çizelge 1, Sütun II ve 15'te Deney C/3/4-6 için verilen değerler; β değeri ölçülmeden yapılan deneylerde, bu değer dikkate alınmış olsa, maksimum dayanım için verilen $\delta\sigma_N / \sigma_N$ değerlerine % 20 ile % 25 arasında, kalıntı dayanım için verilen değerlere ise % 30 dolayında bir miktarın eklenmesi gerekeceğini göstermektedir. (Bu durum, Bölüm 9.1.1.1'deki tartışmayı etkilememektedir.) Eklenmesi gereken bu değerler, Çizelge 1'de verilen $\delta\sigma_N / \sigma_N$ değerlerini % 100'e veya % 100'ün üstüne çıkarıyor olsa, sonuçların değerlendirilmesinde kullanılmış bulunan denklem (6), (12) ve (13)'ün yerine denklem (14)- (16)'nin kullanılmış olması gerekeceğinden, bulunan kayma dayanımı parametreleri hatalı duruma düşecekti. Ancak böyle bir durumun, pek az sayıda $\delta\sigma_N / \sigma_N$ değeri için söz konusu olması, ve bunların da çoğunluğunun kalıntı dayanımdaki değerler oluşu, özellikle maksimum dayanım parametrelerinin β açısının ölçülmemiş olmasından pek etkilenmediğini göstermektedir.

9.1.1.4 Kesme düzlemi alanı : Deney D/3 ile C/2/3, kesme düzlemi boyu diğer kalıplarınkinin 1,5 katı olan, aynı ende, 30 derecelik bir kalıp kullanılarak yapılmıştır. Kesme alanının daha büyük olması, fisürlerinin etkisini

daha iyi yansıtacağından, büyük kalıpla ölçülen dayanımın aynı açıdaki daha küçük bir kalıpla ölçülenden daha düşük olması beklenirdi. Ancak Deney D/3 ve C/2/3'te ölçülen dayanımın (Şekil 24 ve 25), aynı düzeyde, aynı açıda, ama daha küçük bir kalıp kullanılarak yapılan Deney D/2 ve C/2/2'de ölçülen dayanımdan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç, Deney D/2 ve C/2/2'de kesme düzlemine daha çok fisür rastlanmış olmasıyla açıklanabilir. Bu araştırmada normal olarak kullanılan, 900 cm²'lik kesme alanı bulunan kalıplarla ölçülen dayanımın, zeminin yerindeki gerçek dayanımına (Lo, 1970) ne denli yakın olduğunu saptamak için, daha çok sayıda karşılaştırmalı deney yapmak gerekirse de, bu iki deney, ölçülen dayanımın yerindeki gerçek dayanımdan pek uzak olamayacağını göstermektedir.

Bugüne değin yapılan 49 'yekka' deneyinin hiç birinde, zemin kamasının deneye hazırlanma sırasında fisürlerden ötürü kırıldığı olmamıştır; oysa laboratuvar deneyleri için hazırlanmakta olan numunelerin büyük bir oranı bu nedenle kırılmıştır. Bu da, zemin kamasının deneye hazırlanma sırasında pek az örselendiğini, ve her yapılan deneyin, zemin özelliklerini gerçekten yansıtan denemiş toplam alana yeni bir parça kattığını göstermektedir. Böylece, daha büyük bir alan denenmek istendiğinde, kullanılan kalıbın kesme düzlemi alanı yerine, deney sayısını artırmak daha uygun olabilir, çünkü kesme alanını 900 cm² den 1350 cm²'ye çıkarmak, kalıbın ağırlığını 15.0 kg'dan 26.0 kg'a yükseltmektedir ki bu da kalıbın arazide kullanılmasını hayli güçleştirir.

Bu noktada, kesme alanı yine 900 cm² dolayında olan 305 mm x 305 mm'lik laboratuvar kesme kutusunda 38 mm'e kadarki boyutlarda taşların deney sonuçlarını etkilemediğini (Akroyd, 1957) kaydetmek yararlı olur.

9.1.1.5 Kalıbın yüklenme yönüne dik bir düzlemde dönmesi :

Bölüm 7.2.5'te sözü edilen, kalıbın yüklenme yüzeyine dik bir düzlemde $\pm 1.0^{\circ}$ düzeyindeki dönmelerinin deney sonuçlarını etkileyebileceği sanılmamla birlikte, δ_y değerinin (Bölüm 6 (9)) kalıbın bakışım düzlemine yakın bir noktada ölçülmesi yerinde olur.

9.1.1.6 Uygulanan dikey gerilmenin düzeyi : Suya yarı doymuş durumdaki zeminlerde drenajsız kayma dayanımını ölçmekteki başlıca sakınca, dikey gerilme arttıkça, suya doymuşluk derecesi de artacağından, dayanım zarfının gittikçe azalan bir eğimde eğilme eğilimidir. Bu nedenle, uygulamada, böyle eğrinin incelenen problemdeki dikey gerilmeler düzeyindeki kesimini kullanmak gerekir.

'Yekka' deneyine ümit verici nitelik kazandıran başlıca özelliği, deneydeki dikey gerilmelerin, kendiliğinden, incelenen zeminde göçmeye yakın durumda olan bir şevdeki dikey gerilmeler düzeyinde olmasıdır. Nitekim, incelenen şev kaymalarının üçünde de, kayma yüzeyine etkiyen ve dilimler arası kuvvetler ihmal edilerek hesaplanan ortalama dikey gerilme, ilgili 'yekka' deneylerinde maksimum dayanıma ulaşıldığı andaki ortalama dikey gerilmenin yarısından biraz küçük bulunmuştur (Çizelge 2, Sıra-3'teki değerlerle, Şekil 21, 24 ve 28'i karşılaştırınız). Bunun nedeni, zeminin dayanımı arttıkça,

'yekka' deneyinde zemin kamasını kesmek için uygulanması gereken kuvvetinde artması (Şekil 13), dolayısıyla uygulanan dikey gerilmenin artmasıdır ; öte yandan dayanım arttıkça belirli bir eğimdeki şevin kritik yüksekliği ve dolayısıyla olası bir kayma yüzeyi boyunca etkiyen dikey gerilmeler de artmaktadır.

'Yekka' deneyinin kritik olmaktan uzak olan şevlerin güvenlik katsayısını bulmakta kullanılması durumunda, bulunan değerler gerçek değere kritik bir şevde olduğu kadar yakın olmayacağı ileri sürülebilir. Ancak bu gibi durumlarda, dikey gerilme düzeyi nedeniyle doğacak yanılğı, güvenli yönde olacak ve pratikten çok bilimsel önem taşıyacaktır : Hiç bir mühendis güvenlik katsayısı örneğin 3,5 olarak bulunan ve gerçek güvenlik katsayısı bunun da bir miktar üstünde olduğu bilinen bir şevden kaygı duymaz.

9.1.2 Ölçülen maksimum dayanım parametrelerinin güvenilirliği

Bölüm 9.1.1.'de tartışılan etkenlerden hiç birinin deney sonuçlarını önemli oranda etkilemeyeceği belirdiğine göre, bu sonuçların göçmüş şevlerin etüdüne uygulanmasından elde edilen güvenlik katsayılarının gerçek değer olan 1,00'e yakınlığı, deneyin güvenilirliğinin bir göstergesi sayılabilir. Çizelge 2, Sıra 13'ten ilgili şeve en yakın noktada yapılan 'yekka' deneylerinden elde edilen güvenlik katsayılarının incelenen üç şev için 1,02; 1,02 ve 1,08 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, geliştirilen deneyin amaçlanan değerleri doğru olarak ölçtüğü konusunda kuşku bırakmamaktadır.

C/1, D, C/2 ve C/4 Serisi 'Yekka' Deneylerinde kayma düzleminin eğimi ile kullanılacak deney kalıbının seçilmesinde uygulanan yöntem (Bölüm 7.2.3) nedeniyle, ölçülen drenajsız kayma dayanımı parametreleri, kayma dayanımının dikey gerilmeye göre değişimi yanında, kayma düzlemi eğimine göre değişimini de yansıtmaktadır. Nitekim D Serisi ' Yekka' deneylerinden elde edilen ϕ_{15} değerinin oldukça yüksek oluşu, bu serinin ilk iki deneyinde kaymanın tümüyle fisür ve çatlaklar boyunca olmasına bağlanabilir. Bu da, sonradan deney çukuru kenarından kalınlığı en çok 25 cm olan bir kütlenin düşüp yaklaşık olarak 1,0 m²'lik bir alanda bir çatlağın parlak yüzeyini açığa çıkarmasıyla de kanıtlandığı gibi, D Alanında fisür ve çatlakların düşeye yakın eğimlerde toplandığının yerinde bir belirtisi olmuştur. Ölçülen kayma dayanımı parametrelerinin anılan özelliği, özellikle D Alanı şevi için hesaplanan güvenlik katsayısı ile gerçek değer arasındaki yakınlığı sağlamada yardımcı olmuştur. denebilir.

C Alanı için şevin güvenlik katsayısını 1,20 ve 1,47 olarak veren C/1 ve C/2 Serisi ' Yekka' Deneylerinin, şevdekinden daha az yumuşama olmuş noktalarda yapıldığı, yavaş kesme kutusu deneyleri ile üç eksenli basınç deneyleri sonuçlarından (Çizelge 2, Sıra 21-24,14,15) görülebilir. B/10° Serisi ' Yekka' deneyleri için bunun tersi söylenebilir. Böylece 'yekka' deneylerinin incelenen şevlerin güvenlik katsayısını olduğundan bir miktar yüksek gösterme eğiliminde olduğu ortaya çıkar. Bunun bir nedeni, zeminin maksimum dayanımına, değişik noktalarda, değişik kayma deplasmanlarında (Çizelge 1, Sütun 9) ulaşması, bunun da, örneğin Duncan ve Seed'in (1966 (b)) belirttikleri gibi, kayma anında, kayma düzlemi boyunca etkiyen ortalama kayma dayanımının, maksimum

değerin altında olması sonucunu doğurmasıdır. Diğer bir nedeni de, 900 cm^2 lik bir kesme alanının yerindeki gerçek dayanımı (Lo, 1970) yansıtmakta bir miktar yetersiz kalması olabilir.

9.1.3 Ölçülen kalıntı dayanım parametrelerinin güvenilirliği

'Yekka' deneyinde ölçülen kalıntı dayanım parametrelerinin güvenilirliğini denetlemek olanaksızdır. Ancak birkaç noktaya değinilebilir.

B/10⁰ ve C/1 Serisi 'Yekka' Deneylerinde, deneyin, zeminkalıntı dayanımına tam ulaşmadan durdurulduğu sanılmaktadır (örneğin, Şekil 32 (a)'da C/1/6 işaretli eğri ile diğerlerini karşılaştırmız). Bu sanı yerinde ise, bu iki seri için gerçek kalıntı dayanımın, Şekil 21 ve 23'te verilenlerin bir miktar altında olması beklenebilir.

Şekil 21, 23, 24, 25, 26 ve 28'den, kalıntı ϕ_{is} değerinin çoğu durumda maksimum ϕ_{is} değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu da, kayma yüzeyinin oldukça düzgün olduğu durumlar dışında, 'yekka' deneyiyle ölçülen kalıntı dayanımın yanıtıcı olabileceğini göstermektedir.

9.2 'Yekka' deneyinin yararlılığı

Geliştirilen yeni bir yöntem, ancak, yerleşmiş yöntemlerden daha basit, daha ekonomikse ve, belki en önemlisi, bunlardan daha güvenilir sonuçlar veriyorsa, gerçekten yararlı sayılabilir. Bu nedenle, 'yekka' deneyleriyle elde edilen sonuçlar, üç eksenli basınç deneyi ve yavaş kesme kutusu deneylerinden bulunanlarla karşılaştırılmıştır. Bu arada, incelenen alanların ikisinden alınan küçük laboratuvar numunelerinde, müsaade edilen maksimum tane çapı olan (Akroyd, 1957) 3,2 mm'den iri taneler bulunduğunu (Çizelge 2, Sıra 26), taş oranının burada incelenen zeminlerdekinden daha yüksek olduğu durumlarda, aşağıdaki türde karşılaştırmaların 'yekka' deneyinden yana daha da olumlu olacağını belirtmekte yarar vardır.

9.2.1 'Yekka' deneyi ile üç eksenli basınç deneyi sonuçlarının karşılaştırılması

Çizelge 2, Sıra 20'den, tümüyle üç eksenli basınç deneylerine dayanılarak bulunan güvenlik katsayılarının, genellikle gerçek değer üstünde olduğu görülür. Bu yolla bulunan güvenlik katsayılarının en başarılısı olan, D Alanı için 102 mm çaplı numunelerden elde edilen değerde bile % 29'luk bir yanılğı vardır.

Şekil 29'da, daha olası boşluk suyu basınçları için özetlenen üç eksenli basınç deneyi sonuçlarıyla, aynı grafikler üzerinde tek nokta olarak gösterilen 'yekka' deneyi sonuçlarını karşılaştırmak için, aynı noktada yapılan deneyleri ele almak gerekir. Şevdeki kayma yüzeyi yakınından alınan numuneler üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri ise bu deneylerin güvenilirliğini, ve aynı noktada 'yekka' deneyleri yapılabilmış olsa sonuçların hangi yönde değişeceğini gösterme bakımından önem taşır.

Şekil 29 (a), B/10⁰ noktası için yapılan üç eksenli basınç deneylerinin aynı noktadaki 'yekka' deneyleriyle aynı güvenlik katsayısını (F_S) verebilmeleri için, boşluk suyu basıncı oranının (r_U), -0.23 alınması gerektiğini göstermektedir. Bu, akla oldukça uygun bir değer olduğundan, bu nokta için doğru r_U değerini kesinlikle saptamak olanağı olsa, üç eksenli basınç deneylerinin 'yekka' deneyiyle aynı F_S değerini vermesi beklenebilir. Ancak r_U değerini saptamak güç olduğu oranda, üç eksenli basınç deneyinden elde edilen güvenlik katsayısı da belirsizleşir ve görüldüğü gibi r_U = - 0.3 ile 0,1 aralığı için F_S değerleri 1,03 ile 0,63 arasında değişir: r_U = - 0,23 değeri için kayma yüzeyi yakınından alınan numuneler üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri F_S = 1,51 vermektedir. r_U = -0,3 ile 0,1 aralığı için ilgili F_S değerleri ise 1,60 ile 1,14 arasında değişmektedir. Bu da, üç eksenli basınç deneylerinin bu şevin güvenlik katsayısını olduğundan çok gösterme eğiliminde olduğunu, ancak aynı noktada 'yekka' deneyleri de yapılabilmiş olsa bunların sonucunun da B/10⁰ noktası için bulunandan bir miktar yüksek olacağını göstermektedir. Ancak Şekil 30 (b)'deki karşılaştırmalardan, 'yekka' deneyiyle bulunan F_S değerinküçük laboratuvar numuneleriyle bulunanlardan daha düşük bir oranda değiştiği görülmektedir.

Şekil 29 (b), C alanı şevine en yakın noktalardan alınan "C/Kayma" ve "C/4" işaretli noktalar için üç eksenli basınç deneylerinin r_U = -0,3 ile 0,1 aralığında sırasıyla 1,10 ile 0,78 ve 1,22 ile 0,90 arasında F_S değerleri verdiğini göstermektedir. Bu sonuçlar başarılı sayılabilir, ancak elde edilen sonuçların rastlantılara ne denli bağlı olduğunu göstermek bakımından, "C/1" noktası için en küçük karekök yöntemiyle artı kohezyon değeri veren 7 deneyden ve 8 deneyden alınan sonuçlara bakmakta yarar vardır. Aynı r_U aralığı için 7 deneyden sağlanan F_S değerleri 1,44 ile 0,99 arasında değişirken, tek bir ek deneyin dik-kate alınması sonucunda F_S değerleri 1,06 ile 0,61 arasına düşmektedir. Bu durumda, C Alanı şevine en yakın C/4 noktasında yapılan 'yekka' deneylerinden sağlanan F_S=1,02 değeri, çok daha güvenilir bir değer olarak belirmektedir.

Şekil 29 (c), üç eksenli basınç deneyi sonuçlarını etkileyen diğer bir ögeyi belirtmektedir : Numune büyüklüğü. 102 mm çapında numuneler üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri, r_U = -0,21 alınır, doğru güvenlik katsayısını vermektedir. Öte yandan, aynı r_U değeri için 36 mm çapındaki numuneler üzerinde yapılan deneyler güvenlik katsayısını 1,41 olarak vermektedir. 102 mm çapındaki numunelerin (r_U değerinin doğru saptanabileceği kabul edilirse), bu şev için doğru F_S değerini verdiği söylenebilirse de, bu boyuttaki numunelerde tek bir deneyin ortalama olarak 17 gün sürdüğü, güvenilir bir kayma dayanımı zarfı için en az altı deneyin gerektiği düşünülürse, 'yekka' deneyleriyle 7 günde elde edilen sonucun üç eksenli basınç aletinde 102 günde sağlanabileceğini belirtmek gerekir.

Birden çok yüklüme aleti kullanarak, üç eksenli basınç deneyi süresinin kısaltılabileceği öne sürülebilir. Bu da konuya ekonomik açıdan da bakılması zorunluğunu hatırlatır. Gerçekten de bugün, sıcaklık kontrolü ve diğer temel araç ve gereçleri bulunan bir zemin mekaniği laboratuvarına, 36 mm çapında numuneler denemek için bir üç eksenli basınç deneyi birimi sağlamak, yaklaşık olarak 60.000 TL. gerektirmektedir. 102 mm çapında numuneler için benzer bir birimin bedeli ise 90.000 TL. dolayındadır ve bugünkü koşullarda bu aletlerin yurt dışından satın alınması gerekmektedir. Oysa 'yekka' deneyinin

yapımı için tutarı 17.000 T.L. dolayında aletler yeterlidir, ve bu aletlerin büyük bir bölümü yurdumuzda yapılabilir niteliktedir. Sonuç olarak, üç eksenli basınç aletinin, ancak burada tartışılan türdekinin dışında kalan problemlerin çözümünde de yoğun bir biçimde kullanılacağı durumlarda, ekonomik yönden 'yekka' deneyiyle rekabet edebileceği söylenebilir.

Elde edilen sonuçlar yönünden ise, 'yekka' deneyinin daha büyük bir alanı denemesi, numune örselenmesinden çok daha az etkilenmesi, boşluk suyu basıncının etkisini bünyesinde taşıyıp bunun ayrıca saptanmasını gerektirmemesi nedenleriyle, incelenen türdeki zeminlerde, üç eksenli basınç deneylerinden daha tutarlı, daha güvenilir sonuçlar verdiği kuşkusuzdur.

Son olarak, 'yekka' deneyindeki dikey gerilmeler düzeyinde hücre basıncı uygulayarak, kayma dayanımı parametrelerini üç eksenli basınç aletinde de toplam gerilmeler türünden saptamanın olasılığı üzerinde durulabilir. Ancak Şekil 34'te aynı ölçekle işaretlenen 'yekka' deneyi ve üç eksenli basınç deneyi sonuçlarından, bunun olanaksızlığı açıkça görülmektedir. Üç eksenli basınç deneyinden elde edilen noktalar o denli dağınıktır ki, 'yekka' deneylerindeki gibi 10 katı gerilme düzeyi uygulandığında bile, K_f çizgisini (Lambe and Whitman, 1969) saptamak, güç olmaktadır.

9. 2. 2 'Yekka' deneyi ile yavaş kesme kutusu deneyi sonuçlarının karşılaştırılması

Zemin, doğal durumunda suya yarı doygun olmasına karşın, uygulanması gereken hücre basıncı düzeyinde suya doygun veya hemen hemen doygun duruma geldiğinden, drenajsız üç eksenli basınç deneylerinde pek az hacim değişimi olmuştur. Bu nedenle, bu deneylerin sonuçlarıyla, yavaş kesme kutusu deneylerinin sonuçlarını karşılaştırmak gerektiğinde, Şekil 30 ve 31'de verilen kabarma düzeltmeli eğrileri kullanmak daha doğru olur (Skempton and Bishop, 1954).

'Yekka' deneylerinde ve şev kayması sırasında kabarma olmaktadır. Bu nedenle 'yekka' deneyiyle yapılacak karşılaştırmada, Şekil 30 ve 31'deki kabarma düzeltmesiz eğrileri kullanmak gerekir.

Şekil 30 (a), B/10⁰ noktası için yavaş kesme kutusu deneylerinden elde edilen güvenlik katsayısının, aynı noktadaki 'yekka' deneylerinden bulunanın 2, 5 katı dolayında olduğunu göstermektedir. Aynı yerden alınıp suya boğularak yapılan yavaş kesme kutusu deneyleri ise güvenlik katsayısını çok düşük göstermektedir. Şev yakınından alınan numuneler üzerinde yapılan yavaş kesme kutusu deneyleri ise güvenlik katsayısını gerçek değer in 3, 5 katı olarak vermektedir.

Şekil 30 (b), C Alanında kayma yüzeyi yakınından alınan numuneler üzerinde yapılan yavaş kesme kutusu deneylerinden elde edilen güvenlik katsayısının 'yekka' deneyleriyle bulunandan yüksek olmakla birlikte, aradaki farkın Şekil 30 (a)'dakinden daha az olduğunu göstermektedir. Ancak, kohezyon değeri arttıkça, iki tür deneyin sonuçları arasındaki fark da artmakta, ve örneğin C/2 alanı için yavaş kesme kutusu deneyi sonuçları 'yekka' deneylerin-

den bulunanın 3,0 katı dolayında güvenlik katsayısı değerleri vermektedir. Bunun nedeni, daha çok kohezyona etki eden fisürlerin, küçük numunelerde yeterince yansıtılamamasıdır. Düşük kohezyonlu zeminlerde, kohezyonun güvenlik katsayısına katkısı nispeten az olduğundan, yavaş kesme kutusu deneyleri de gerçeğe-daha yakın güvenlik katsayısı değerleri vermektedir.

Fisürler boyunca etkili olan dayanımın, zeminin kalıntı dayanımına yakın olduğu (Skempton ve La Rochelle, 1964) bilindiğinden, fisürlerin etkisini ampirik bir biçimde dikkate almak için, güvenlik katsayılarının yavaş kesme kutusu deneylerinde ölçülen yaklaşık kalıntı dayanımdan hesaplanması düşünülmüş, ve sonuçlar Şekil 31'de gösterilmiştir. Şekil 31 (a), B Alanı için bu yolla hesaplanan güvenlik katsayılarının gerçeğe daha yakın olduğunu göstermektedir. C Alanı içinse, şevdeki kayma yüzeyi yakınından alınan numuneler üzerinde yapılan deneylerden, aynı yolla bulunan güvenlik katsayılarının (Şekil 31 (b)), maksimum dayanım parametreleri kullanılarak hesaplananlardan (Şekil 30(b)), daha başarılı olmadıkları görülmektedir. Bu da, yavaş kesme kutusu deneylerinden, kalıntı dayanım kullanılarak gerçeğe daha yakın güvenlik katsayıları elde etmeyi amaçlayan yarı ampirik yöntemin, daha çok, kohezyonu nispeten yüksek olan zeminlerde başarılı olabileceğini göstermektedir.

10. Sonuç

Türkiye gibi yarı kurak ülkelerde pek sık rastlanan suya yarı doygun durumdaki killerin drenajsız kayma dayanımını yerinde ölçmekte kullanılacak yeni bir deney tekniği geliştirilmiştir. Bu tekniğin fisürlü, çatlaklı, iri taneler içeren zeminlerde, güvenilir ve küçük laboratuvar numuneleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç ve yavaş kesme kutusu deneylerinden daha başarılı sonuçlar verdiği saptanmıştır.

Geliştirilen deney, suya yarı doygun zeminlerin drenajsız kayma dayanımı parametrelerini, zemini önemli biçimde örselemeden, ve incelenen zeminde göçmeye yakın bir şevdekiler düzeyindeki dikey gerilmeler altında ölçmektedir. Bu nedenlerle, toplam gerilmelerle yapılan bir stabilite analiziyle birlikte kullanıldığında, sıkıştırılmış dolgular dahil, her tür suya doymamış zeminde yararlı sonuçlar vermesi beklenebilir.

Geliştirilen deneyin, suya doygun durumdaki, özellikle sert, fisürlü ve/veya iri taneler içeren zeminlerde de yararlı olamaması için teorik açıdan herhangi bir neden bulunmamaktadır.

Özellikle, yeterli duyarlılıkta laboratuvar aletlerinden yoksun bölge kuruluşlarının, kısa süreli şev dengesizliği, temellerin taşıma gücü gibi problemlerinin bilimsel ve ekonomik biçimde çözümünde, geliştirilen deneyin büyük yararlar sağlayacağına inanılmaktadır.

Özet

Suya yarı doygun durumdaki killerin drenajsız kayma dayanımını yerinde ölçmekte kullanılacak mevcut yöntemler ya çok karmaşık veya sert killer için yetersizdir. Bu araştırmada, bu amaçla kullanılacak yeni bir deney tekniği geliştirilmiştir.

Geliştirilen tekniğe göre, kama biçiminde hazırlanan bir zemin numunesi, tek bir hidrolik kriko ve raporda tanıtılan bazı basit aletler kullanılarak, bağlı bulunduğu ana zeminden kesilmektedir. Değişik deneylerde, yükleme yönü ile kesme düzlemi arasındaki açı değiştirilerek, kayma dayanımı-dikey gerilme oranı değiştirilebilmekte, böylece toplam gerilmeler türünden bir kayma dayanımı zarfı, bundan da zeminin drenajsız kayma dayanımı parametreleri elde edilebilmektedir. Deneydeki dikey gerilmeler, kendiliğinden, incelenen zeminde göçmeye yakın durumda olan bir şevdeki dikey gerilmeler düzeyinde olmaktadır. Deney hazırlığı zeminde pek az örselenme yaratmaktadır. Deney, suya doygun killerde de kullanılabilir.

Geliştirilen deneyle ölçülen parametreler ve toplam gerilmeler türünden bir stabilite analizi kullanılarak, suya yarı doygun, sert, fisürlü, çatlaklı Ankara Kilinde göçmüş üç şevin kısa vadede göçmeye karşı güvenlik katsayısı hesaplanmıştır. Bulunan değerler % 10'dan küçük bir yanılğı göstermiştir. Son olarak, aynı şevlerin güvenlik katsayısı, laboratuvarında üç eksenli basınç deneylerinde ve yavaş kesme kutusu deneylerinde ölçülen parametreler ile efektif gerilmeler türünden bir stabilite analizi kullanılarak hesaplanmış, sonuçlar, geliştirilen deneylerden bulunanlarla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, geliştirilen deneyin, küçük numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine oranla daha tutarlı sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Summary

Available methods for measuring the undrained shear strength parameters of unsaturated soils in situ are either too involved or inadequate for stiff clays. In this study a new technique has been developed for this purpose.

In this technique, a wedge of the in situ soil is sheared by means of a single hydraulic jack and a series of simple devices described in this Paper. By altering the inclination of the failure plane to the direction of loading, the ratio of shear strength to normal stress can be varied, and a shear strength envelope in terms of total stresses, and hence the undrained shear strength parameters of the soil obtained. The shear strength is automatically measured over about the same range of normal stresses as in a critical slope of the soil being tested. Preparation of the soil for testing results in a minimum of disturbance. The test may also be used for saturated soils.

The parameters measured in such tests have been used in a total stress type of stability analysis for the calculation of the factor of safety against short-term instability of three failed slopes in the partly saturated, stiff, fissured and jointed Ankara Clay. The values obtained were in error by less than 10 %. Lastly, the factor of safety of the same slopes have been calculated by using parameters measured in laboratory triaxial and slow shear box tests in an effective stress type of stability analysis, and the results compared with those obtained by the test developed. This comparison showed that the developed test yields more consistent results than tests performed on small laboratory specimens.

Literatür Listesi

- Akroyd, T.N.W. (1957). Laboratory testing in soil engineering, pp. 1-233.
London : Soil Mechanics Ltd.
- Biarez, J. (1968). Feldgerät zum gleichzeitigen Messen des Reibungswinkels
und der Kohäsion. VDI Zeitschrift 110, No. 12, 484.
- Bishop, A. W. (1950). Discussion. Géotechnique 2, No. 2, 113-116.
- Bishop, A. W. (1955) The use of the slip circle in the stability analysis of
slopes. Géotechnique 5, No.1, 7-17.
- Bishop, A. W. (1966) The strength of soils as engineering materials.
Géotechnique 16, No. 2, 91-130.
- Bishop, A. W. and Henkel, D. J. (1962). The measurement of soil properties
in the triaxial test, pp. 1-228. London : Edward Arnold.
- Blight, G. E. (1970). In situ strength of rolled and hydraulic fill.
J. Soil Mech. Fdns Div. Am. Soc. civ. Engrs 96, No. SM 3, 881-899.
- Duncan, J. M. and Seed, H. B. (1966 (a)). Anisotropy and stress
reorientation in clay. J. Soil Mech. Fdns Div. Am. Soc. civ. Engrs 92, No.
SM5, 21-50.
- Duncan, J. M. and Seed, H. B. (1966 (b)). Strength variation along
failure surfaces in clay. J. Soil Mech. Fdns Div. Am. Soc. civ. Engrs
92, No. SM6, 81-104.
- Duncan, J. M. and Seed, H. B. (1967). Corrections for strength test data.
J. Soil Mech. Edns Div. Am. Soc. civ. Engrs 93, SM5, 121-137.
- Dunlop, P., Duncan, J. M. and Seed, H. L. (1968). Finite Element Analysis
of Slopes in Soil. Report No. TE-68-3, Soil Mech. Lab., Univ. of

California, Berkeley,

Erol, O. (1962). Ankara Kili hakkında jeolojik not. Ankara Üniversitesi (yayımlanmamış).

Fagnoul, A. and Bonnechère, F. (1970). Cisaillement in situ d'un massif de sol hétérogène. Géotechnique 20, No.4, 373-386.

Hambly, E. C. (1969), A new true triaxial apparatus. Géotechnique 19, No. 2, 307-309.

Handy, R.L. and Fox, N.S. (1967). A soil bore-hole direct-shear test device. Highw. Res. Bd. News 27, 42-51.

Hvorslev, M.J. (1949). Subsurface exploration and sampling of soils for civil engineering purposes. U.S. Waterways Expt. Stn.

IBM (1969). System/360 scientific subroutine package, 4 th ed., pp.1-454. Form H 20-0205-3, IBM Corporation, Technical publications Department, New York.

Ildız, Ö. (1974). Effect of side friction on the preconsolidation characteristics of M.E.T.U. Campus Clay. M.S. Thesis, M.E.T.U., Ankara.

Ko, H. Y. and Scott, R.F. (1967). A new soil testing apparatus. Géotechnique 17, No. 1, 40-57.

Lambe, T.W. and Whitman, R.V. (1969). Soil Mechanics, pp. 1-553. New York: Wiley.

La Rochelle, P. (1967). Membrane, drain and area correction in triaxial test on soil samples failing along a single shear plane. 3 rd Pan-Am. Conf. Soil Mech., Venezuela 273-293.

Lo, K. Y. (1970). The operational strength of fissured clays. Géotechnique 20. No. 1, 57-74.

Mirata, T. (1973). Ankara Kilinde üç şev kaymasının yeni bir teknikle incelenmesi. IV. Bilim Kongresi, Ankara.

Mirata, T. (1974). The in situ wedge shear test — a new technique in soil testing. Géotechnique 24, No.3, 311-332.

Mirata, T. (1975). Expansible segments for support of test pit walls. Proc. Conf. Soil Mech. Fdn Engng, İstanbul.

Öner, M. (1971). Computer application of slope stability analysis. M. S. Thesis, M.E.T.U., Ankara.

Ordemir, İ., Alyanak, I. and Birand, A. (1965). Report on Ankara Clay.
Publ. No. 12, Eng. Faculty, M.E.T.U., Ankara.

Skempton, A.W. (1954). The pore pressure coefficients A and B.
Géotechnique 4, No. 4, 143-147.

Skempton, A.W. and Bishop, A.W. (1954). "Soils", Chapter X of
Building Materials, their Elasticity and Inelasticity. Amsterdam :
North Holland Pub. Co.

Skempton, A.W. and La Rochelle, P. (1965). The Bradwell slip : a short-
term failure in London Clay, Géotechnique 15, No. 3, 221-242.

Terzaghi, K. (1943). Theoretical soil mechanics, pp. 1-510. New York:
Wiley.

Thorley, A., Broise, Y., Cahoon, M.L., Zeman, Z.P. and Vatt, W.G.
(1969). Borehole instruments for economical strength and deformation
in-situ testing. Proc. Conf. on in situ investigations in soils and rocks,
Inst. Civ. Engrs, London, pp. 155-165.

Vaughan, P.R. and Walbancke, H. J. (1973). Pore pressure changes and
the delayed failure of cutting slopes in overconsolidated clay.
Géotechnique 23, No.4, 531-539.

Baskıya Girerken

Bu raporun yazılışından sonra, 16 aylık bir süreyle, raporda anılan kimi konularda araştırmalar sürdürülmüş, elde edilen sonuçlar, raporda özetlenen üç eksenli basınç deneylerinin ayrıntılarıyla birlikte, Londra Üniversitesine sunulan bir doktora tezinde (Mirata, 1976) verilmiştir. Bu ek çalışmanın, geliştirilen deneyden çok, üç eksenli basınç deneyi sonuçlarıyla ilgili kimi görüşleri etkileyen sonuçlarını burada özetlemekte yarar görülmüştür. Bunlar şöylece sıralanabilir :

1. Üç eksenli basınç deneyinin değerlendirilmesindeki gelişmeler (Pachakis, 1976) ve laboratuvarında yapılan ek boşluk suyu basıncı deneyleri nedeniyle, rapordaki Çizelge 2, Sıra 14-20'deki değerlerle anılan tezdekiler arasında küçük farklılıklar doğmuştur; ancak bunlar raporun özünü etkilememektedir.

2. Bölüm 8.3 (i)'de belirtilen biçimde, numuneye çekme gerilmesi uygulayarak yapılan boşluk suyu basıncı ölçümlerinin Çizelge 2, Sıra 16'da verilen değerlerden önemsenecek bir sapma göstermedikleri izlenmiştir.

3. Bölüm 8.3 (iii)'ü izleyen paragrafta belirtilen yöntemle, arazide yedi değişik noktada yapılan boşluk suyu basıncı ölçümleri ve bunların, aynı sondaj deliğinden alınan numuneler üzerinde laboratuvarında yapılan ölçümlerle karşılaştırılması, şu iki sonucu pekiştirmiştir :

a) Bölüm 8.3 (iii)'ü izleyen paragrafta belirtilen, ucu filtreli boruda gözlenen su düzeyinin, yerinde ölçülen ilk boşluk suyu basıncı ile uyumu, tümüyle bir rastlantı olup, böyle borularla gözlenen su düzeyinin örselenmemiş zemindeki boşluk suyu basıncını değil, doldurulmuş deney çukurunda biriken yeraltı su düzeyini yansıttığı kesinleşmiştir.

b) Yerinde yapılan boşluk suyu basıncı ölçümleri, laboratuvar ölçümleriyle yakın bir uyum göstermiştir. Bu durumda, üç eksenli basınç deneylerinden hesaplanan güvenlik katsayıları, Çizelge 2, Sıra 20'deki değerlere daha yakın olmakta ; Şekil 29-31'deki eğrilerin ise zeminde, kazı so-

nucu aralanıp içlerine su sızmasına olanak sağlayan ve böylece kayma yüzeyi boyunca yerel ölçümlerle belirlenen boşluk suyu basıncından daha yüksek bir ortalama su basıncının doğmasına neden olan çatlakları, ampirik bir biçimde dikkate aldığını kabul etmek zorunluğu doğmaktadır. Bu sonuç ise 'yekka' deneyi ile bulunan güvenlik katsayılarının yerleşmiş yöntemlerle bulunanlara oranla güvenilirliğini, raporda belirtilenin üstüne çıkarmaktadır.

Ek Literatür

Mirata, T. (1976). Short-term stability of slopes in Ankara Clay. Ph.D. thesis, University of London.

Pachakis, M.D. (1976). The influence of the membrane restraint on the measured strength of a soil sample failing along a simple shear plane in the triaxial test. Geotechnique 26, No.1, 226 - 230.

C/2	1	2.2	1.7	30	30	15	-	8.1	-1.6	7.4	-	528	9.1	15.5
	2	2.2	1.7	30**	30	15	-	14.4	-5.0	-13.8	-	567	4.6	62.5
	3	2.2	1.7	30	-90	15	-	4.2	-0.4	-15.2	-	782	0.3	50.3
	4	2.2	1.7	30	15	15	-	10.2	-4.2	10.8	-	-	-	-
	5	2.7	2.2	40	15	15	-	16.8	-4.9	35.8	-1.06	285	-1.0	10.0
	6	3.4	2.9	45	0	15	-	10.2	-4.6	-7.7	-	704	-6.1	33.0
	7	3.8	3.3	35	0	15	-	7.8	-1.6	13.3	-	79.1	0.9	63.1
	8	3.8	3.3	35	-70	10	-	11.4	-2.7	14.1	-	345	4.6	24.6
	9	4.1	3.5	30	0	15	-	9.0	-1.0	10.9	-	77.9	2.4	30.1
C/3	1	0.4	-0.6	25	15	10	-	19.7	-6.1	7.4	-	352	2.7	52.9
	2	0.4	-0.6	45	15	15	-	14.7	-5.7	-13.8	-	40.7	-6.8	2.5
	3	0.6	-0.4	45	15	15	-	11.9	1.5	-15.2	-	48.9	-8.3	8.3
	4	0.8	-0.2	25	15	15	-	10.1	0.2	10.8	-	44.7	6.9	61.9
	5	0.8	-0.2	45	15	14	-	14.0	-1.1	35.8	-1.06	425	4.7	93.4
	6	0.8	-0.2	25	15	12.5	-	5.1	0.9	-7.7	-	44.7	2.0	23.8
	7	1.0	0.0	45	15	0†	-	3.4	-0.3	13.3	-1.17	41.7	2.2	52.6
C/4	1	1.6	1.0	25	40	0†	-	25.9	-1.3	81.0	-	780	-3.1	100
	2	1.6	1.0	25	-90	0†	0.73	26.6	-1.9	50.0	2.29	80.5	-3.7	32.5
	3	2.6	2.0	40	10	15†	-	2.2	0.0†	-49.3	-	4.0	0.0†	-57.4
	4	3.1	2.5	45	0	15†	+0.52	12.6	-5.1	-22.0	-	80.0	-2.5	6.2
	5	2.6	2.0	40	-90	-3.8†	-	10.3	-2.4	1.3	3.08	86.3	-2.2	-49.6
	6	3.2	2.6	35	5	15.2†	-	10.1	-2.2	-38.5	-	134.4	-5.3	-7.9
	7	3.1	2.5	45	-90	0	-0.16	2.5	0.0	-2.4	0.68	135.7	5.4	15.3
	8	3.2	2.6	35	5	-6.0†	-	2.1	0.1	-9.6	-	33.4	1.6	-88.5
	9	4.0	3.4	30	0	15†	-0.18	6.7	-1.7	-13.8	-0.92	31.4	1.9	-83.6
	10	3.9	3.3	30	-60	8†	-	4.7	-1.5	24.8	-0.09	72.1	-0.7	-19.3
						0.42	7.0	-0.9	16.1	-	71.9	-0.8	28.2	
							7.1	-1.0	2.4	-1.54	51.6	1.5	72.7	
							5.9	0.3	2.3	-	58.7	2.6	-55.9	
							5.7	1.2	4.5	-	29.9	4.8	-51.6	
							10.8	-3.1	-62.2	-1.78	26.7	5.2	-24.3	
							6.1	-3.4	29.8	-	114.6	-1.8	-71.9	
							5.1	0.6	-30.8	-3.88	106.4	-5.7	81.7	
							5.9	0.5	-21.4	-	89.6	16.8	-77.9	
										-1.47	87.3	15.9	-45.5	

* β' 'nin ölçülmemiş veya dikkate alınmamış olduğu durumlar, çizgi işaretleriyle gösterilmiş, bu durumlar için u , v ve $\delta\sigma_N / \sigma_N$ değerleri β' 'yi sıfır olarak hesaplanmıştır.

** Bu deneyde kesme alanı diğer kalıplarınının 1,5 katı olan bir kalıp kullanılmıştır.

† Yükleme aletleri deney sırasında yüksektir.

‡ Kabul edilmiş değer.

Çizelge 2 : Değişlik İnceleme noktaları için elde edilen deney sonuçları ve diğer bilgiler.

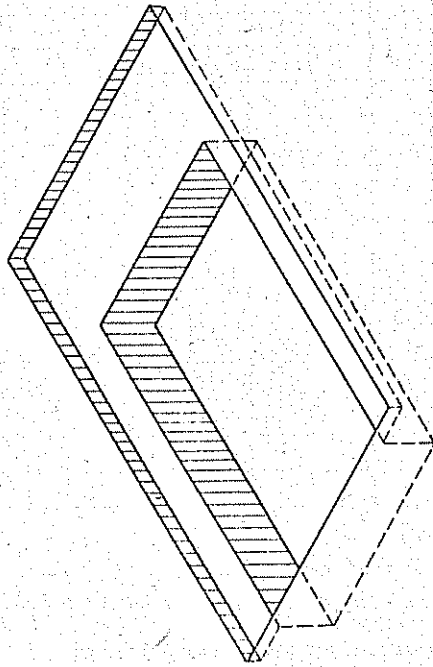
1	İnceleme Alanı	B (Şekil 15)			C (Şekil 17)					D (Şekil 19)		
2	İncelenen Yer	B/L _{ka}	B/H	B/10°	C/Sev	C/1	C/2	C/3	C/4	D/Sev	D	
3	Kayma yüzeyinde ortalama dikey gerilme (kg/cm ²)	0.209	-	-	0.114	-	-	-	-	0.192	-	
4	Kabul edilen gerilim çatlağı derinliği (m)	1.6	-	-	1.2	-	-	-	-	1.4	-	
5	Liklit limit, W _L (%)	91	63	92	77	78	82	73	-	-	79	
6	Plastik limit, W _p (%)	33	22	32	29	30	30	24	-	-	26	
7	Doğal su içeriği, W _N (%)	34	26	34	35	33	33	32	36	-	29	
8	Kil oranı, C (%)	63	44	63	57	56	57	50	-	-	52	
9	Birim ağırlık, γ (t/m ³)	1.87	1.97	1.83	1.80	1.87	1.87	1.81	1.86	-	1.97	
10	Suya doygunluk der., S _r (%)	98	95	92	92	94	94	88	99	-	93	
11	'Yekka' deneylerinde ölçülen	C _{1s} (kg/cm ²)	-	1.257	0.156	-	0.100	0.144	0.192	0.061	-	0.138
12		ϕ_{1s} (der.)	-	24.6	36.6	-	30.0	27.4	27.5	35.1	-	42.7
13	'Yekka' deneyi sonuçlarından hesaplanan güvenlik kat	-	-	0.97	-	1.20	1.47	-	1.02	-	1.08	
14	Üç eksenli basınç deneylerinden bulunan	c' (kg/cm ²)	0.270	-	0.130	0.071	0.033† 0.087†	-	-	0.086	-	0.218 0.130*
15		ϕ' (der.)	27.1	-	25.0	22.6	30.5† 29.5†	-	-	23.1	-	29.6 26.3*
16		u ₀ (kg/cm ²)	-0.37	-	-0.27	-0.20	-0.40	-	-	-0.31	-0.176*	-0.42
17		B	0.074	-	0.130	0.171	0.067	-	-	0.214	0.263*	0.044
18		A f	-0.109	-	0.038	0.533	0.235	-	-	0.465	0.287*	0.228
19	Kazıdan doğan yaklaşık boşluk suyu basıncı değişimi, Δu (kg/cm ²)	-0.05	-	-0.08	-0.02	-0.02	-	-	-0.03	-0.09*	-0.02	
20	Üç eksenli basınç deneyi sonuçlarından, u ₀ + Δu değerlerinin efektif c' yi artırdığı kabulüyle bulunan güvenlik katsayısı, F _s	2.03	-	1.32	1.54	2.54† 2.88†	-	-	2.05	1.74† 1.26*	2.11 1.61*	
21	Yavaş Kesme Kulusu	Kabar. ma düzelt. melt	C _{sc} (kg/cm ²)	0.611	0.899	0.403 0.126†	0.101	0.318	0.568	0.390	-	-
22		ϕ_{sc} (der.)	31.2	36.2	30.0 50.1†	29.0	25.9	29.7	31.4	-	-	
23	deneylerinden bulunan	Kabar. ma düzelt. mesiz	C _s (kg/cm ²)	0.748	1.028	0.403 0.000†	0.137	0.429	0.558	0.419	-	-
24		ϕ_s (der.)	29.2	31.8	29.0 29.6†	26.0	22.5	26.5	28.1	-	-	
25	Konsolidasyon katsayısı c _v (10 ⁻⁴ cm ² /s)	2.33	-	-	1.98	2.84	-	-	-	-	1.41	
26	3.2 mm'den iri tanelerin oranı %	0.0	0.0	0.0	4.3	3.2	2.5	2.4	4.0	-	3.3	

Yedi deneyden † Sekiz deneyden

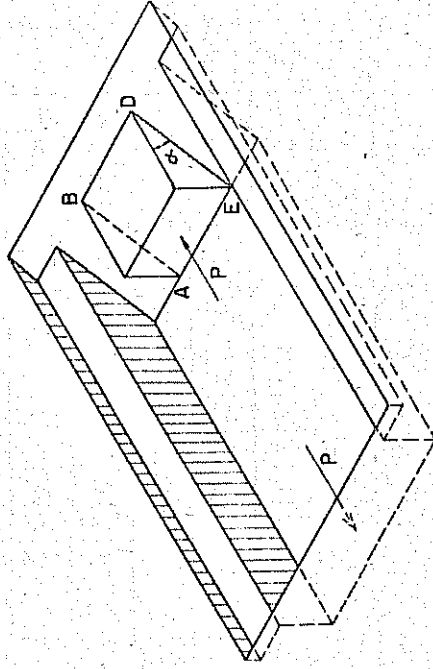
* 102 mm çaplı numuneler üzerinde yapılan deneylerden

† Son sıradaki güvenlik katsayılarının 102 mm çaplı numunelerde ölçülen boşluk suyu basınçları kullanılarak hesaplanan değerleri.

‡ Düşey yük uygulandıktan sonra suya boğularak yapılan deneylerden

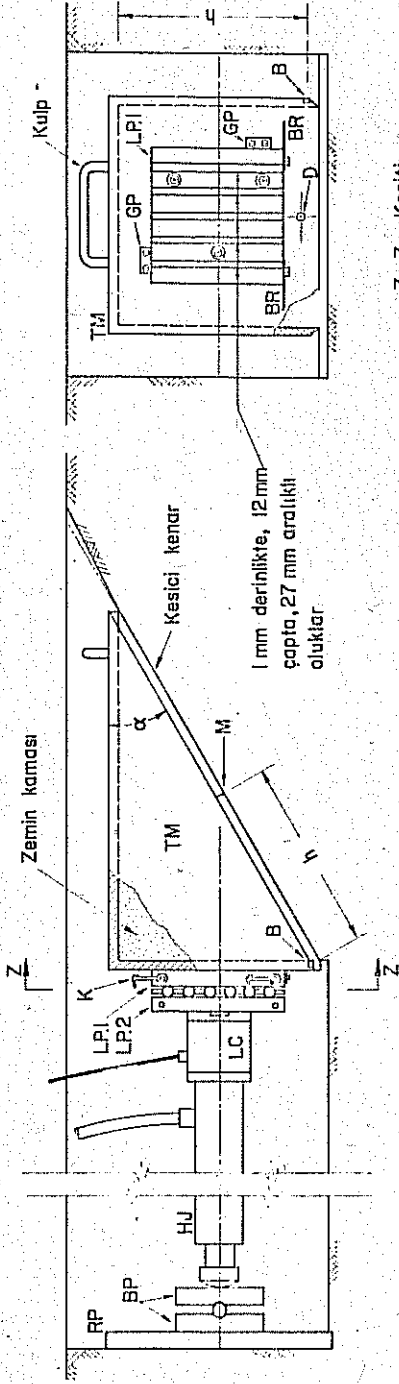


(a)

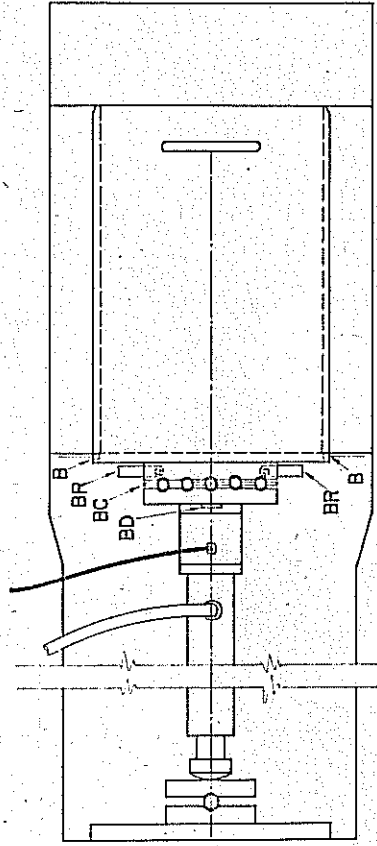


(b)

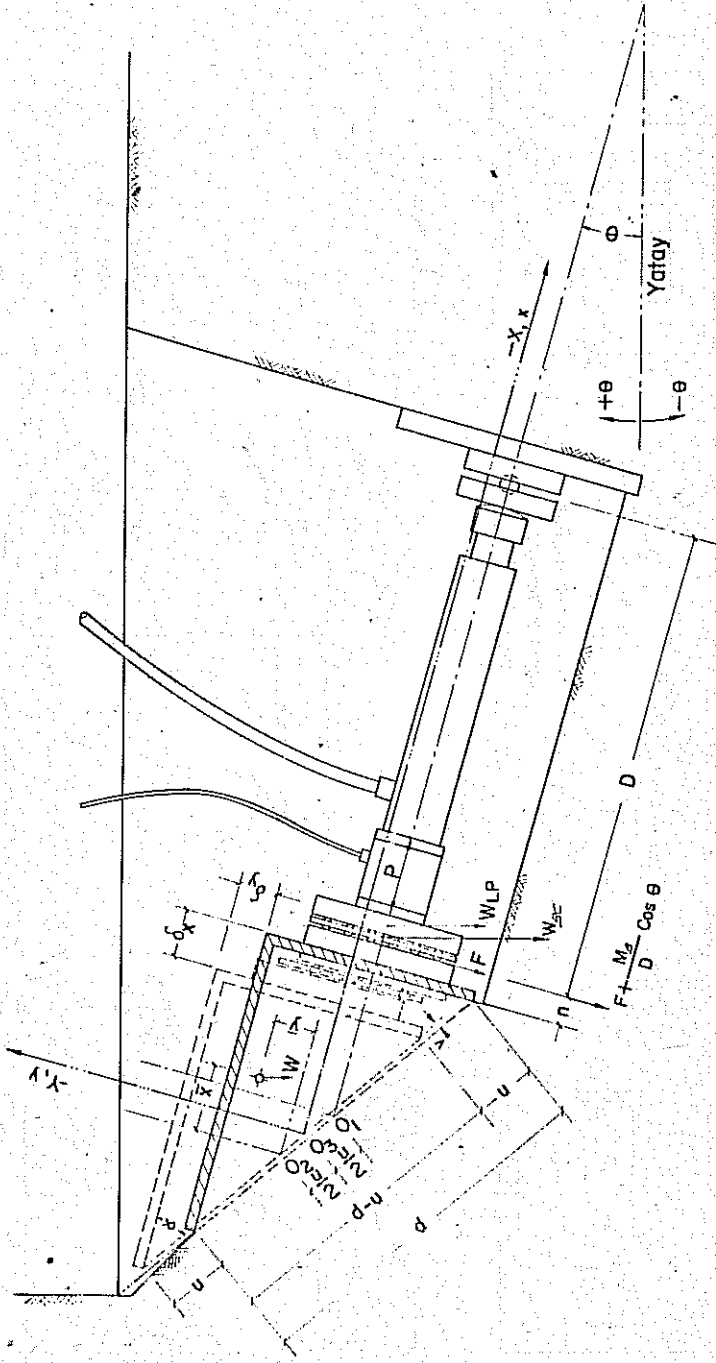
Şekil 1: 'Yekka' deneyinin ana ilkesi



Z-Z Kesiti

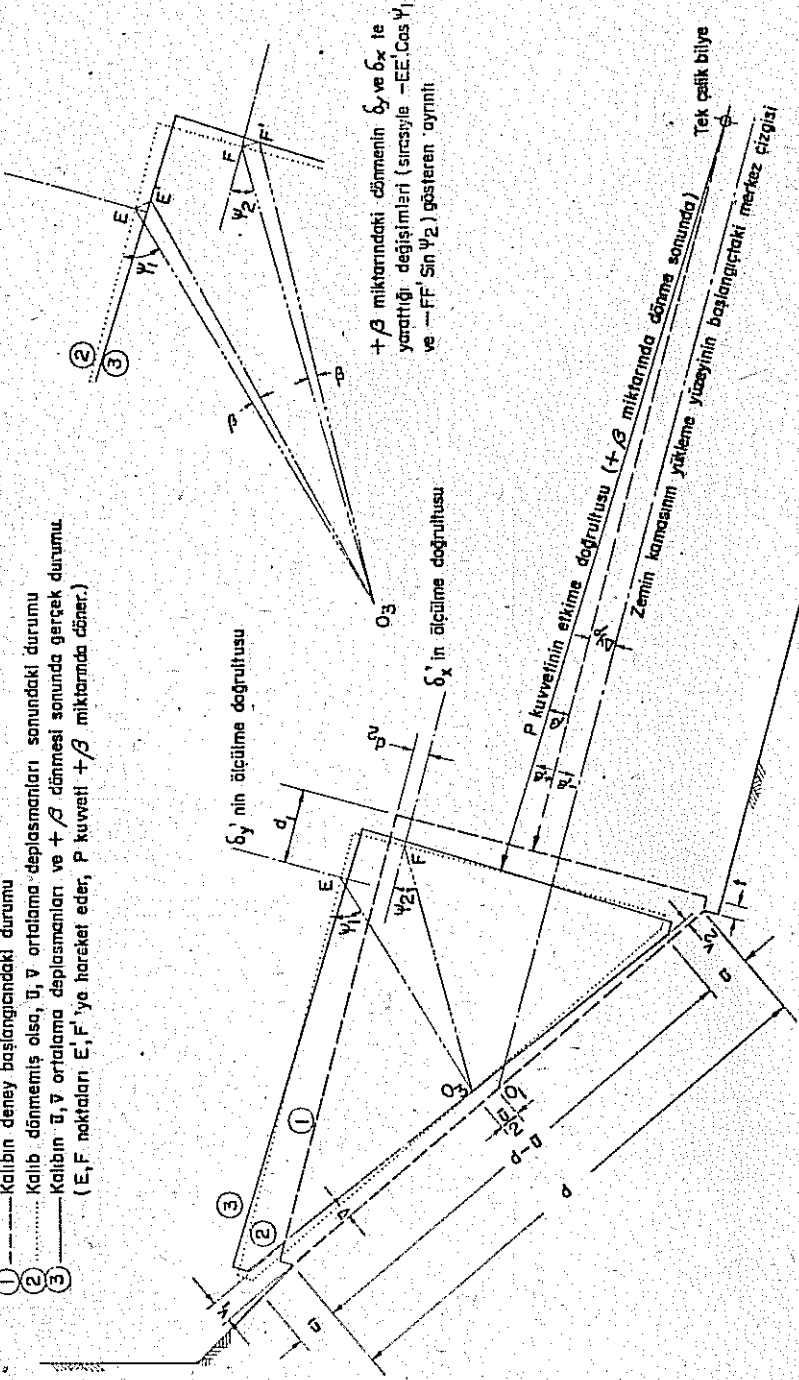


Şekil 2. 'Yekka' deneyinde kullanılan yükleme sistemi.

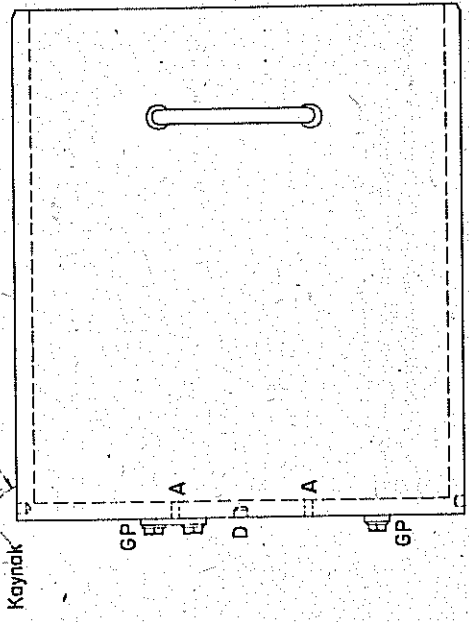
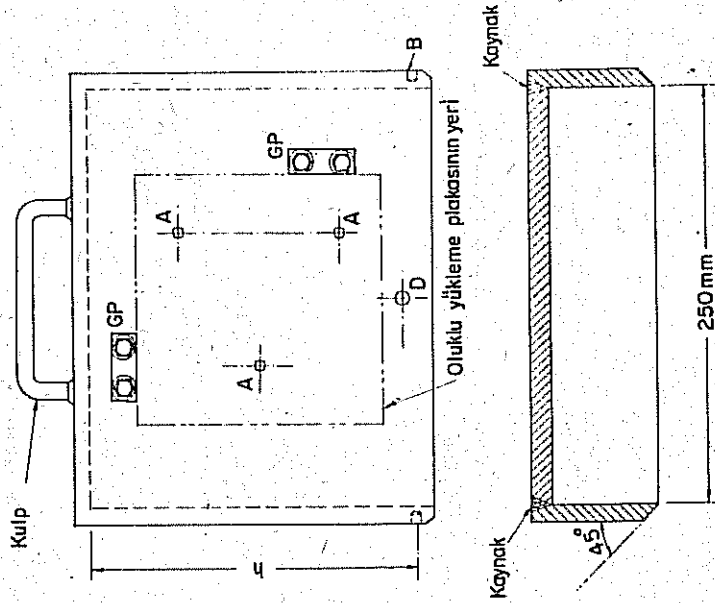


Şekil 3 : Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan yük, deplasman ve uzaklıklar.

- ① --- Kalıbın deney başlangıcındaki durumu
- ② Kalıbın dönmemiş olsa, \bar{u} , \bar{v} ortalama deplasmanları sonundaki durumu
- ③ ——— Kalıbın \bar{u} , \bar{v} ortalama deplasmanları ve $+\beta$ dönmesi sonunda gerçek durumu
(E, F noktaları E', F' 'ye hareket eder, P kuvveti $+\beta$ miktarında değişir.)

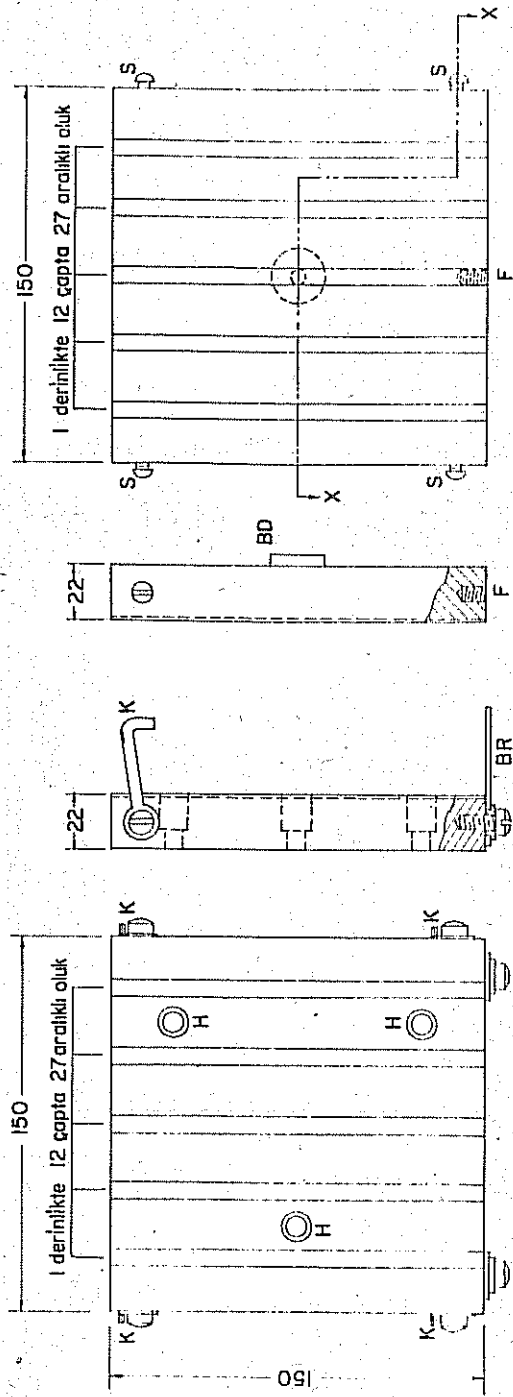


Şekil 4. Kalıp dönmesinin Δy , δ_x ve δ_y 'nin efektif değerlerine etkisini gösteren şema.

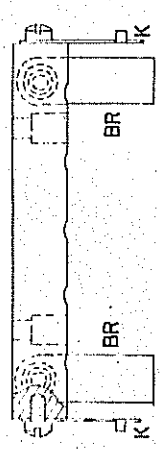


X-X Kesiti

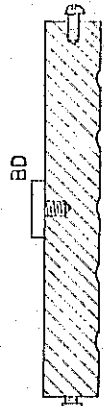
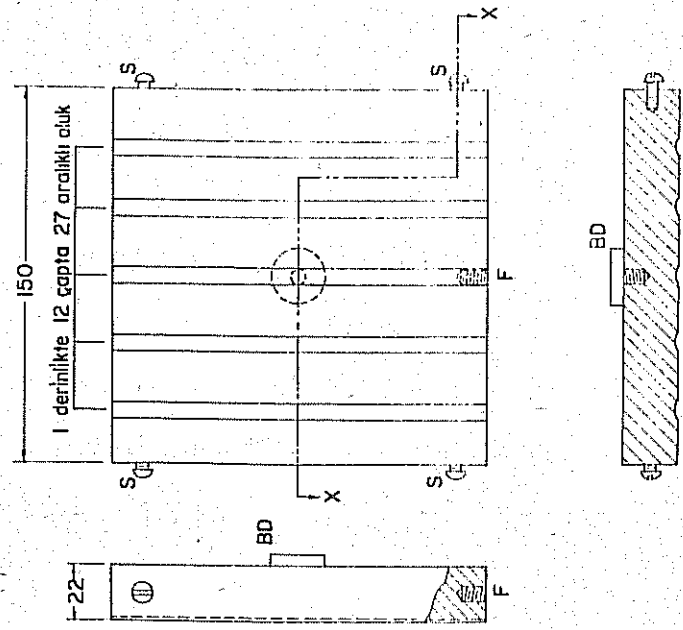
Şekli 5 : Deney Kalıbı



Boyutlar mm'dir

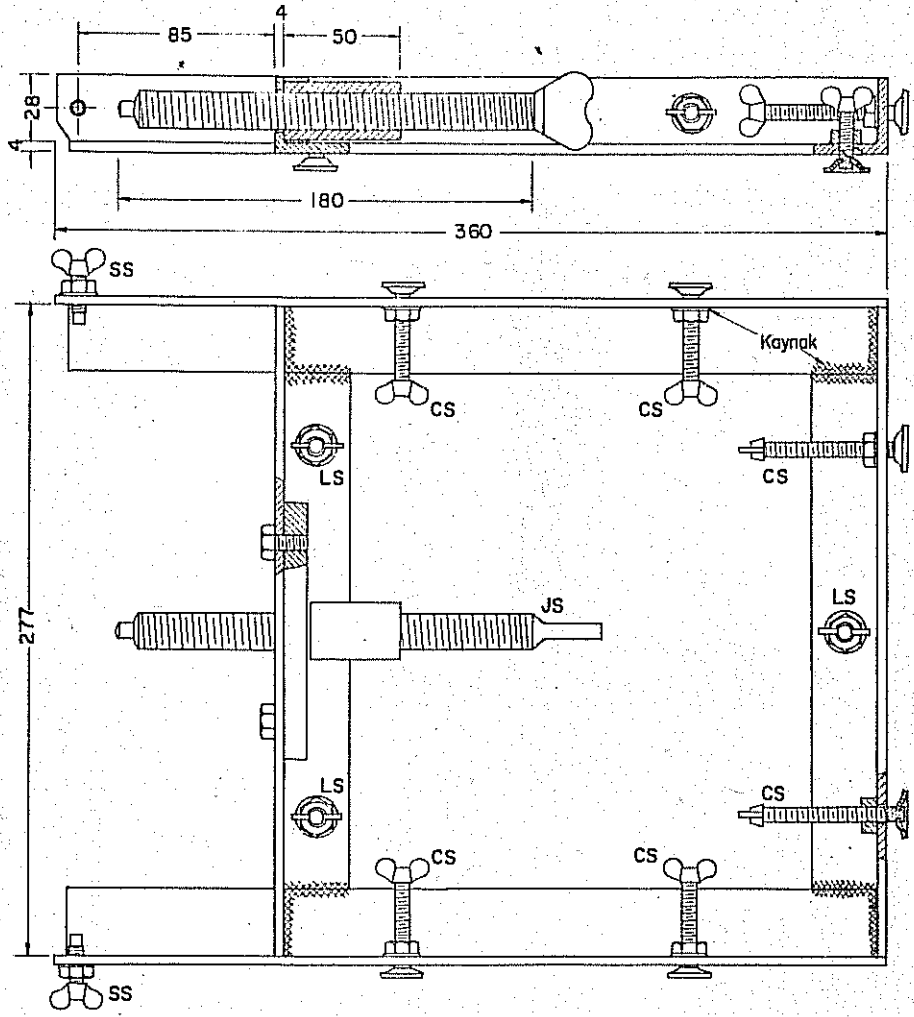


(a) Oluklu yükteleme plakası LP.1



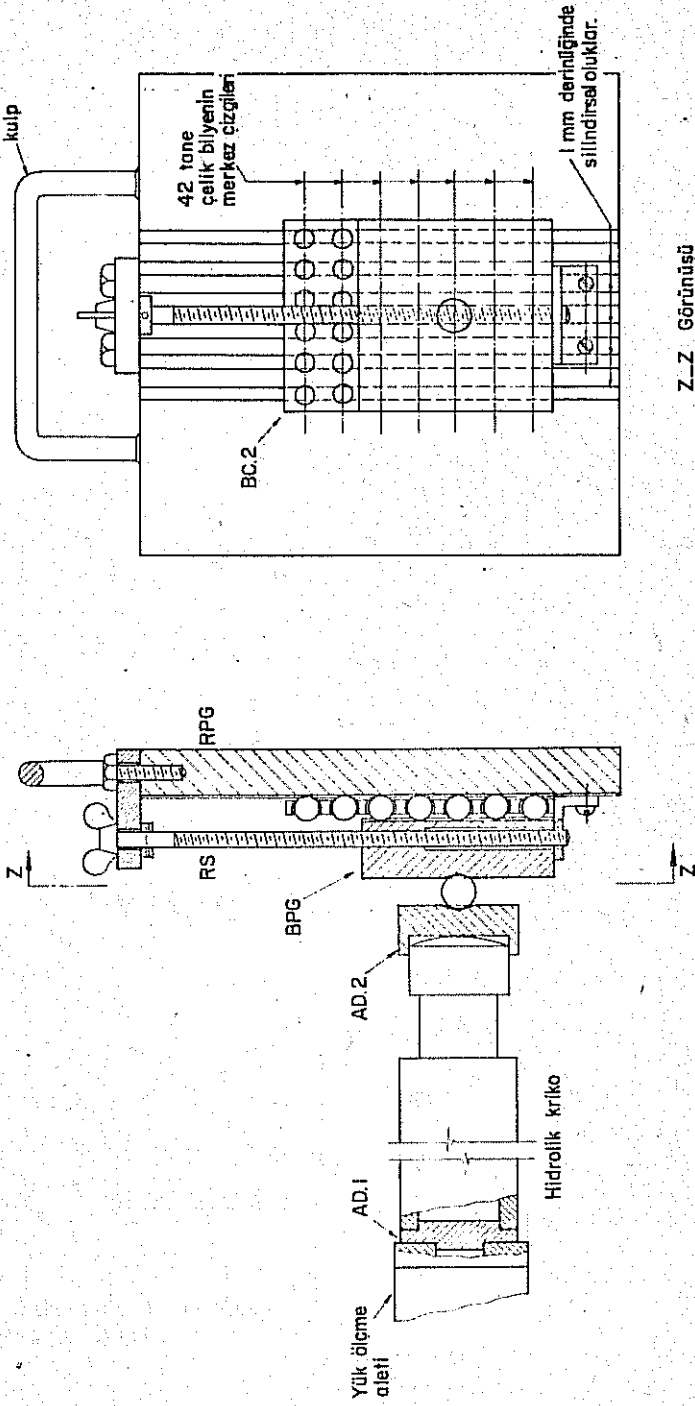
(b) Oluklu yükteleme plakası LP.2

Şekil 6 : Oluklu yükteleme plakalarının ayrıntıları

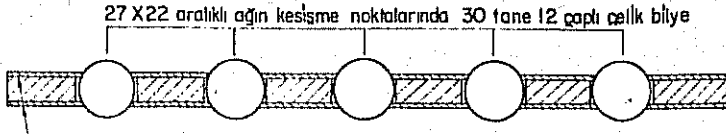


Boyutlar mm'dir

Şekil 7 - Kalıp Yerleştirme Çerçevesi

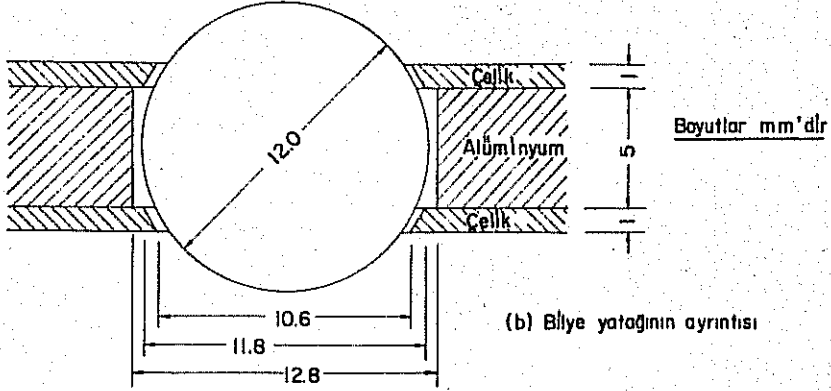


Şekil 8: Kesme düzlemine etkilenen momentleri asgariye indirmeye yarayan düzen

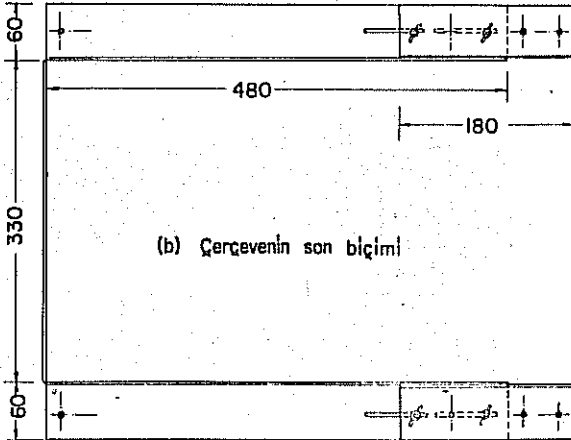
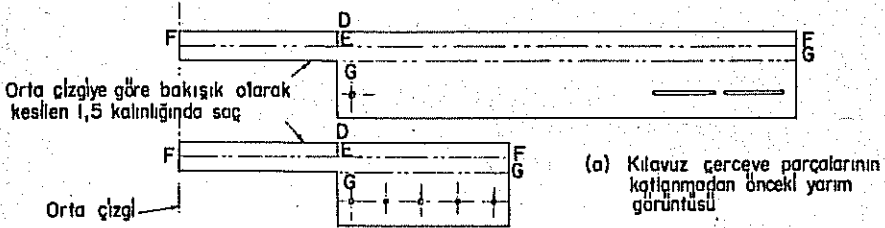


150X150 bir araya
perçinlenmiş üç plaka

(a) Bilye kafesinin kesiti

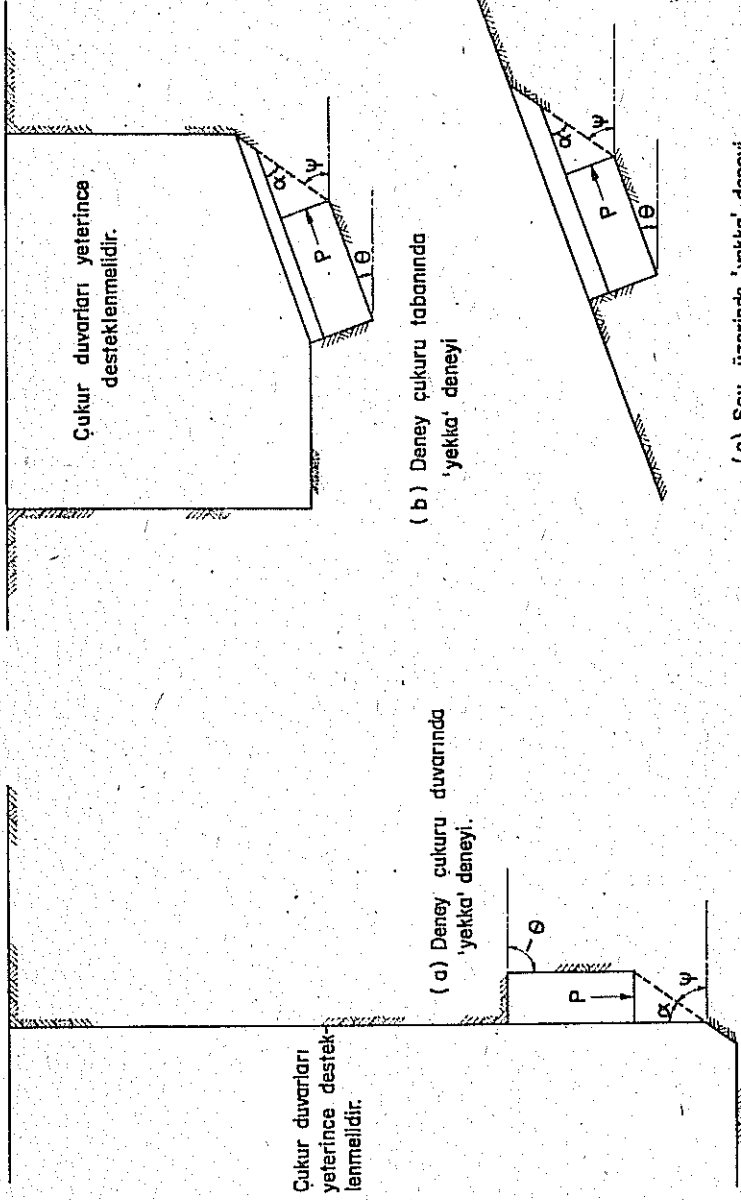


Şekil 9 : Bilye kafesi

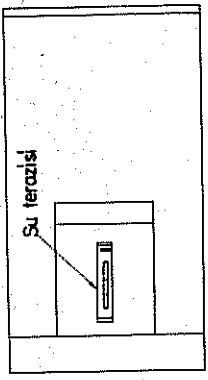
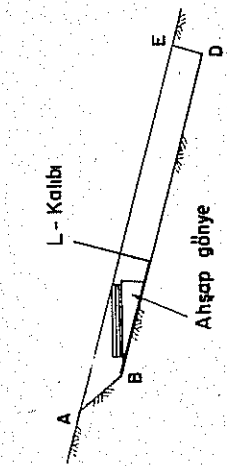


Boyutlar mm'dir.

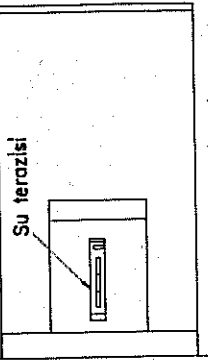
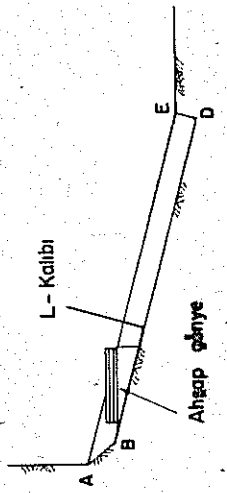
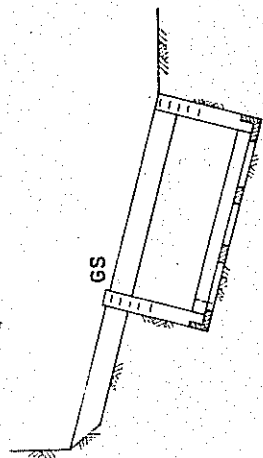
Şekil 10 : Ayarlanabilen
kılavuz çerçeve



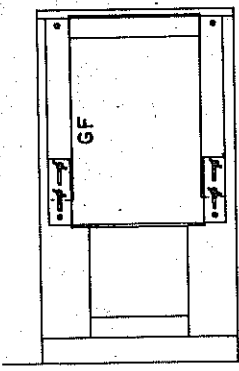
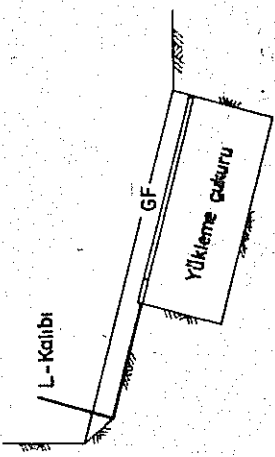
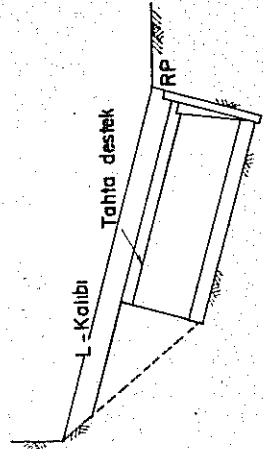
Şekil 11: Belirli bir düzlemdeki kayma dayanımını 'yekka' deneyi ile ölçmenin değişik yolları



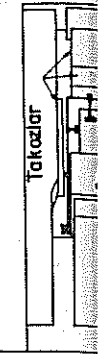
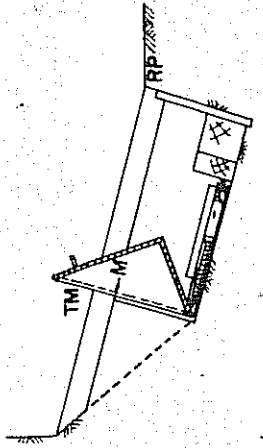
(a) Deneş noktasının hazırlanması
(Şev üzerinde)

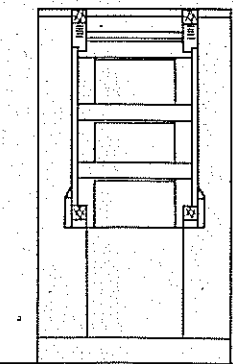
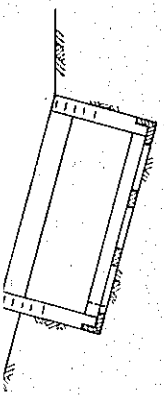


(b) Deneş noktasının hazırlanması
(deneş gürurunda)

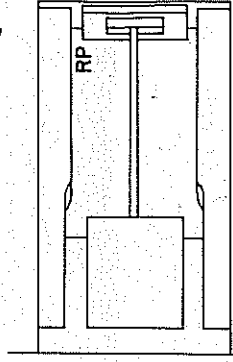
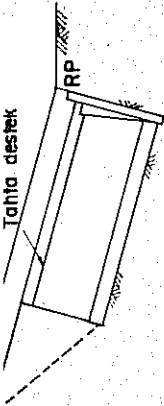


(c) Yükleme gürurunun kazınması

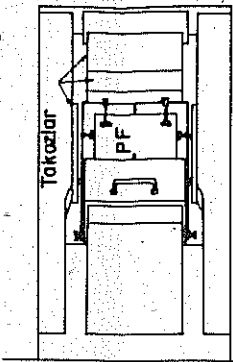
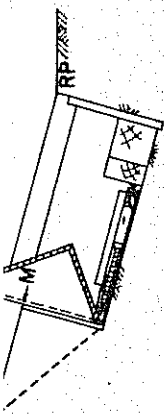




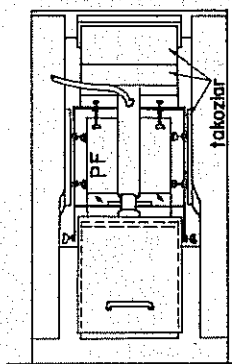
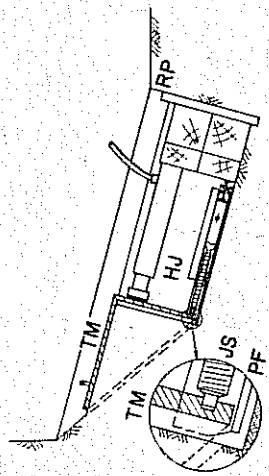
(d) Yükleme çukuru boyutlarının kontrolü



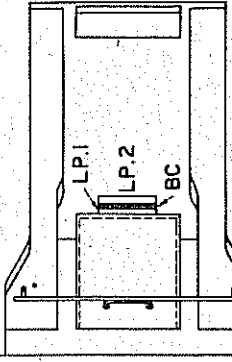
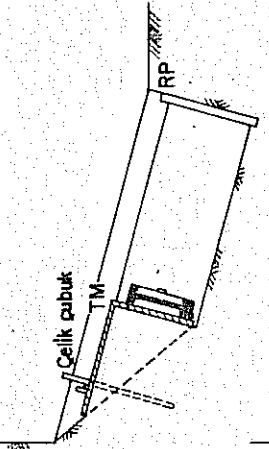
(e) Zemin kamases yanlarının kesilmesi



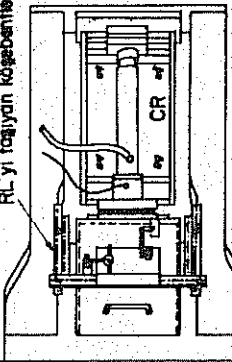
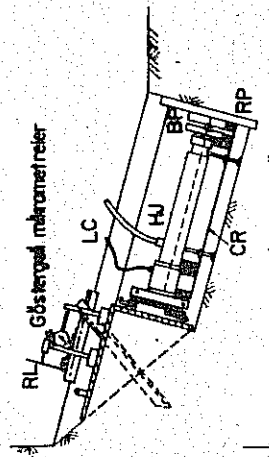
(f) Kalıp yerleşime çerçevesinin saptanması



(g) Denei katbının zemin kamasesi üzerinde geçirilmesi

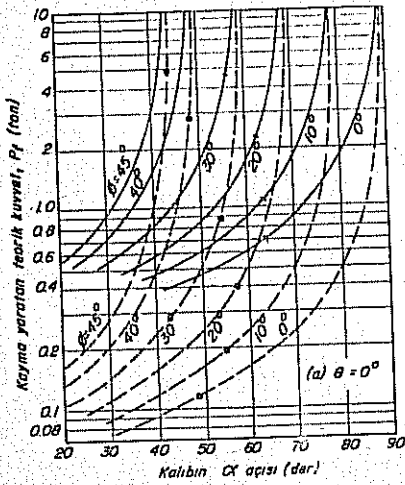


(h) Oluklu yükleme plakalarının takılması

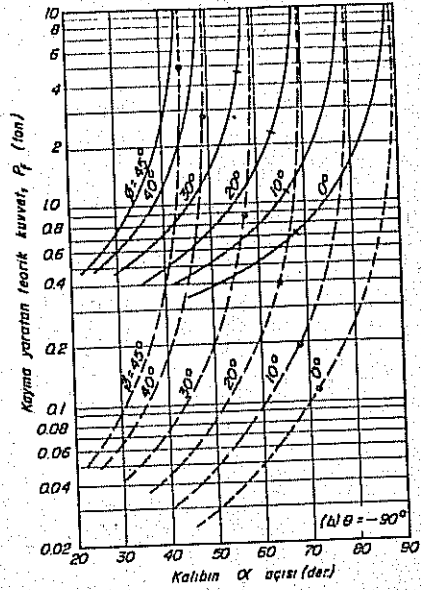


(i) Yükleme

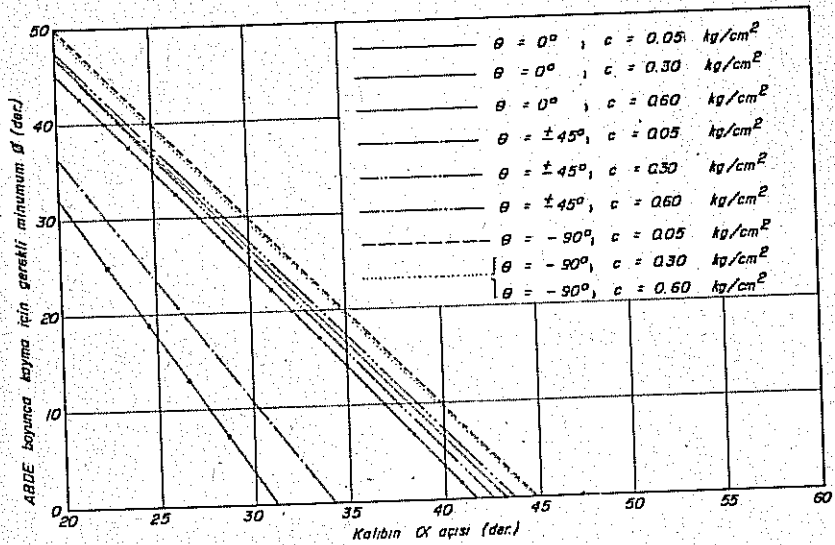
Sekil 12: Yekta deneyinin değişik evreleri



--- $c = 0.05 \text{ kg/cm}^2$
— $c = 0.30 \text{ kg/cm}^2$
• } Daha çok yük artırımın üç boyutlu kırılma yaratabileceği yaklaşık noktalar



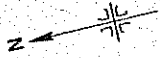
Şekil 13: Zemini Şekil 1(b)'deki ABDE düzlemi boyunca kasmaya yetecek P_f kuvvetinin α açısına göre teorik değişimi



Şekil 14: Zeminin Şekil 1(b)'deki ABDE düzlemi boyunca kayması için gerekli minimum ϕ değerinin α açısına göre teorik değişimi.

Yücestepe İtkokulu

Not: ϕ İşareti yarıdakil rakamlar, 100,00 m olarak alınan (yaklaşık rakım = 890m) bir röper göre metre olarak yükseklik ifade etmektedir.



Gömlü dere yatağının muhtemel güzergâhı

II. Kayma (9 Nisan, 1971)

ϕ 85.00

ϕ 80.68

9 Nisan, 1971 harfiyatı

Ekim, 1970 harfiyatı

B/10^o Serisi 'yokka' deneylerinin yeri (24 Mart - 6 Nisan, 1971)

Yataya 10^o eğimil rampa

0 5 10 15 20 25m

I. Kayma (tekrirben Aralık, 1970 sonu)

Jeoteknik özelliklerin kıyası

Yer	Ortalama özellikler										
	W _L %	W _P %	I _p %	W _N %	C %	σ t/m ²	S %	C _s %	ϕ s der. kg/cm ²	cis der. kg/cm ²	ϕ is der.
B/H serisi 'yokka' deneyi	63	22	41	26	44	197	95	1046	323	257	246
I. Kayma	91	33	58	34	63	187	98	2756	294	-	-
B/10 ^o serisi 'yokka' deneyi	92	32	60	34	63	183	92	3502	299	0.156	366
II. Kayma	76	28	48	33	56	190	97	2570	39.8	-	-

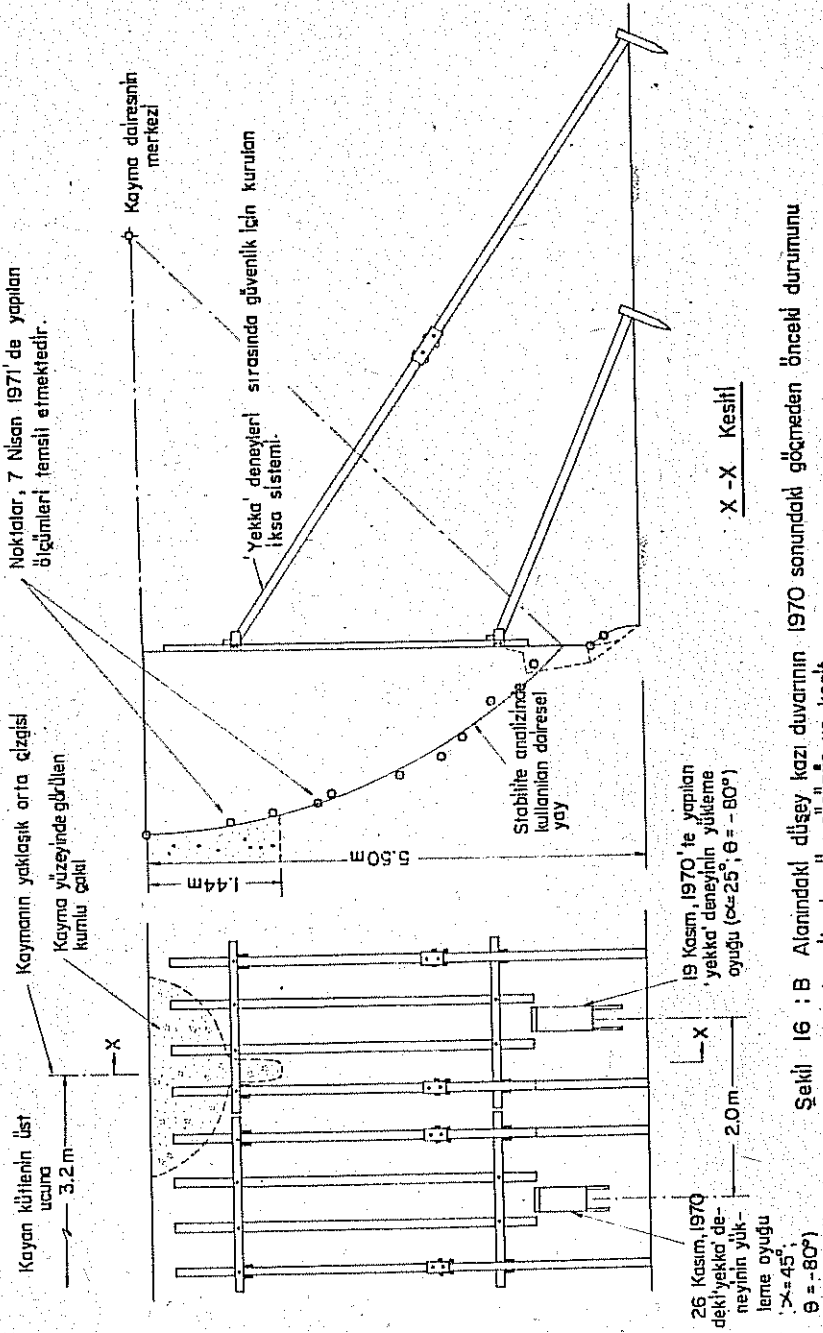
Türk Standartları Enstitüsü

B/H Serisi 'yokka' deneylerinin yeri (18 Eylül - 6 Ekim, 1970)

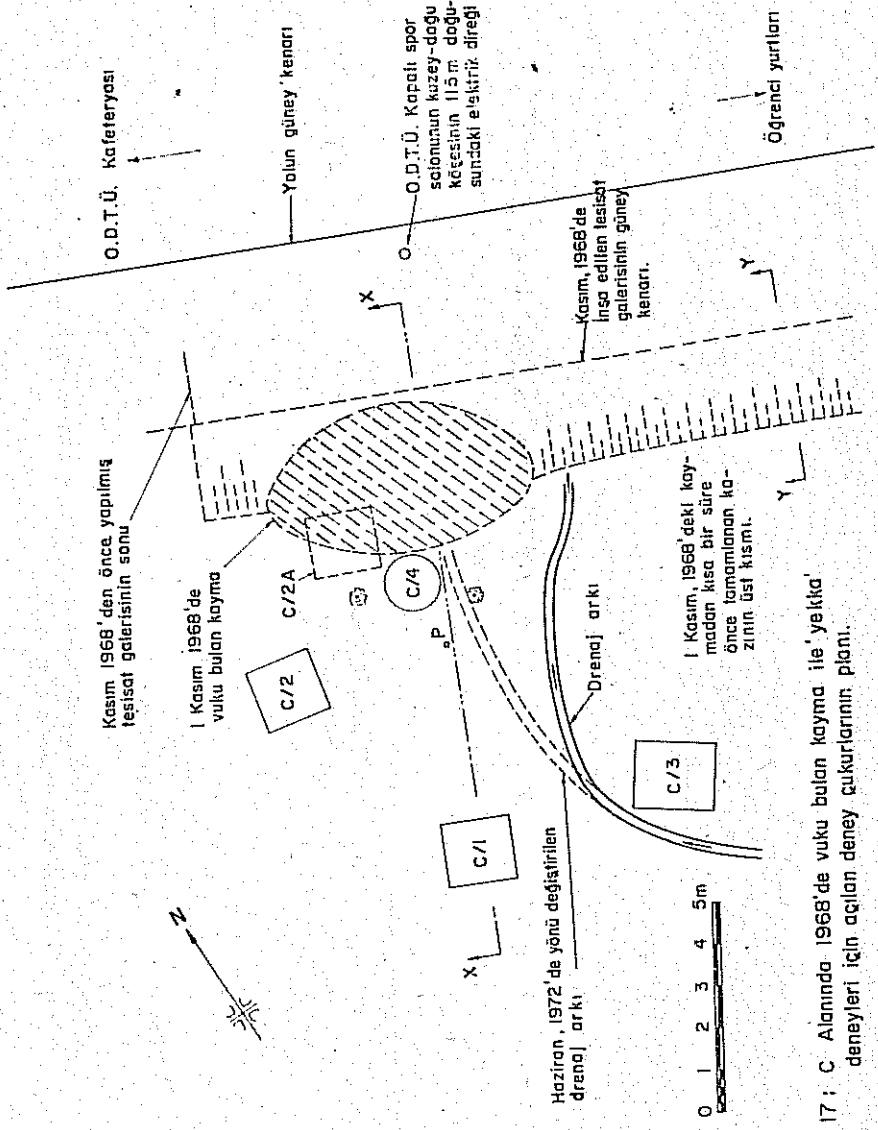
SUBAYEVLERİ

Karayolları Genel Müdürlüğü kuzeyindeki yol

Şekil 15 : Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsünün İki kaymayı ve 'yokka' deney noktalarını gösteren inşaat alanı planı (B Alanı)



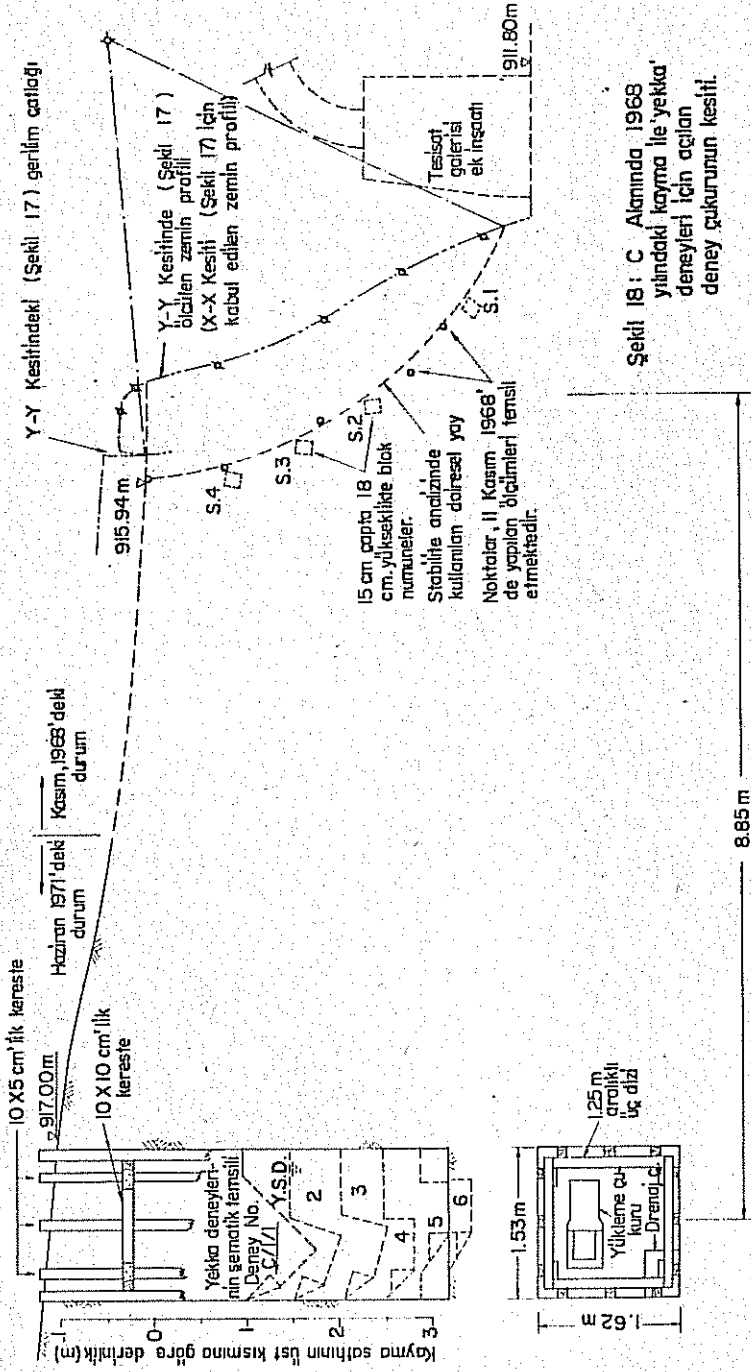
Şekil 16 : B Alanındaki düşey kazı duvarının 1970 sonundaki göçmeden önceltil durumunu temsil eden ön görünüş ve kesit.



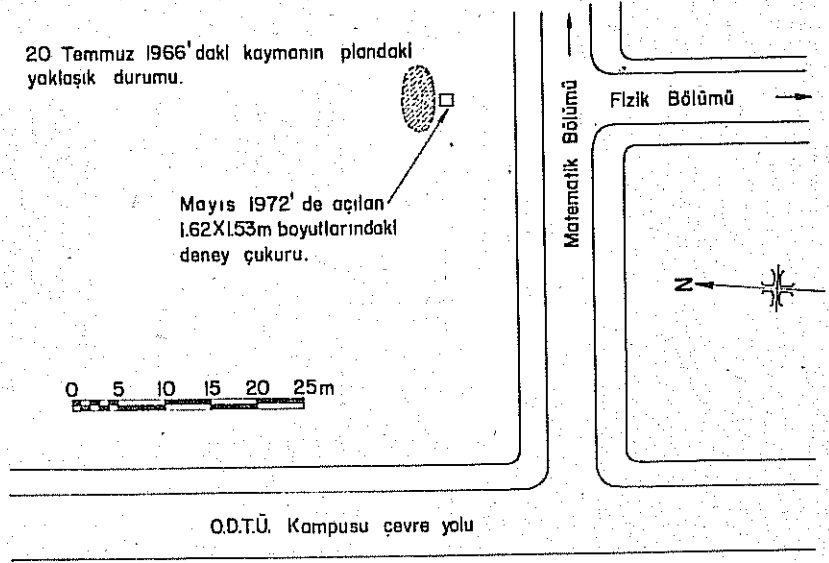
Şekil 17: C Alanında 1968'de vuku bulan kayma ile 'yekita' deneyleri için açılan deney çukurlarının planı.

T. Mira/ta, İnş. Müh. Böl., O.D.T.Ü.

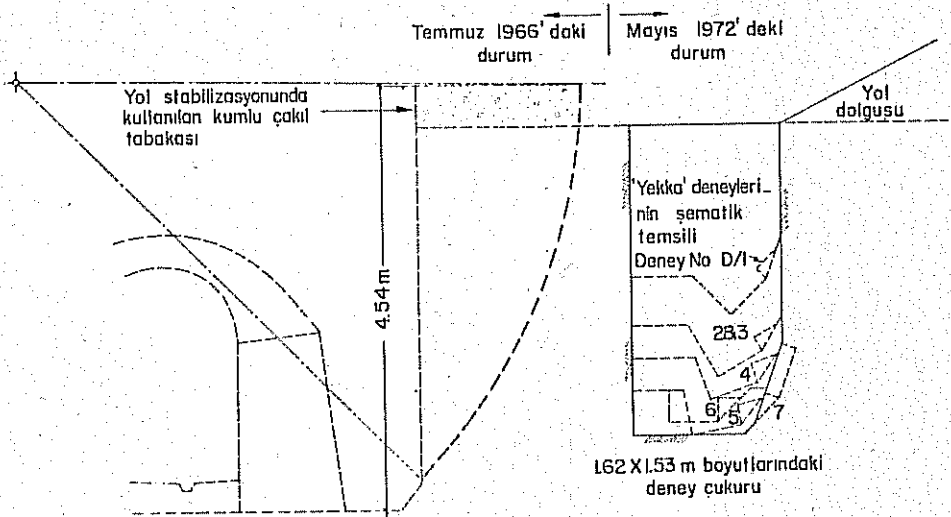
'Yekka' deneyleri için deney çıkuru



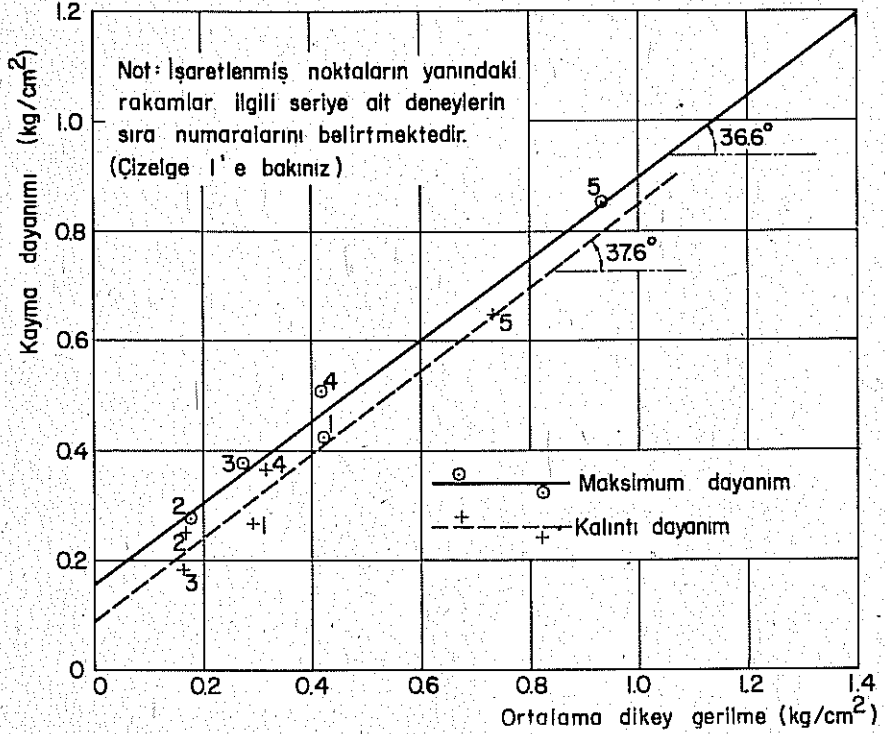
Şekil 18 : C Alanında 1968 yılında kayma ile 'yekka' deneyleri için açılan deney çıkurunun kesiti.



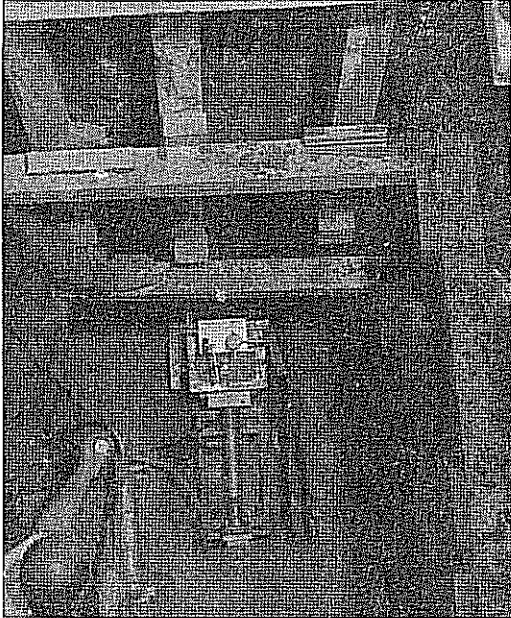
Şekil 19: D Alanında 1966'daki kaymanın ve 'yokka' deneyleri için açılan deney çukurunun plandaki durumu



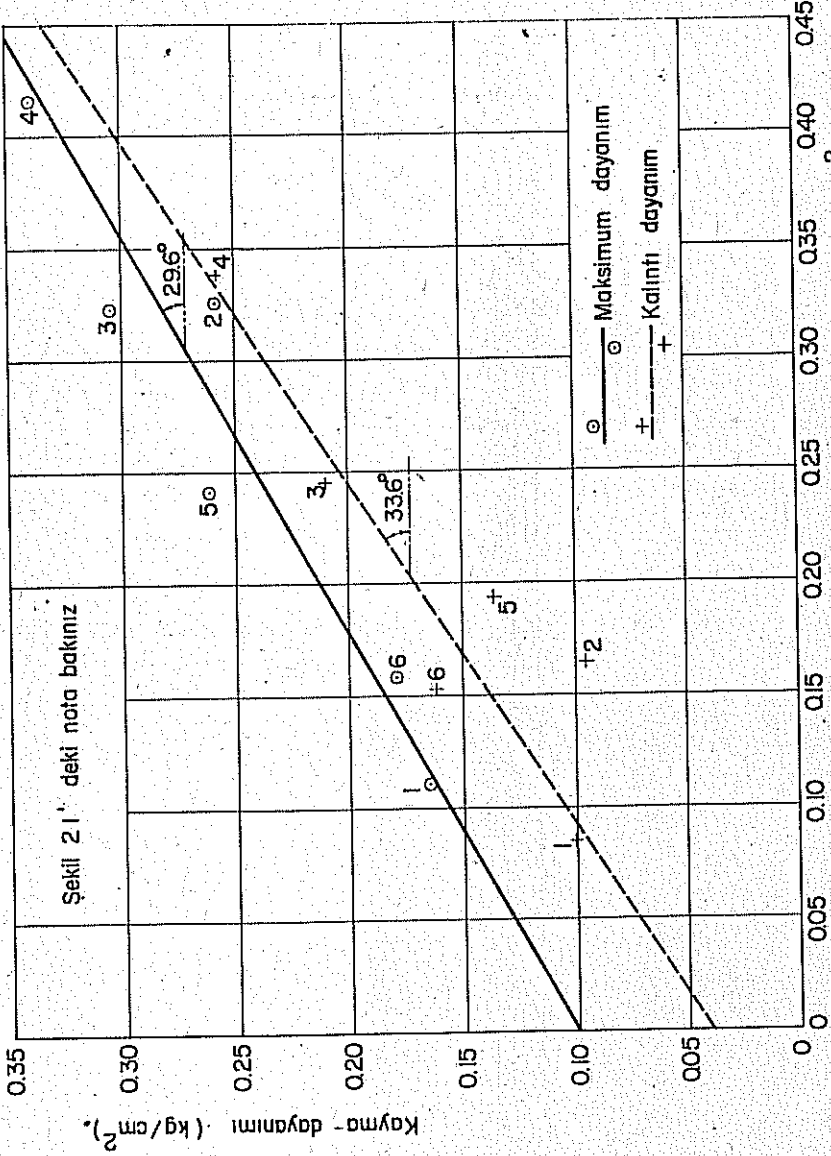
Şekil 20: D Alanında 1966 yılındaki kayma ile 'yokka' deneyleri için açılan deney çukurunun kesiti



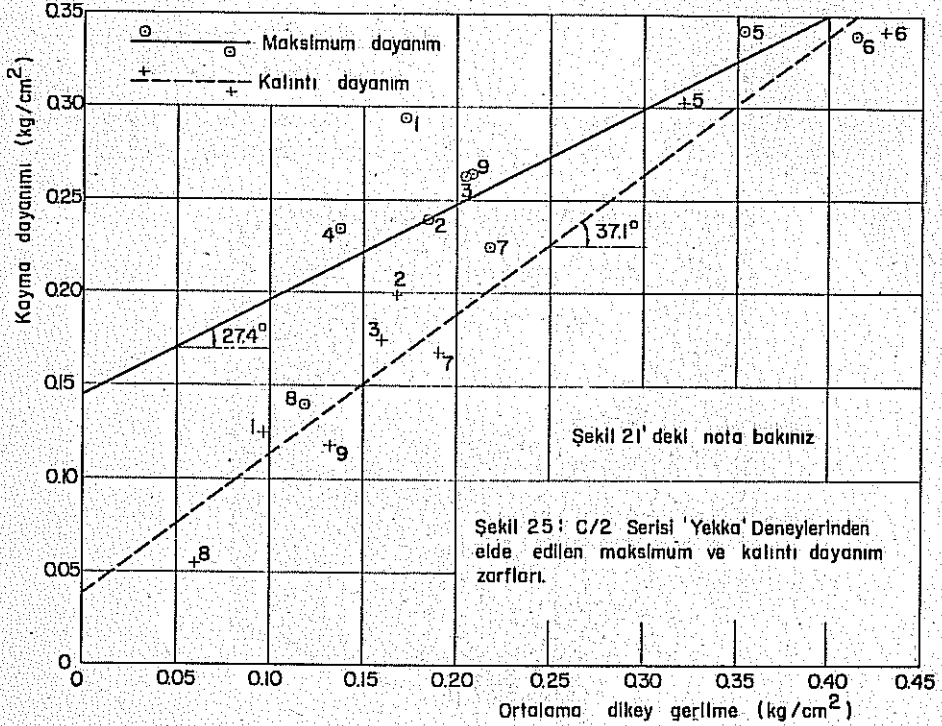
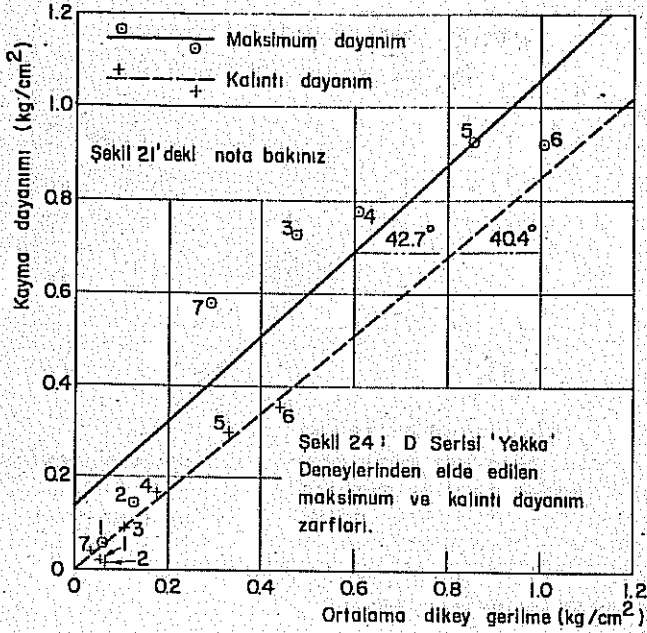
Şekil 21: B/10° Serisi 'Yekka' Deneylerinden elde edilen maksimum ve kalıntı dayanım zarfları

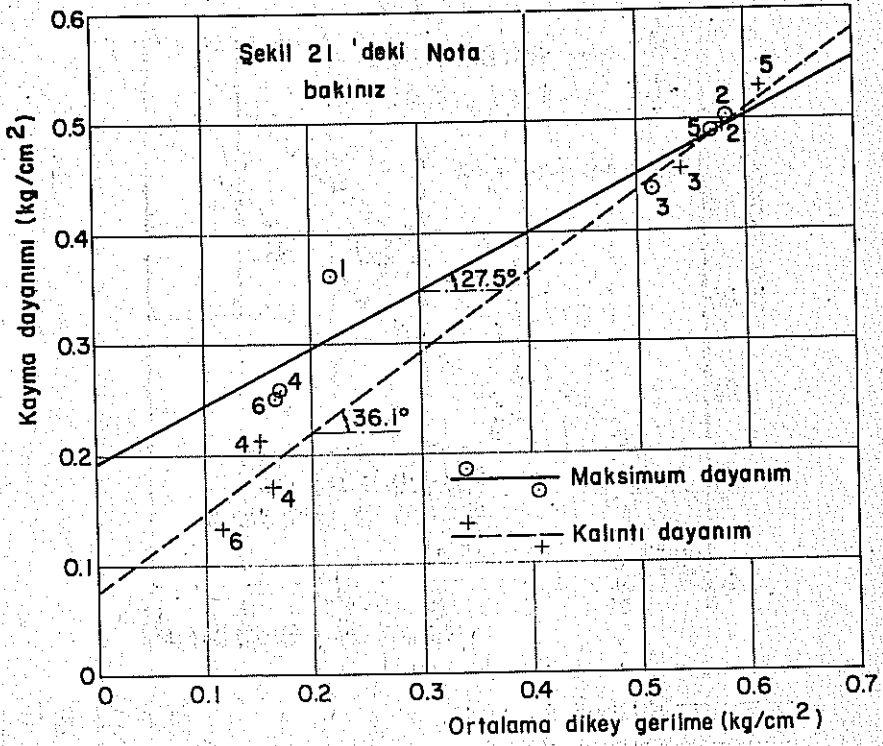


Şekil 22: 1.62 X 1.53 m Boyutlarındaki deney çukuru tabanında yapılan 'yekka' deneyi (No. C/1/3)

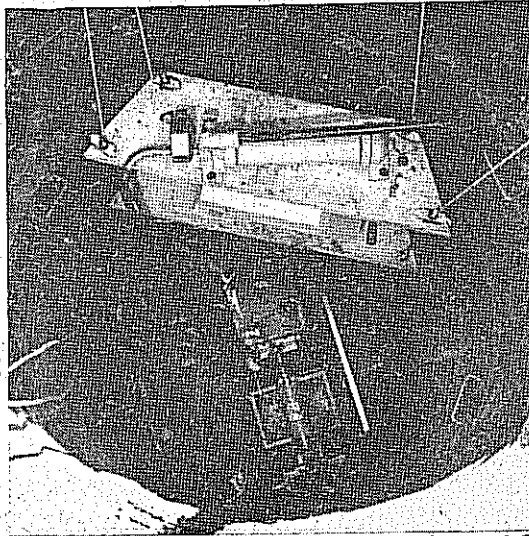


Şekil 23 : C/I Serisi 'Yekka' Deneylerinden elde edilen maksimum ve kalıntı dayanım zarfları

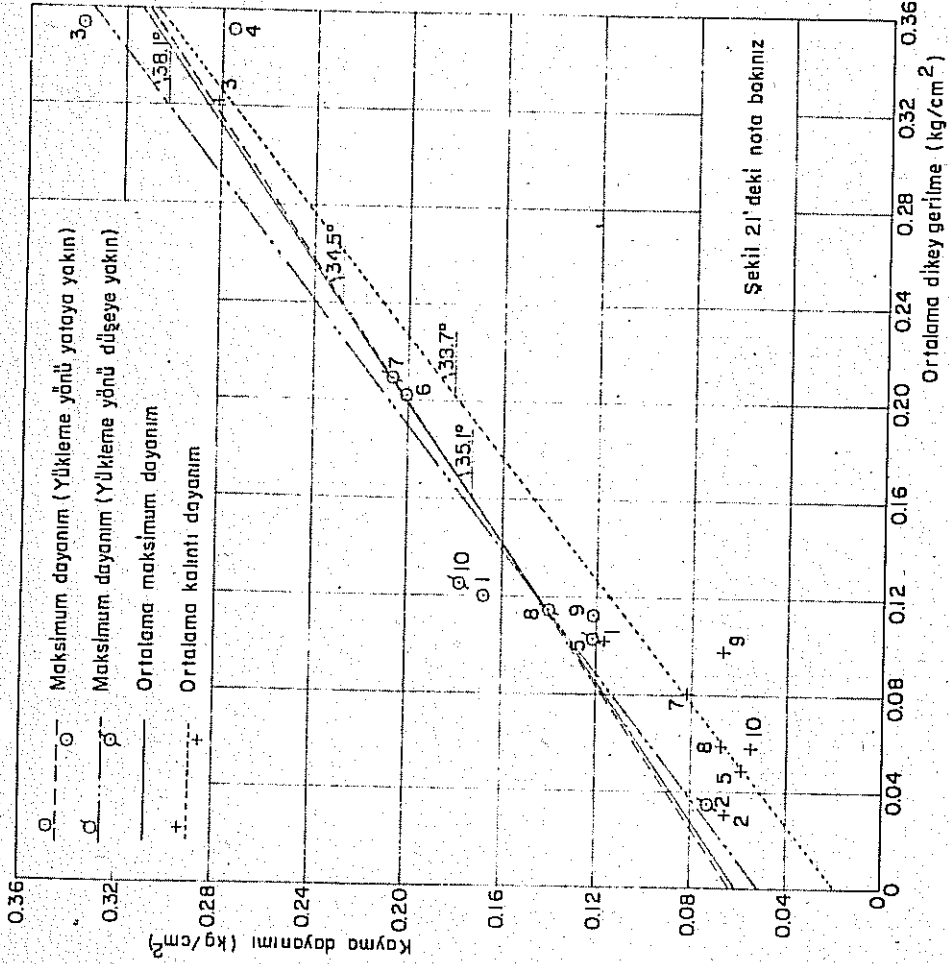




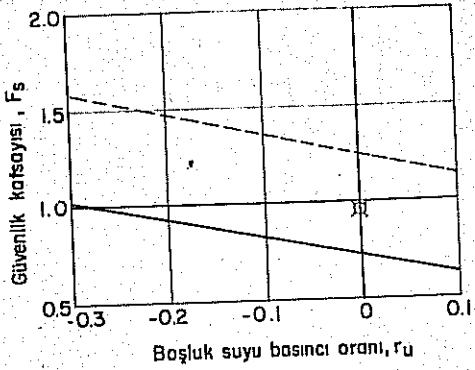
Şekil 26 : Sadece iki kalıbın kullanıldığı C/3 Serisi 'Yekka' Deneylerinden elde edilen maksimum ve kalıntı dayanım zarfları



Şekil 27 : Çelik çemberlerle desteklenmiş ortalama 1.20m çapındaki deney çukuru tabanında yapılan 'Yekka' Deneyi (No. C/4/6)

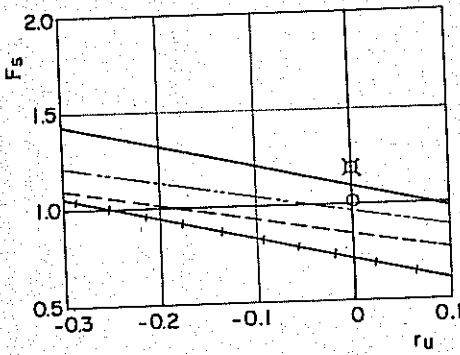


Şekil 20 : C/4 Serisi 'Yakal' Deney-
lerinden elde edilen maksim-
um ve kalıntı kayma
dayanımı zarfları



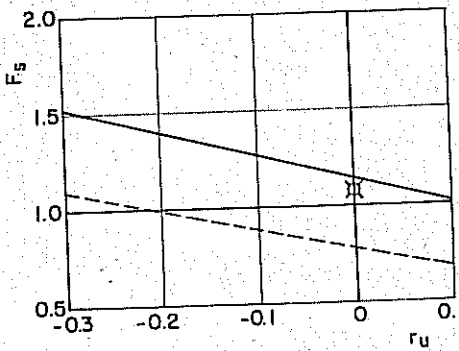
İncelenen Yer	Gösterilişi	
	Üç eksenli	'Yekka'
B/1 Kayma	-----	} α
B/10°	—————	

(a) B Alanı için



İncelenen Yer	Gösterilişi	
	Üç eksenli	'Yekka'
C/ Kayma	-----	} α
C/1	—————	
C/4	-----	o

(b) C Alanı için

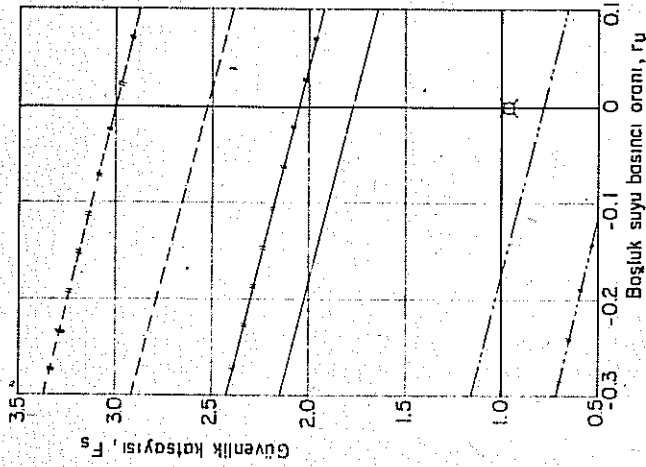


İncelenen Yer	Gösterilişi	
	Üç eksenli	'Yekka'
D	102mm-----	} α
D	36mm—————	

(c) D Alanı için

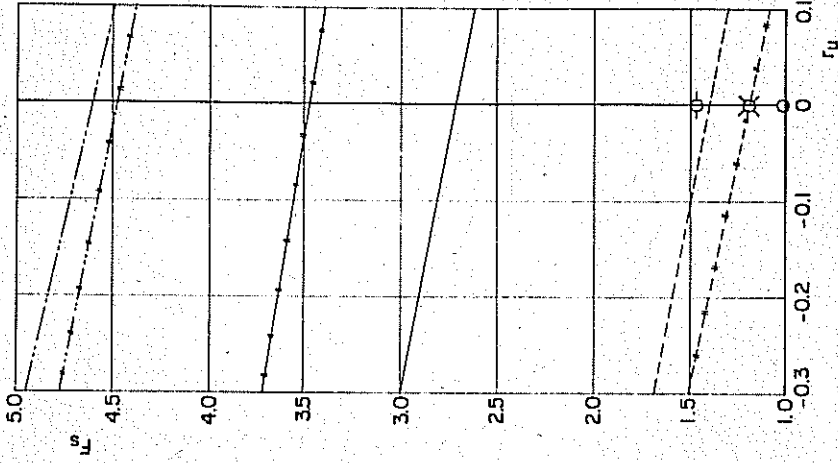
Şekil 29 : Üç eksenli basınç ve 'Yekka' deneylerinden elde edilen güvenlik katsayılarının kıyası.

(a) B Alanı için



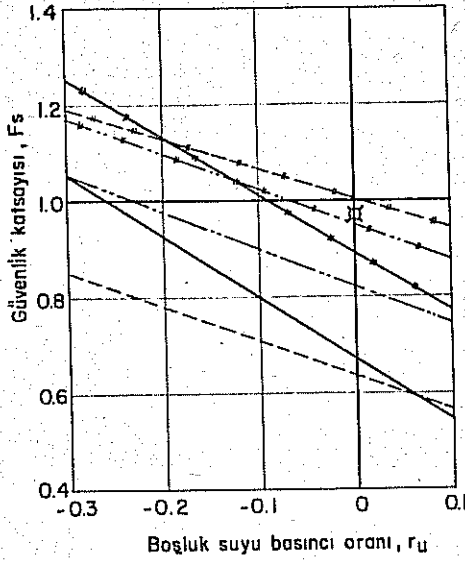
İncelenen Yer	Gösterilişi		'Yekka' deneyleri
	Yavaş kesme kutusu Kabarma düzeltmeli	Yavaş kesme kutusu deneyleri Kabarma düzeltmesiz	
B/1 Kayma	---	---	
B/10°	---	---	
B/10° suya boğulmuş	---	---	⊗

(b) C Alanı için



İncelenen yer	Gösterilişi			'Yekka' deneyleri
	Yavaş kesme kutusu Kabarma düzeltmeli	Yavaş kesme kutusu Kabarma düzeltmesiz		
C/Kayma	---	---	---	
C/1	---	---	---	⊗
C/2	---	---	---	○
C/4	---	---	---	○

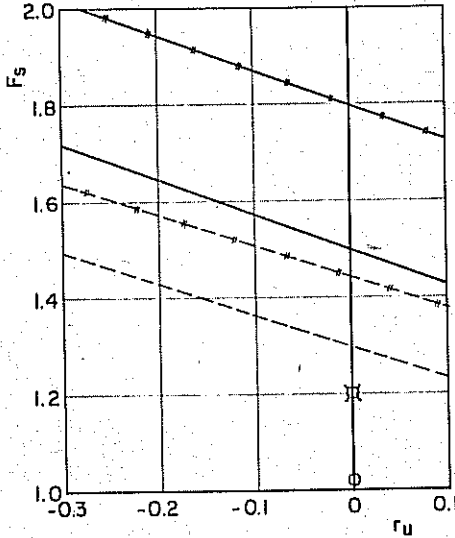
Şekil 30 : Yavaş kesme kutusu ve 'Yekka' deneylerinden elde edilen güvenlik katsayılarının kıyası.



(a) B Alanı için

İncelenen Yer	Gösterilişi *		'Yekka' deneylerinde maksim. dayanım
	Yavaş kesme kutusu Deneylerinde kalıntı dayanım Kabarma Düzeltmeli	Kabarma Düzeltmesiz	
B/I Kayma	(0.126, 18.0)	(0.236, 15.6)	
B/10°	(0.087, 30.9)	(0.158, 29.1)	X
B/10° (suya boğularak)	(0.173, 19.3)	(0.212, 18.5)	

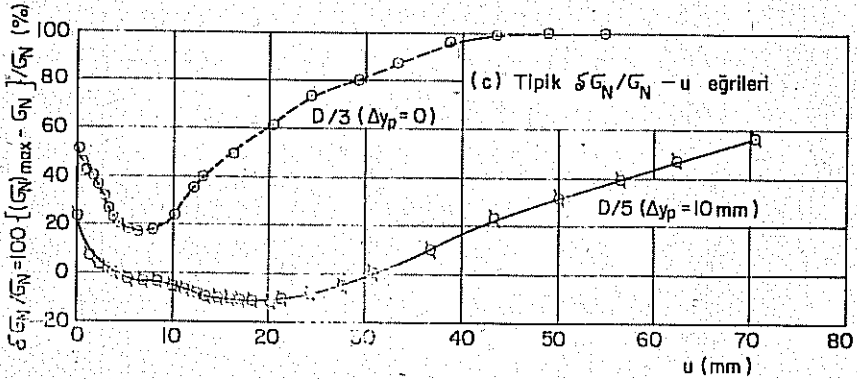
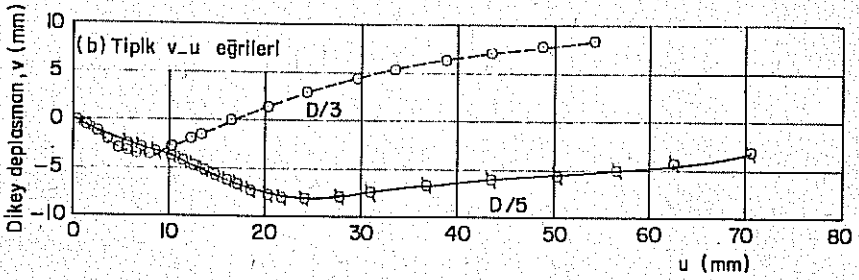
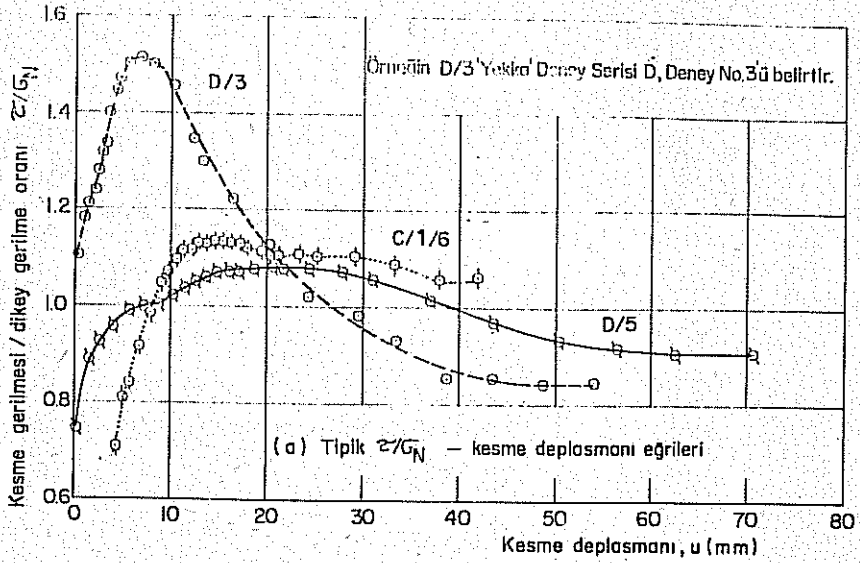
* Ayrac içindeki sayılar kohezyon (kg/cm^2) ve kayma direnci açısının (derece) kalıntı değerleridir.



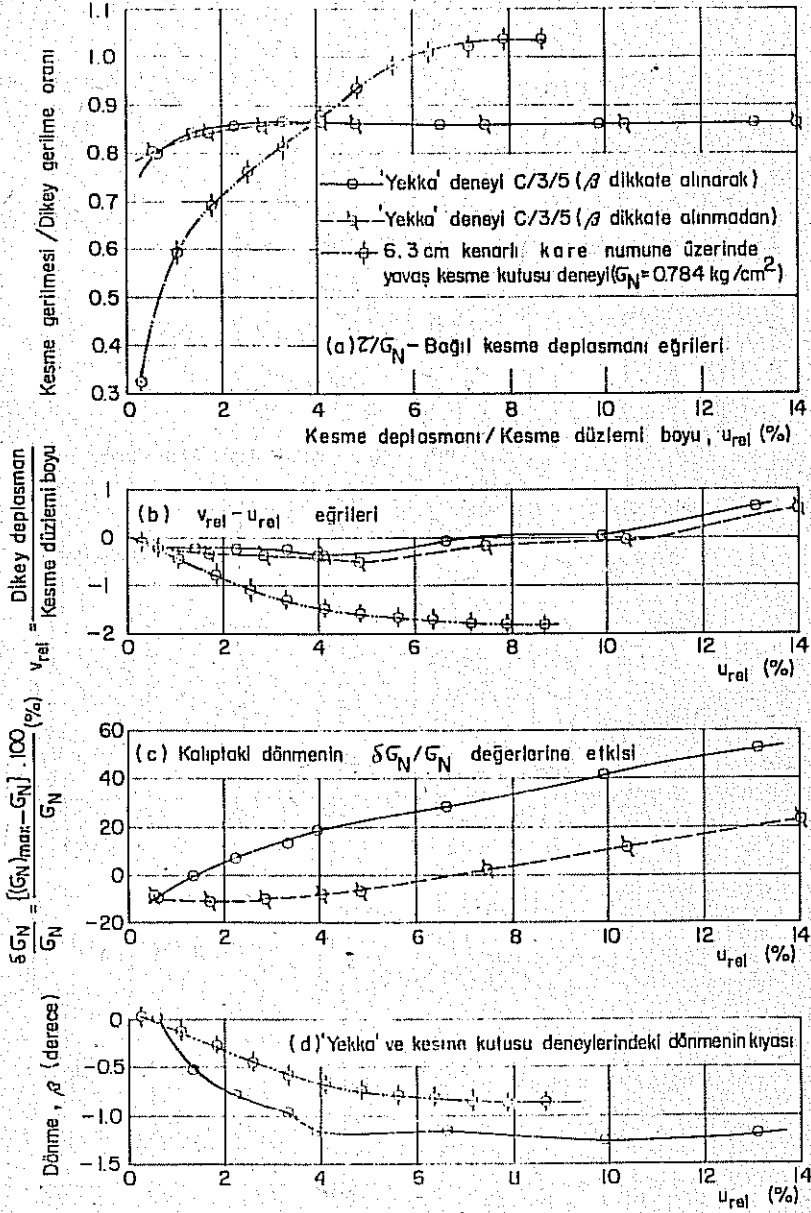
(b) C Alanı için

İncelenen Yer	Gösterilişi *		'Yekka' deneylerinde maksim. dayanım
	Yavaş kesme kutusu Deneylerinde kalıntı dayanım Kabarma Düzeltmeli	Kabarma Düzeltmesiz	
C/Kayma	(0.140, 18.2)	(0.160, 18.1)	
C/I	(0.163, 20.2)	(0.205, 19.7)	X
C/4			O

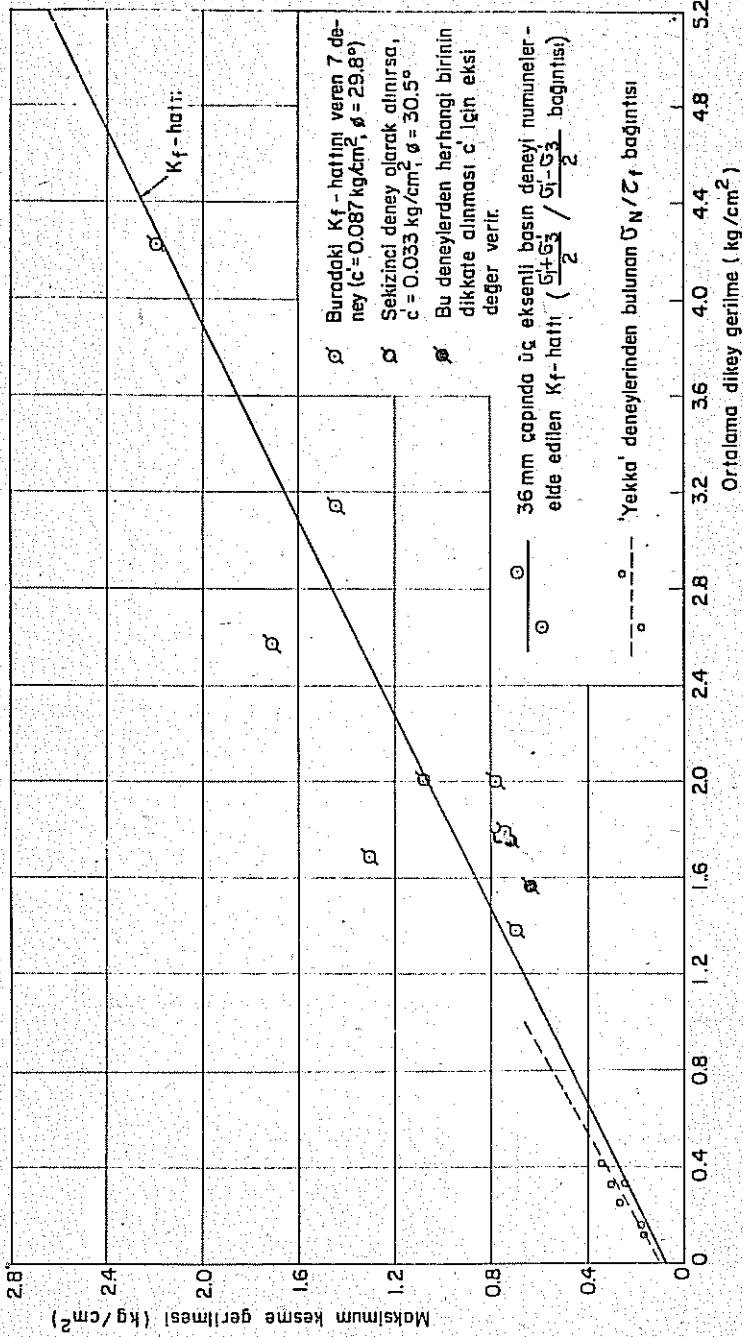
Şekil 31 : Yavaş kesme kutusu deneylerinde ölçülen kalıntı dayanım parametrelerinden ve 'Yekka' deneylerinde ölçülen maksimum dayanım parametrelerinden elde edilen güvenlik katsayılarının kıyası.



Şekil 32: τ/G_N , dikey deplasman, ve $\delta G_N / G_N$ 'nin kesme deplasmanına göre değişimliliği gösteren tiptik eğriler.



Şekil 33: 'Yekka' ve kesme kutusu deneylerindeki dönmenin kıyası ve bu dönmenin 'yekka' deneyinde ölçülen $\delta\sigma_N/\sigma_N$ değerlerine etkisi



Şekil 34 : 'Yekka' deneylerinden ve küçük numuneler üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyinden elde edilen noktalardeki dağılımının kıyası.