

SİR (KAHRAMANMARAŞ) BARAJ SAHASINDA YAPILAN KESME DENEYLERİ

A. Günhan PAŞAMEHMETOĞLU (*)
Celal KARPUZ (*) Aydın BİLGİN (*)
Abdurrahim ÖZGENOĞLU (*) Cahit CAN (*)
Hüseyin ERDOĞAN ()** **Refik BİLALOĞLU (••)**

ÖZET

Bu bildiri, Kahramanmaraş ili sınırları içinde Ceyhan nehri üzerinde yer alacak olan Sır hidro-elektrik santral ve baraj sahasında yapılan yerinde büyük ölçekli ve kesme kutusu deneyleri ve sonuçları verilmiştir. Baraj alanındaki metakuvarsit tabakalanma düzlemlerinin kesme dayanımları ve davranışları dolgulu olan bu düzlemler üzerinde üç adet büyük ölçekli yerinde doğrudan kesme deneyleri ve bu düzlemlerden sondajla elde edilen karot numuneleri üzerinde küçük ölçekli kesme kutusu aracılığı ile saptanmıştır. Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve karşılaşılan pratik güçlükler anlatılmıştır.

ABSTRACT

In this paper, large scale in situ and small scale shear tests conducted at Sir Dam and hydro-electric power plant site on Ceyhan river, K. Maraş and the results of these tests are given. The

(*) ODTÜ, Maden Mühendisliği Bölümü, ANKARA.
(**) D.S.İ. Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler Dairesi, ANKARA.

shear strength and behaviour of the bedding planes of quartzite, containing filling material, are determined by three large scale in situ shear tests and small scale shear box tests on cores recovered from these planes. The results of both types of tests are compared and the practical problems confronted are given.

1. GİRİŞ

Genellikle kaya kütlelerinin davranışları onların içinde yer alan süreksizlikler tarafından kontrol edilmektedir. Kütlelerin duraylılığına ışık tutacak bu süreksizliklerin kesme dayanımlarının saptanması da laboratuvarda yapılan küçük ölçekli kesme kutusu ve arazide yerinde yapılan büyük ölçekli kesme deneyleri aracılığı ile yapılmaktadır.

Yerinde deneyler, güç, pahalı ve uzun zaman alıcı özelliklerinden dolayı baraj temeli, büyük şev problemleri ve bazı karmaşık yeraltı boşlukları tasarımı gibi büyük projelerde tercih edilirler*. Karmaşık yapılı, dolgulu, oldukça parçalı ve suya karşı duyarlı formasyonlarda da başarılı olarak uygulanırlar (1).

Buna karşın, laboratuvar deneyleri, kolay, çabuk ve düşük maliyetle çok sayıda deney yapılabilme özelliklerinden dolayı tercih edilirler. Ancak, küçük ölçekli deneylerin, yerinde yapılan büyük ölçekli deneylerle aynı kesme davranışı gösterip göstermeyeceği konusunda bazı kuşkular vardır. Bunun başlıca nedenleri; küçük ölçekli numunelerdeki düzensizlikler nedeniyle deneylerin temsili olma yeteneğine sahip olmadıkları ve kesme yerdeğişiminin sınırlı olması nedeniyle de kalıcı dayanıma ulaşıp ulaşılmadığı konusunda duraksamaların olmasıdır (1,2,3).

Süreksizliklerin kesme davranışları üzerine çalışmalar çoktur. Bu çalışmaların sonuçları burada verilmeyip Barton'un (4,5), Barton ve Choubey'in (6) ve Hoek ve Bray'in (7) derleme yayınlarına atıf yapılmakla yetinilecektir. Ancak literatürde küçük ve büyük ölçekli deneylerle ilgili karşılaştırmalı çalışmaların sınırlı ve yorumların değişik olması nedeniyle kesme deneylerinde ölçek konusu burada açılacaktır.

Bazı araştırmacılar (8,9,10) deney örneği boyutunun kesme dayanımı üzerine bir etkisinin olmadığını ileri sürmektedirler.

Londe (8) küçük ölçekli laboratuvar deneyleri ile büyük ölçekli yerinde kesme deneyleri sonuçlarını karşılaştırmış ve kalıcı dayanımlar arasında bir tutarlılığın olduğunu göstermiştir. Ancak, Pratt ve arkadaşları (11) ayrılmış kuvarsdiyorit doğal eklem örnekleri üzerinde yaptıkları çalışmalarda deney yüzeyinin 142 cm² den 5130 cm²'ye çıkması ile tepe dayanımında % 40'a varan bir düşüş saptamışlardır.

Barton ve Bandis (12), Bandis ve Barton (13) da modeller üzerinde yaptıkları çalışmalarda, Pratt ve arkadaşlarının çalışmalarına paralel olarak ölçeğin pozitif etkisini, yani deney boyutu arttıkça dayanımın azalmasını göstermişlerdir. Onların çalışma¹ a-nında ölçeğin etkisi, ondülasyonlu, pürüzlü yüzeylerde daha belirgin olurken, düz yüzeylerde hemen hemen olmamaktadır.

Bandis ve Barton (13), literatürde görülen ölçeğin negatif etkisinin deneye uygulanan numunelerin birbirine benzemeyen yüzey profillerinden dolayı meydana geldiğini öne sürmüşlerdir.

Diğer yandan, Bandis ve Barton (13)'un da belirttikleri gibi dolgu malzemesi kalınlığının yüzeyin pürüzlülüğünden daha fazla olduğu dolgu süreksizliklerde ölçeğin etkisi beklenmez.

Bandis ve Barton (13) yaptıkları çalışmaların sonucunda ölçeğin etkisini şöyle özetlemişlerdir :

1. Tepe dayanımının olduğu yerdeğişimi miktarında aşama aşama artış olduğu,
2. «Kırılğan» dan «plastik» kesme yenilmesine görünür bir geçişin olduğu,
3. Tepe kabarma açılarında azalma olduğu,
4. Düz, ondülasyonsuz süreksizliklerde ölçeğin etkisinin önemsiz olduğu,

görülmüştür.

Bu bildiride, Kahramanmaraş ili sınırları içinde Ceyhan nehri üzerinde yeralacak Sır baraj sahasında yerinde ve laboratuvar çapında yapılan deneylerle ilgili çalışmalar anlatılmıştır.

2. JEOLJİSİ

Baraj ekseni sert, sağlam ve parçacıklı ve faylı bir yapıya sahip olan metakuvarsit üzerinde yeralacaktır. Bu birim, bazı yer-

lerde kuvarşca zengin fillayt görünümünü vermektedir. 305-320/30° - 45° yatımında düzenli tabakalanma düzlemleri vardır. Tabakalanma, arazide hakim olan diğer iki ya da üç adet farklı tipteki süreksizlik düzleminde kolaylıkla ayırt edilmekte ve aralarında kalınlığı 0.1 mm den 30 mm'ye kadar değişen dolgu malzemesi içermektedirler. Bu tabakalanma düzlemleri boyunca, tektonik hareketler sırasında kesme (makaslama) yenilmesi oluşmuştur. Ancak, bu durum özellikle sağ sahildeki bazı tabaka düzlemlerinde ya çok az görülmekte ya da hiç görülmemektedir (14).

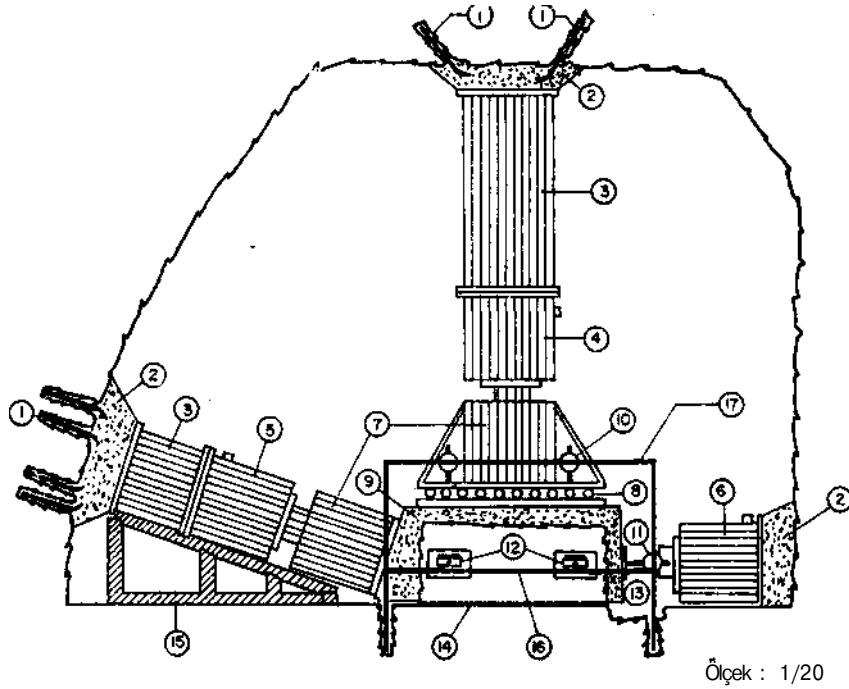
önceden kesme yenilmesine uğramış bu tabakalanma düzlemlerinin bazıları düzlemsel, bazıları hafifçe ondülasyon gösteren yüzey özelliklerine sahiptir. Başka bir deyişle, genellikle pürüzlülük dereceleri azdır. Dolgu malzemesi, kum ve ince taneli, köşeli kuvarş parçacıkları içeren nemli kil niteliğinde olup nem oranı plastik limit civarındadır. Yer yer, ezilmiş ve foliasyonlu, kalınlığı 1-20 cm arasında değişen tabakalanma faylarına rastlanmaktadır (14).

Yukarıda özellikleri verilmeye çalışılan tabakalanma düzlemlerinin, özellikle baraj ekseninin kazısı anında şev duraysızlığı sorunu yaratacağı düşünüldüğünden kesme özelliklerinin saptanması istenmiştir. Bu amaçla, üç adet yerinde büyük ölçekli, 70 adet laboratuvarında küçük ölçekli kesme deneyi yapılmıştır.

3. YERİNDE KESME DENEYLERİ

Uluslararası Kaya Mekaniği Derneğinin (ISRM) standart önerisine uygun olarak üç adet büyük ölçekli yerinde kesme deneyi yapılmıştır (15). 70x70x35 cm boyutlarında deney bloklarının kesiminden önce galeri içindeki deney yerlerinde patlatma yapılarak cepler açılmıştır. Daha sonra taşınabilir ve motorize bir elmas testere aracılığıyla istenilen boyutlarda bloklar kesilerek hem bloğu sağlam tutabilmek hem de gerilmeleri uygulayabilmek için bu bloklar kalıplanmıştır.

Şekil 1'de genel görünümü verilen deney düzeneğinde, başlıca 200 ton kapasiteli krikolar (3 adet), yerdeğişim ölçerler (8 adet), yük uygulama birimleri, platformlar ve kaymayı sağlayan demir çubuklar bulunmaktadır.



Şekil 1. Büyük kesme deneyi düzeneği

Deneye başlamadan önce, düşey gerilmeler 10, 15 ve 30 kgf/cm²'ye kadar her defasında yükseltilerek konsolidasyona bağımlı tutulmuşlardır. Standartlara uygun olarak yapılan bu işlemlerde konsolidasyon zamanı bütün deneylerde yaklaşık yarım saat olmuştur.

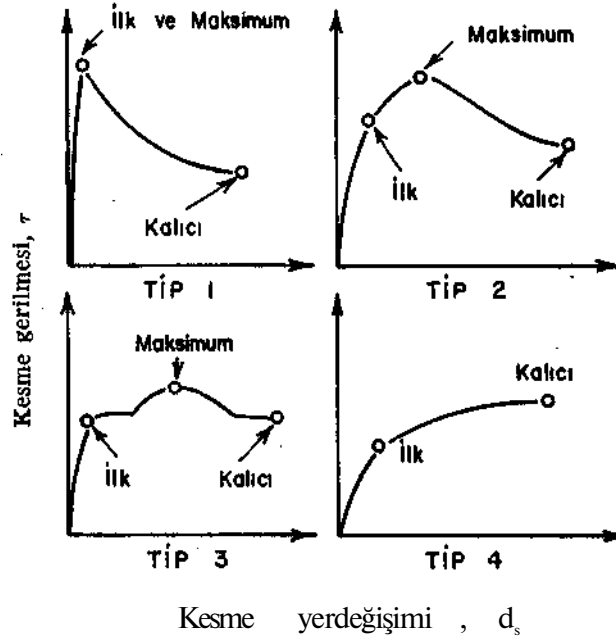
i. KESME KUTUSU DENEYLERİ

Kesme kutusu deneyleri için numuneler 76 mm çapında karotlardan temin edilmiştir. EİE tarafından istenilen lokasyonlarda sondaj makinası aracılığı ile karotlar alınmıştır. Ancak, sondaj da su ile çalışıldığından, sondaj suyu genellikle dolgu malzemesinin yıkanmasına neden olmuştur. Böylece de alınan 70 numunenin ancak 30 tanesi dolgulu olarak test edilmiştir. Alınan numunelerle ilgili test işlemi, Uluslararası Kaya Mekaniği Derneğinin kesme ile ilgili standartlarına (15) uygun olarak Imperial Kolej'de geliştirilen bir kesme kutusu aracılığı ile yapılmıştır.

5. SONUÇLARIN ANALİZİ VE TARTIŞMASI

5.1. Yerinde Kesme Deneyleri

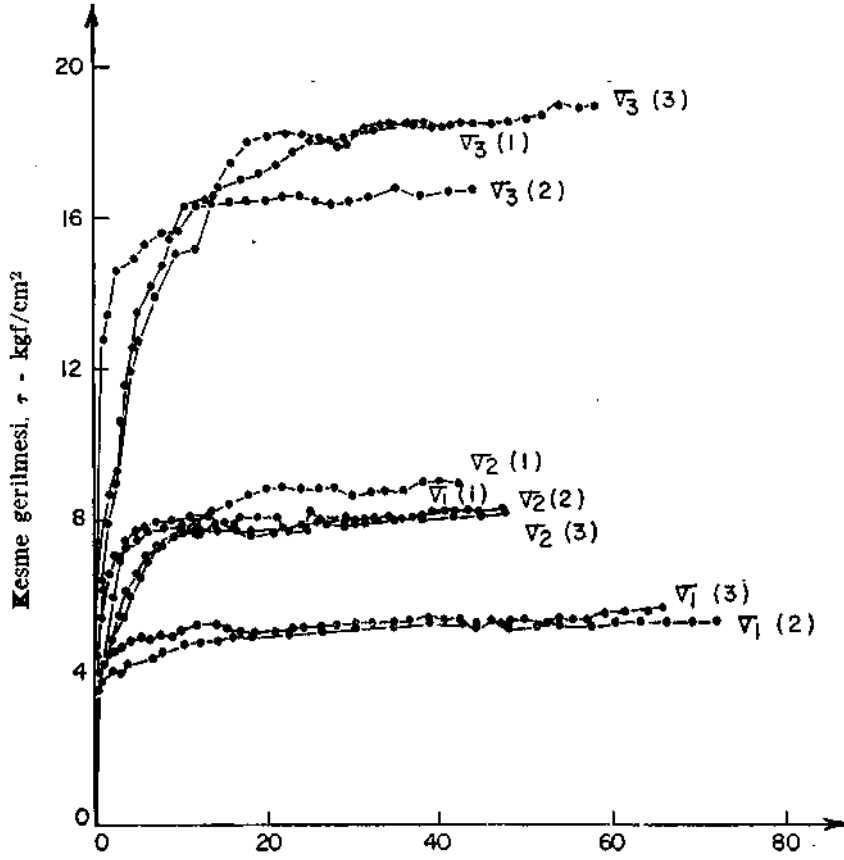
Kesme gerilmesi ile kesme yerdeğişimi ilişkisini gösteren grafiklerin analizleri yapıldığında, kesin belirli bir tepe dayanımına rastlanamamıştır. Şekil 2'de de görüldüğü gibi 4. teorik yenilme tipine uygun olarak tepe ve kalıcı dayanımlar belirli bir yerdeğişimi miktarı sonra birbirlerine eşit olmaktadır (Şekil 3).



Şekil 2. Kesme yenilme tipleri (16)

Bu tip yenilme davranışı göstermesinin ana nedeni kesme davranışını dolgu malzemesinin kontrol etmesi olmakla birlikte, olası nedenleri şöyle sıralanabilir :

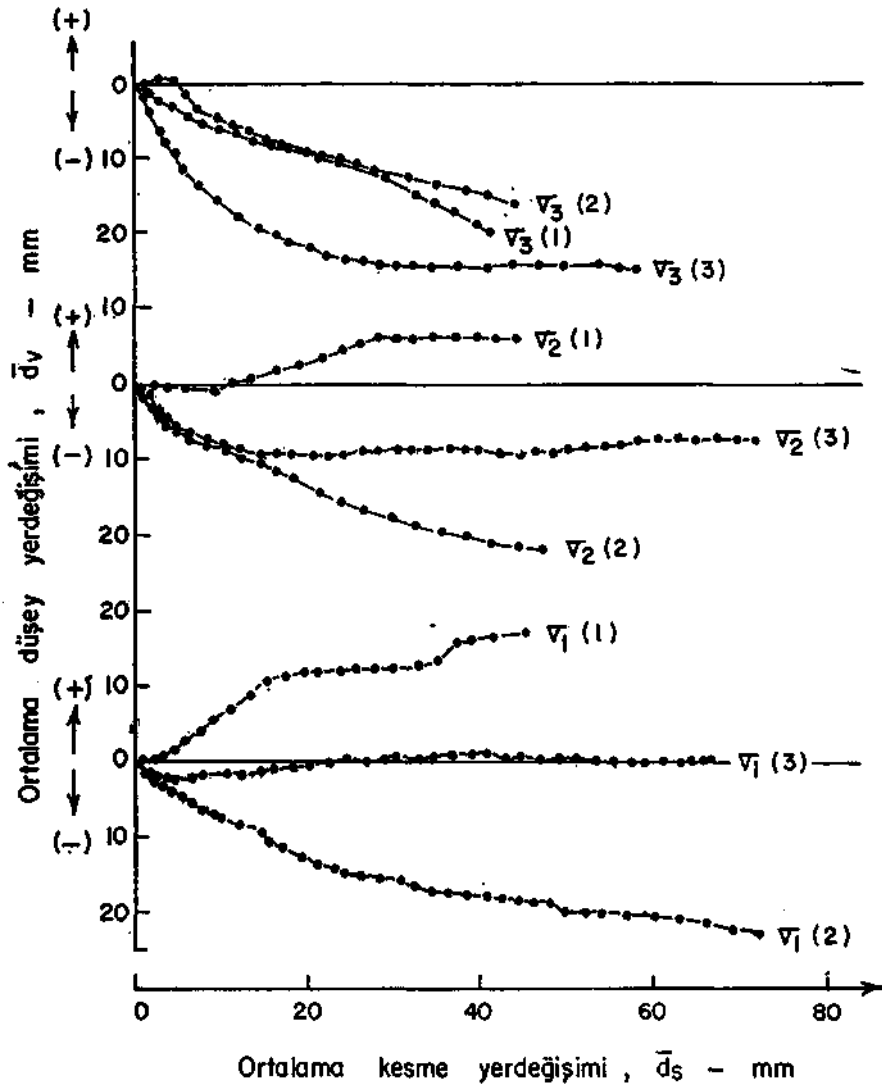
1. Daha önce jeolojik zamanda meydana gelmiş olan kesme yerdeğişimlerinin varlığı (14).
2. Tabaka düzlemlerinin genel özelliklerinin düzlemseldüz ve az pürüzlü olması.



Ortalama kesme yerdeğışimi, d_s - mm

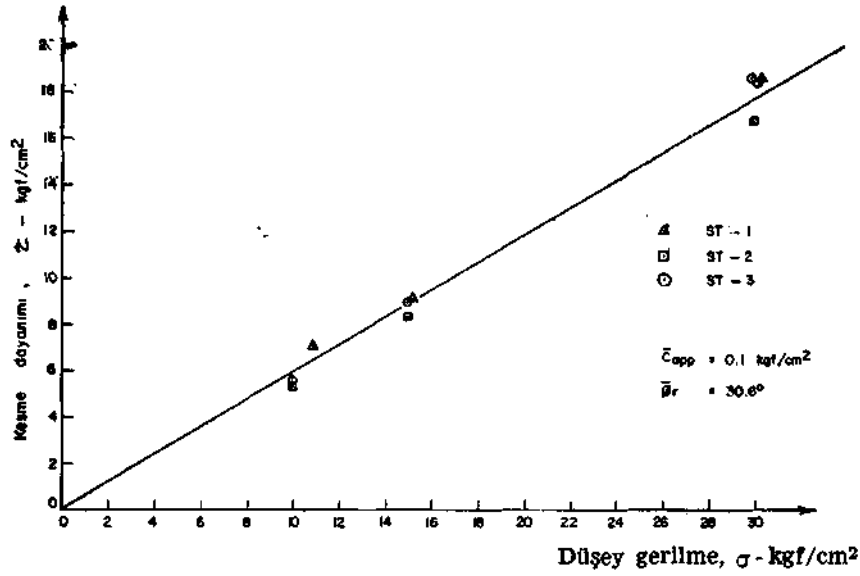
Şekil 3. Yerinde kesme deneyleri için kesme yerdeğışimi - kesme gerilmesi ilişkisi

3. Kalınlığı genellikle yüzey pürüzlülüğünden fazla olan dolgu malzemesinin varlığı. Kesme davranışını kontrol eden kalın dolgu malzemesinin varlığı düşey yerdeğışimi - kesme yerdeğışimi grafiklerinde de negatif kabarma açısı vermek suretiyle kendini göstermektedir (Şekil 4). Negatif kabarma, düşey gerilmenin etkisiyle kesme anında bloğun kenarlarından dolgu malzemesinin dışarı dökülerek hacim kaybına uğramasından ortaya çıkmaktadır. Deneylerden sonra blok yüzeylerinin ters çevrildiğinde de kayma yüzeylerinin temas etmediği gözlenmiştir.



Şekil 4. Yerinde kesme deneyleri için kesme yerdeğişimi - düşey yerdeğişimi ilişkisi

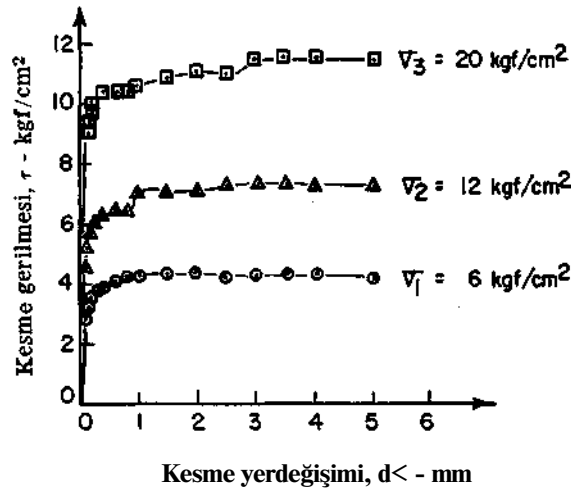
Dolgu malzemesinin kesme davranışını kontrol ettiğinin bir diğer kanıtı da, kesme gerilmesi düşey gerilme ilişkilerinde görülmektedir (Şekil 5). Bu grafikte, ilişki doğrusal ve kohezyon vermeden orijinden geçmektedir. Bu ilişki, bir eklem yüzeyinin kesme davranışı olmasına karşın, dolgusuz eklemli küçük ölçekli kesme kutusu deneylerinde kohezyonlu ve eğrisel olmaktadır.



Şekil 5. Yerinde kesme deneyleri için düşey gerilme - kesme dayanımı ilişkisi

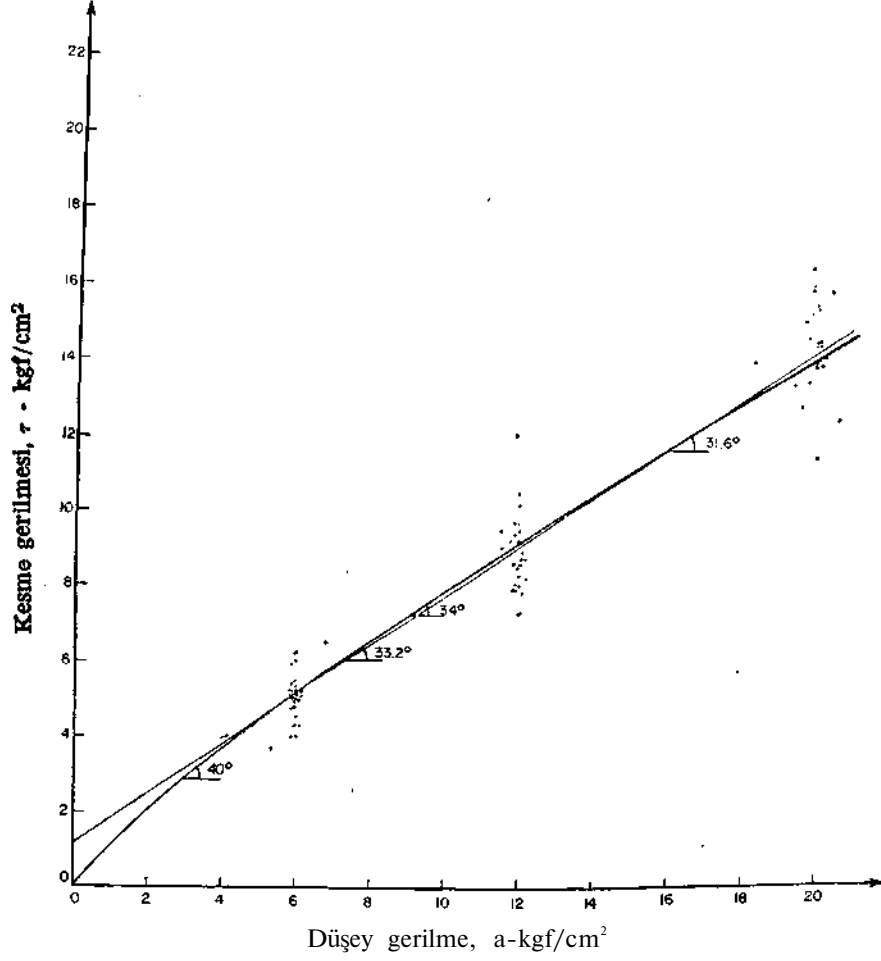
5.2. Kesme Kutusu Deneyleri

Dolgulu numunelerin kesme davranışı yerinde yapılan deneylerin kesme davranışına benzer bir durum göstermiştir (Şekil 6). Kısa bir yerdeğişimi miktarı sonrası tepe ve kalıcı dayanımları



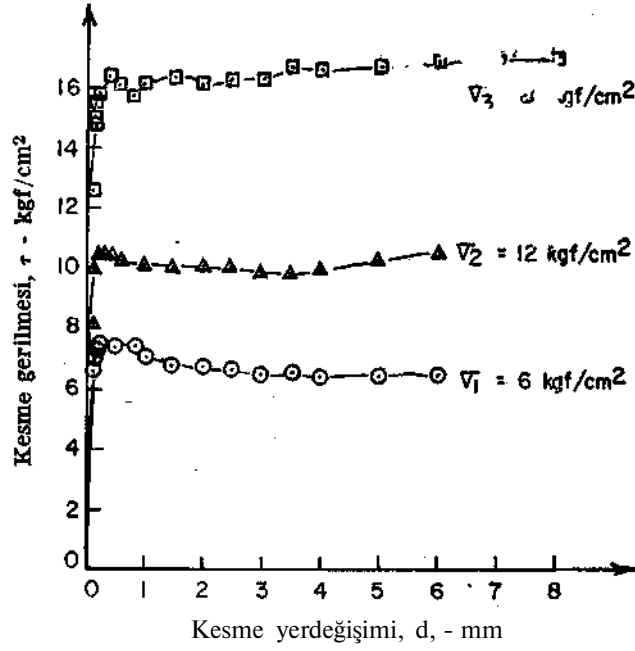
Şekil 6. Dolgulu kesme kutusu deneylerinin kesme yerdeğişimi - kesme gerilmesi ilişkisinden bir örnek

çakışmıştır. Kabarma açıları küçük değerler alırken genellikle deneysel hatadan kaynaklanan görünür kohezyon göstermişlerdir (Şekil 7).



Şekil 7. Dolgulu süreksizlikler için kesme dayanımı - düşey gerilme ilişkisi

Dolgunsuz kesme kutusu deneylerinde dolgu olmadığı için kaya yüzeyleri temasa geldiğinden, kesme davranışını yüzey pürüzlülüğü kontrol etmektedir (Şekil 8). Bu nedenle de kesme davranışı dolgulu numunelere göre değişik olmaktadır, tik kesme-



Şekil 8. Dolgusuz kesme kutusu deneylerinin kesme yerdeğişimi - kesme gerilmesi ilişkisinden bir örnek

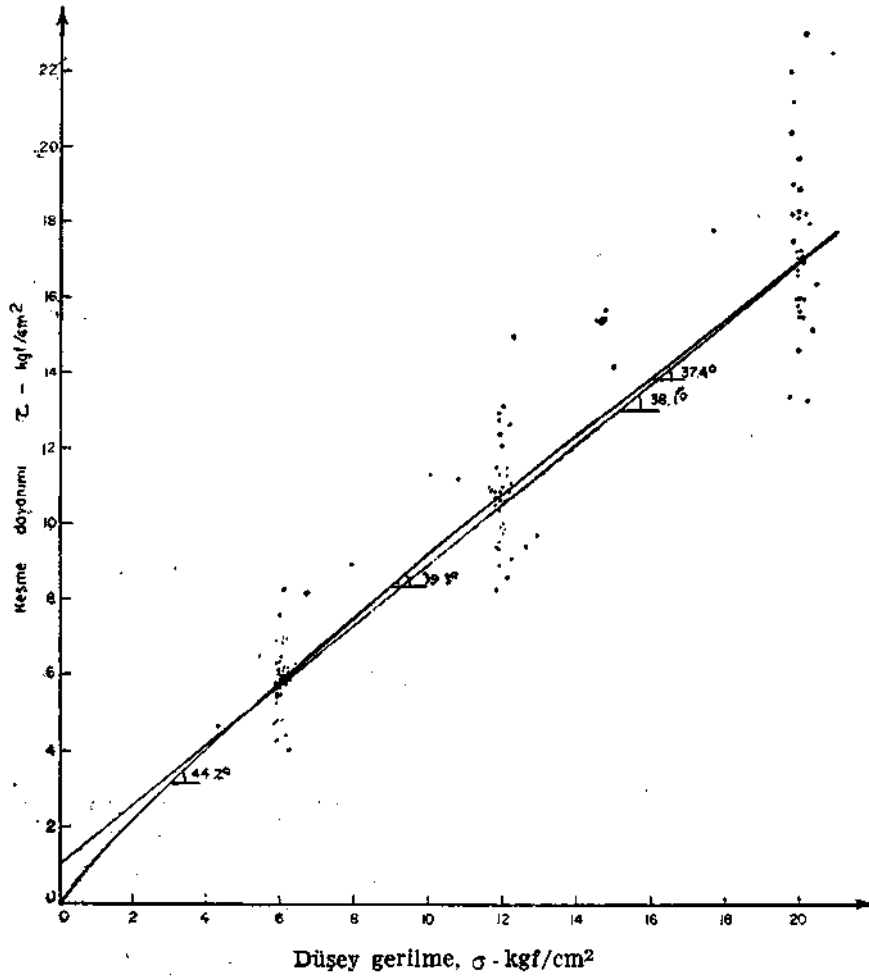
de tepe dayanımı (Tip 1) yenilme tipine (Şekil 2) uygun olarak maksimum değerine ulaştıktan sonra kalıcı dayanıma düşmektedir. Kabarma açıları büyük olmakta, görünür kohezyon vermektedirler (Şekil 9).

Bu açıklamaların ışığı altında küçük (yaklaşık 40 cm²) ve büyük ölçekli (4900 cm²) kesme deneyleri sonuçları karşılaştırıldığında, kuvarsit tabakalanma düzlemi kesme dayanımı ve davranışı için aşağıdaki genellemeleri yapmak olanaklıdır.

1. Dolgusuz kesme kutusu deneylerinin kesme davranışı, dolgulu kesme kutusu ve yerinde deneylere göre oldukça farklıdır. Birinojl grupta yüzey pürüzlülüğü kesmeyi kontrol ederken, ikinci grupta dolgu kontrol etmektedir.

2. Dolgusuz numunelerde tepe ve kalıcı dayanımlar farklı değerler alırken, dolgulularda her iki dayanım da hemen hemen aynı değere ulaşmaktadır.

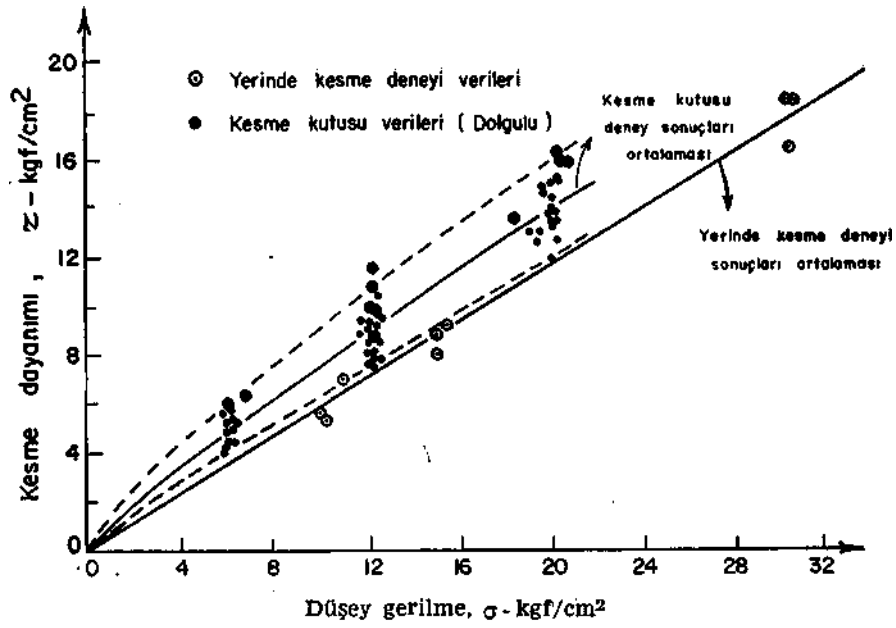
3. Dolgulu kesme kutusu deneylerinin kalıcı dayanımları, yerinde büyük deneylerin kesme dayanımlarına göre birazcık yük-



Şekil 9. Dolgusuz süreksizlikler için kesme dayanımı düşey gerilme ilişkisi

sek değer ve fazlaca dağılım göstermektedirler (Şekil 10). Bu dağılımın olası nedeni de şöylece sıralanabilir :

- a. Gerilme hesaplamalarında, küçük deneylerde, temas alanlarının hatalı değer verme şansı daha fazladır. -
- b. Küçük deneylerde az da olsa, yüzey pürüzlülük derecesi kesme dayanımlarında kolaylıkla artış ve azalışa neden olabilmektedir.
- c. Küçük deneylerde deneysel hata, yerindeki deneylere oranla daha büyük olmaktadır.



Şekil 10. Dolgulu kesme kutusu deneyleri ile yerinde kesme deneylerinin karşılaştırılması

6. SONUÇ

Yerinde kesme deneylerinin kesme dayanımı düşey gerilme ilişkisi orijinden geçen (sıfır kohezyon) doğrusal bir gidiş verirken, kalıcı içsel sürtünme açısı (θ_r) 30.5° dir. Aynı ilişki, dolgulu küçüklerde, düşük düzey gerilmelerde eğrisel, yüksek düşey gerilmelerde doğrusal ve hemen hemen yerinde deneylerin sonuçlarına paralel bir gidiş gösterirken; $\theta_r = 31.6^\circ$ ve görünür kohezyon $C_{pp} = 1.5 \text{ kgf/cm}^2$, dolgusuzlarda kalıcı içsel sürtünme açısı $\theta_r = 37^\circ$, C_{pp} ise 1 kgf/cm^2 dir.

TEŞEKKÜR

Bu bildiriye verilen çalışmalar E.I.E. İdaresi'nin sağladığı destek ile gerçekleşmiş olup, bu vesileyle E.I.E. yetkililerine şükranlarımızı sunar, her düzeydeki personele teşekkür ederiz.

Çalışmaların yürütülmesinde araç, gereç ve insangücü olarak yardımlarını gördüğümüz D.S.t. yetkililerine ve personeline ayrıca teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

1. WAREHAM, B.F., ve SHERWOOD, D.E. : The relevance of sample and type of test in determining shear properties for use in stability analysis, Proc. 3rd Congr. Int. Soc. for Rock Mechanics. Denver, CO. Vol. II-A, pp. 316-321, 1974.
2. FRANKLİN, J. ve arkadaşları : Field determination of direct shear strength. Proc. 3rd Congr. Int. Soc. for Rock Mechanics Denver, CO. Vol. II-A, pp. 233-240, 1974.
3. KARHN, J. ve MORGENSTREN, N. R. : The ultimate frictional resistance of rock discontinuities Int. J. Rock Mech. Min. Sei. Vol. 16, pp. 127-133, 1979.
4. BARTON, N. : A review of the shear strength of filled discontinuities in rock, Norwegian Geotechnical Institute, Publication No: 105, Oslo, 1974.
5. BARTON, N. : The shear strength of rock and rock joints, Int. J. of Rock Mech. and Min. Sei. and Geomech. Abstr. Cilt 13. 1976, s- 255-279.
6. BARTON, N. : ve CHOUBEY, V. : The shear strength of rock joints in theory and practice, Rock Mechanics, Cilt 10,1977, s. 1-54.
7. HOEK, E. ve BRAY, J. : Rock slope engineering, Institution of Mining and Metallurgy, London, Second Edition, 1977.
8. LONDE, P. : The Mechanics of rock slopes and foundation, Imperial College Rock Mechanics Report, No. 17,1972.
9. KRSMANOVİC, D. ve POPOVİC, M.: Large scale field tests of the shear strength of limestone. Proc. 1st Congr. Int. Soc. for Rock Mechanics. Lisbon. Vol. 1, pp. 773-779,1976.
10. ROSS-BROWN, D.N. ve WALTON, G., A portable shear box for testing rock joints, Rock Mechanics Vol. 7, pp. 129-153,1975.
11. PRATT ve arkadaşları : Friction and deformation of jointed quartz diorite, Proc, 3rd Congr. of ISRM, Denver, Vol. II-A, pp. 306-310, 1974.
12. BARTON, N. ve BANDİS, S. : Some effects of scale on the shear strength of joints, Int. J. Rock Mech. Min. Sei. and Geomech. Abstr. Vol. 17, pp. 69-73, 1980
13. BANDIS, S., ve BARTON, N. : Experimental studies of scale effects on the shear behaviour of rock joints, Int. J. Rock Mech. Min. Sei. and Geomech. Abstr. Vol. 18., pp. 1-21,1981.
14. SÜMERMAN, K. : Ceyhan Berke Project. Engineering -Geological study of Sir and Düzkesme dam sites, E.I.E., 1979.
15. ——— • ——— Suggested methods for determining shear strength, commission on standardization of laboratory and field tests. Committee on field tests, ISRM, 1974.
16. WALLACE, GEORGE, B. : In situ tests to determine design parameters for heavy structures, site characterization, 17th U.S. Symp. on Rock Mech., Utah, pp. 4B1-1-4B1-7,1976.