

# KESME KUVVETLERİ İLE MODELLERİN DEFORMASYONLARINDA ETKEN FAKTÖRLERİN ROLÜ

Erkan TANYOLU

*Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi, Zonguldak*

**ÖZET.** — Tektonik olayların ve bunların tabiatta kalan izleri olan tektonik yapının jeolojide çok önemli olması ve arazi çalışmalarının bu olaylara yeterli açıklığı getirememesi, bu problemlerin çözümü için laboratuvar deneylerini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada, tabiatta çok sık rastlanan kesme kuvvetleri ile oluşan deformasyonlara etkiyen faktörler incelenmiş, bunların deformasyon esnasındaki rolleri araştırılmıştır. Akıcı ve kırıklı deformasyonlar ayrı ayrı ele alınmış, su oranı, kalınlık (yükseklik) ve zaman (deformasyon hızı) gibi değişkenlerin deformasyonu nasıl ve ne kadar etkiledikleri saptanmıştır.

## I. GİRİŞ

Tektonik olayların, bu olaylar sonunda meydana gelen yapının jeolojide büyük önem taşıdığı tartışılmaz bir gerçektir. Tektonik olaylarla ilgili, henüz çözümlenmemiş bir çok sorun var olduğu gibi, yerkabuğunda görülebilen tektonik yapı izleri de bu olaylara fazla bir açıklık getirememektedir. Tektonik olayların akışı, oluşan deformasyon evrelerinin ancak bir kısmı nadiren görülebilmektedir. Bu olaylar ya depremlerde olduğu gibi çok kısa bir zaman içinde ansızın meydana gelirler, izlemek için ne gerekli hazırlık, ne de yeterli zaman vardır, ya da olaylar o kadar yavaş olurlar ki, sezmek olanaksızdır.

Tektonik olaylar tümüyle izlenemediğinden, bunları oluşturan kuvvetlerin yönü, şiddeti, süresi gibi tektonik yapıyı etkileyen diğer koşulları ölçmek, ya da saptamak çok defa olanaksızdır.

Tektonik olaylarla yerkabuğunda oluşan çatlak, kırık gibi izler, deformasyonların ancak son safhalarına aittirler. Aynı tektonik yapının, değişik türdeki deformasyonlarla oluşabileceği veya aynı bölgede birden fazla tektonik olayın meydana gelebileceği düşünülürse, doğadaki tektonik izlerin değerlendirilmesi çok daha zorlaşır. Bu olayları açıklayabilmek, bu sorunları çözümlenebilmek için bir olanak da, laboratuvar deneyleridir. Doğadaki olaylar, benzer koşullar altında ve aynı şekilde laboratuvarda yapılabilirse, kısmen de olsa, konuya açıklık getirilebilir. Bunun için kuşkusuz yüzlerce deney yapmak gerekecektir, önce deformasyona etkiyen faktörler saptanacak ve bunlardan yalnız biri, belli bir yöntemle değiştirilerek diğerleri sabit tutulacaktır. Bu faktörün etkisi saptandıktan sonra, sırasıyla diğer faktörler de teker teker değiştirilerek incelenecektir.

Doğada rastlanan deformasyonların büyük bir kısmı kesme kuvvetleri altında oluşurlar. Arazi çalışmaları sırasında sık sık karşılaşılan bu deformasyon türü hakkında bildiklerimiz çok az olduğundan, çalışma konusu olarak kesme veya makaslama kuvvetleriyle oluşan deformasyonlar seçilmiştir. Bu deformasyon türü hakkında aşağıda gerekli teorik açıklamalar ayrıca yapılacaktır.

Modellerin yapımı için yapay ve doğal birçok madde, çeşitli karışımlarda denenmiş, fakat alınan sonuçlar değerlendirildiğinde, yerkabuğunun niteliklerine en yakın sonuçları veren maddenin kil olduğu saptanmıştır. Kilin değişik türlerinin incelenmesi sonunda da, deformasyonu en iyi biçimde kaolin-O ile izlemek mümkün olduğundan ve en belirgin tektonik yapı bu malzeme ile sağlandığından, modellerin yapımında kaolin-O kullanılmıştır (Tablo 1).

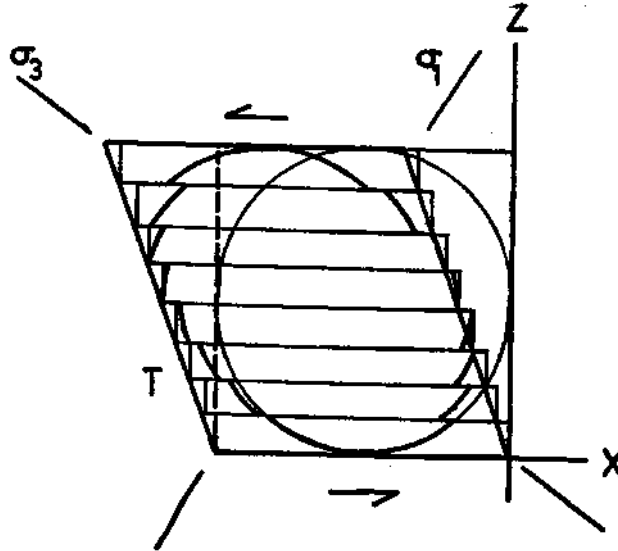
Tablo 1 - Kaolin-O nun kimyasal ve mineralojik bileşimi (% ağırlık)

Kimyasal bileşim (%)		Mineralojik bileşim (%)	
Si <sub>2</sub> O	59.9	Mika	46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27.0	Kuvars	30
TiO <sub>2</sub>	1.3	Kaolinit	24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0		
CaO	0.2		
MgO	0.4		
K <sub>2</sub> O	4.1		
Na <sub>2</sub> O	0.3		
Kül	5.8		

Hubbert'in (1937) «boyut analizi» hesaplarına göre, modelin boyutları ile birlikte, deformasyona etkiyen diğer faktörler de (zaman, sağlamlık vb.) 10<sup>-5</sup> ölçeği ile büyütülürse, yapılan deneylerle doğadaki deformasyonlar arasındaki benzerlik daha iyi görülmektedir. Değişik su oranlarıyla yapılan deneylerde, bu faktörün de deformasyona etkisinin inceleneceği göz önünde tutularak, esas deneyler için en uygun su oranının (ağırlıkça) % 36 olduğu yapılan araştırmalar sonunda ortaya çıkmıştır.

## 2. KESME (MAKASLAMA) KUVVETLERİ İLE DEFORMASYON

Bu deformasyon türünde, yani kesme kuvvetleri altında, homojen ve izotrop bir küreden üç eksenli bir elipsoit oluşur. Konuyu basitleştirmek için, elipsoitin ortanca ekseninin uzunluğunun değişmediği, yani başlangıçtaki kürenin yarıçapına eşit olduğu özel durumu alırsak, en büyük ve en küçük eksenlerin (c ve a) bulunduğu düzlemde, deformasyonun her evresinde kürenin en büyük dairesinin alanına eşit bir elips meydana gelecektir (Şek. 1). Yani  $c > b > a$  ve  $x//a$ ,  $b//y$ ,  $c//z$  ise, deformasyonun her evresinde  $a.c = r^2 =$  sabit olur. Burada x,y,z dik eksenli koordinat sistemi, a,b,c elipsoitin eksenleri ve r de kürenin yarıçapıdır.

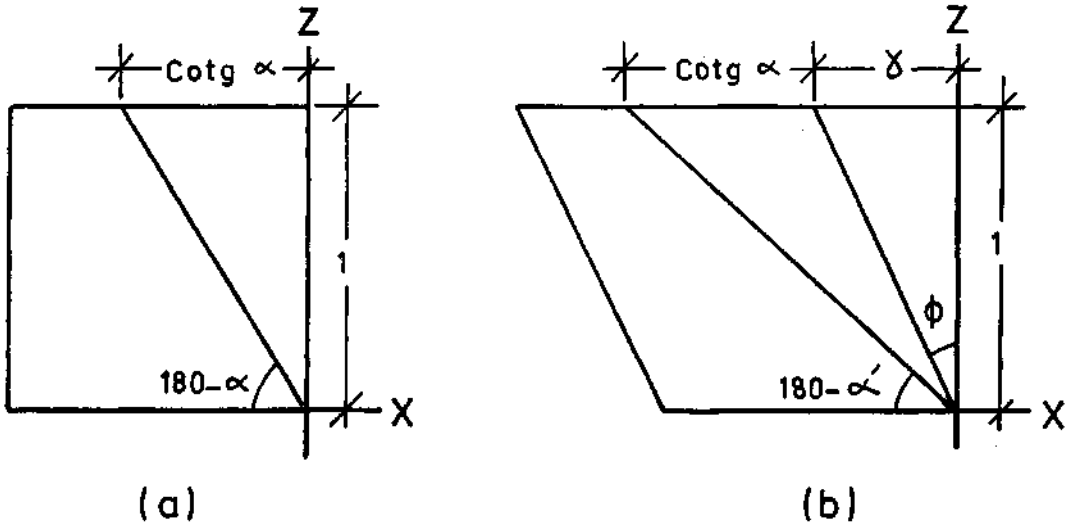


Şek. 1 - Monoklinal deformasyondaki gerilme kuvvetlerinin durumu ve deformasyon düzlemindeki dairenin elipse dönüşümü.

Kesme kuvvetleri altındaki deformasyonlarda kuvvetler, monoklinal simetrik olduklarından Hoepfener'e (1969) atfen bu deformasyonlara «monoklinal deformasyon» lar diyoruz. Şu halde ileride bu terim, kesme kuvvetleri altında oluşan deformasyonlar için kullanılacaktır. Monoklinal deformasyonlarda yalnız bir maksimum kesme düzlemi vardır (Şek. 1 de T) ve düzlem xy düzlemine paralel, z eksenine diktir. Bu tür deformasyonlarda, kesme kuvvetleri ile aynı yönde ve xz düzleminde bir iç rotasyon oluşur ve bu dönmenin miktarı maksimum kesme düzlemi ile yapılan açıyla doğru orantılıdır. İç rotasyonun değeri Nadai'in (1959) aşağıdaki formülü ile hesaplanabilir (Şek. 2):

$$\text{Cota}' = \text{Cot } a - 8$$

Burada a, iç rotasyonu hesaplanacak doğrultunun deformasyondan önce ve a' aynı doğrultunun deformasyondan sonra x eksenini ile yaptığı açıdır, ö ise, aynı zamanda deformasyonun büyüklüğünü tanımlamaya yarar ve başlangıçta yz düzlemine paralel bir düzlemin iç rotasyonunun tanjantıdır (Şek. 2). 5 m'nin bir saniyedeki büyüklüğü y ile gösterilmekte ve hız ifadesi olarak kullanılmaktadır.



Şek. 2 - Monoklinal deformasyon sırasında oluşan iç rotasyonu gösteren şema.

### 3. MODELLERİN HAZIRLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneyler, Hoepfener'in (1969) geliştirdiği Bochum deformasyon masasında yapılmıştır. Bu masanın ortasında 50x50 cm büyüklüğünde, model yapımı için ayrılan kısmın tabanı ince ve gayet esnek bir lastikle kaplıdır. Kenarları, yapılacak olan modelin yüksekliğine göre, aynı malzeme ile kaplamaya elverişlidir. Mümkün olduğu kadar homojen hazırlanan kaolin-su karışımı, deformasyon masasındaki lastikle kaplı özel yere yeteri kadar taşınır ve istenilen yükseklik elde edildikten sonra, üst yüzü pürüzsüz bir duruma gelinceye kadar bir cetvelle düzeltilir. Bu yüzeye, siyah bir silikat tozu, özel bir aletle serpilerek, kareleri 1 cm olan bir ağ elde edilir. Bu ağın karelerinin tanımladıkları 1 cm çaplı dairelerle akıcı deformasyon izlenecektir. Şöyleki, deformasyonla paralelkenara dönüşen karelerin tanımladıkları daireler de elips olacaktır. Bu elipslerin küçük eksenlerinin büyüğüne oranları ( $q=a/c$ ) ile akıcı deformasyonun değişimi ve büyüklüğü, büyük eksen doğrultusu ( $a_1$ ) ile de akıcı deformasyonun yönü incelenecektir.

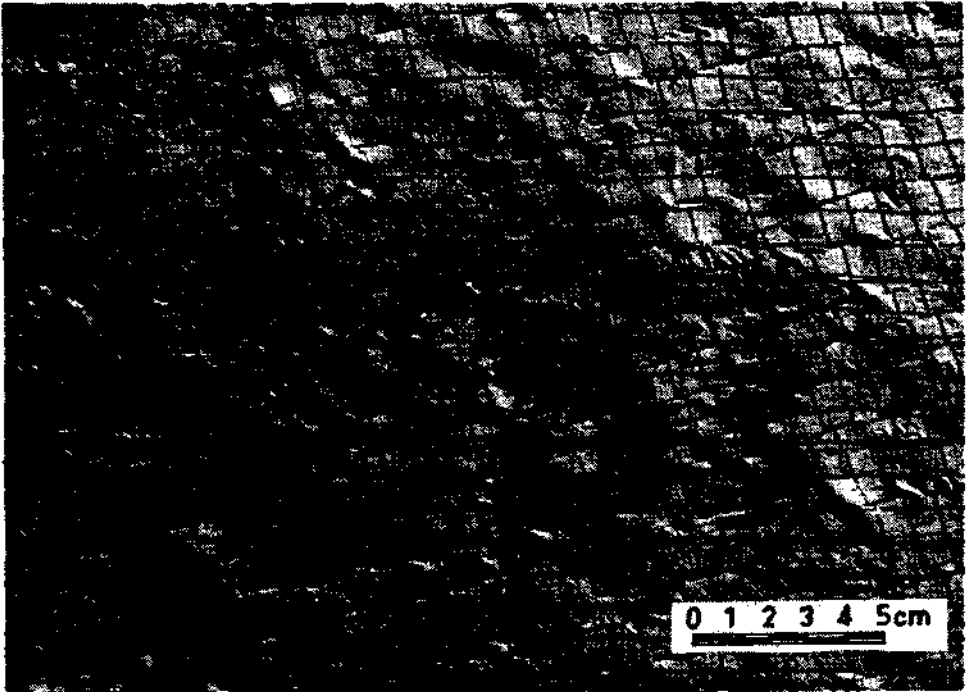
Kırıklı deformasyonun, akıcı deformasyona etkisini saptamak ve teorik hesaplarla karşılaştırarak deneyin doğruluk derecesini denetlemek için, toplam deformasyonun (akıcı ve kırıklı deformasyonlar) incelenmesinde model yüzünün ortasına, yine silikat tozuyla yapılan 20 cm boyutlu karenin tanımladığı dairenin deformasyonundan yararlanılmıştır. Bu büyük elipsin eksenlerinden küçüğünün büyüğüne oranı ( $Q=a/c$ ) toplam deformasyonun derecesini (deformasyonun bulunduğu evreyi), büyük eksen doğrultusu da toplam deformasyonun yönünü ( $a_2$ ) vermektedir. Toplam deformasyonda elde edilen değerler teorik hesaplara tümüyle uyduklarından, ileride bu değerlere  $Q$  ve  $a$ , olarak değinilecektir.

Kırıklı deformasyon, model yüzünün ortasındaki 400 cm<sup>2</sup> lik homojen kısımdaki kırık ve çatlakların yön ve uzunluklarının ölçülmesiyle incelenmektedir.

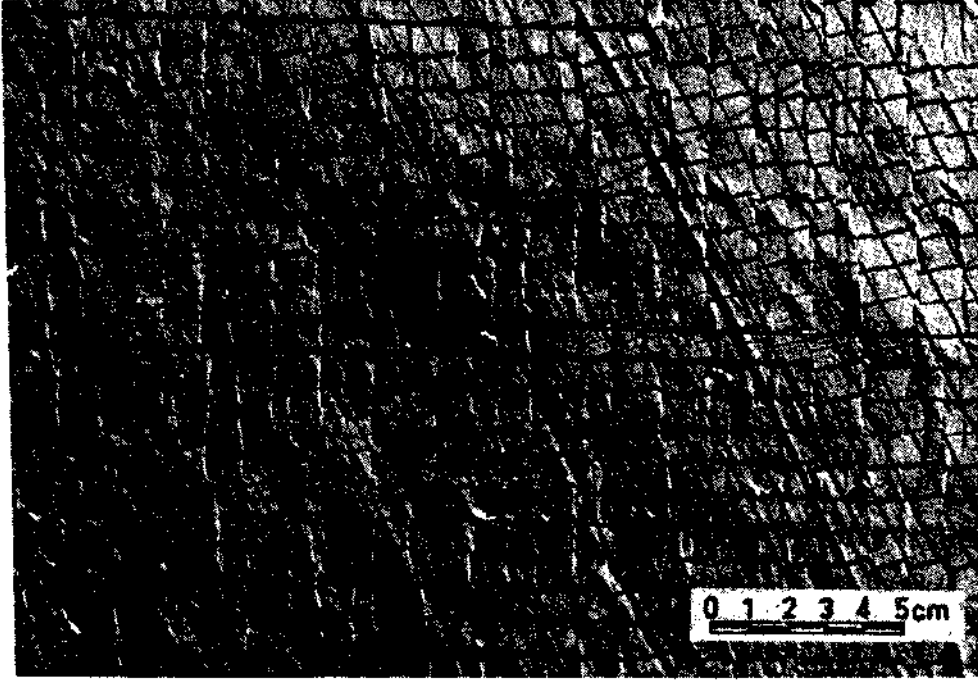
Ölçmeler sırasında yapılan hatalar, boy ölçmelerinde 0.1 mm ve açılarda  $\pm 1^\circ$  den küçük olduklarından, hata sınırları içinde kalmaktadırlar.

#### 4. KESME KUVVETLERİ İLE MODELLERİN DEFORMASYONU (MONOKLİNAL DEFORMASYON)

Homojen ve izotrop bir cismin monoklinal deformasyonunda, birbirlerine eşit iki ayrı kırık sistemi oluşur. Bunlardan biri, teorik olarak maksimum kesme doğrultusunda, diğeri de dik durumda kabul edilir. Fakat uygulamada durum biraz daha değişiktir ve kırık sistemlerinden biri maksimum kesme yüzeyi ile 18-20° lik açı yapar (Şek. 3). Bu sisteme Cloos'a (1936) atfen «sintetik sistem» (uygun sistem), diğeri yani maksimum kesme yüzeyine yaklaşık dik olana da «antitetik sistem» (aykırı sistem) denilmiştir (Şek. 4).



Şek. 3 - Monoklinal deformasyonda oluşan simetik kırık sistemi ( $\gamma = 0.54$ ).



**Şek. 4 - Monoklinal deformasyonda oluşan antitetik kırık sistemi ( $\gamma = 0.54$ ).**

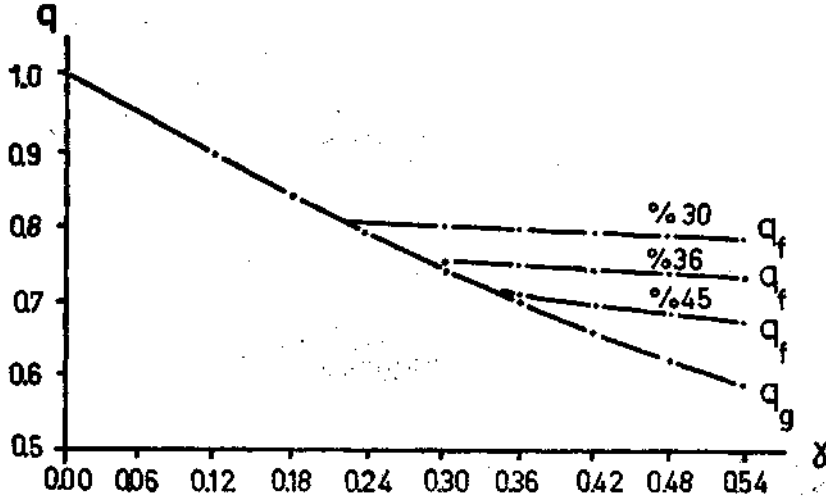
Kil modelin hazırlanması sırasında üst yüzü düzlenirken, düzlem yönüne dik bir direnç anizotropisi oluşur (Tanyolu, 1974) ve bu da tektonik yapıyı etkiler.

Anizotropinin tektonik yapıya etkisi basit olarak şu şekilde açıklanabilir: Modelin üstü, kink sistemlerinde hangisinin doğrultusunda düzlenirse, yalnız o sistem oluşmakta ve diğeri oluşmamaktadır. Doğadaki kayaların da izotrop olmadıkları hatırlanırsa, model yapımında oluşan bu anizotropi, bize deformasyonları daha ayrıntılı inceleme olanağını verir.

Yalnız sentetik, yalnız antitetik ve her iki sistemin birlikte oluşması, maddenin anizotropisine bağlıdır. İki sistemin birlikte olduğu deneylerde bunlardan birinin çoğunlukta olması ve aralarındaki oran deformasyonu etkilediğinden, hatasız bir karşılaştırma yapabilmek için, deformasyona etkien faktörlerin rolü, sentetik ve antitetik sistemlerin yalnız oluştuıkları durumlarda incelenecektir.

### 5. SU ORANININ ETKİSİ

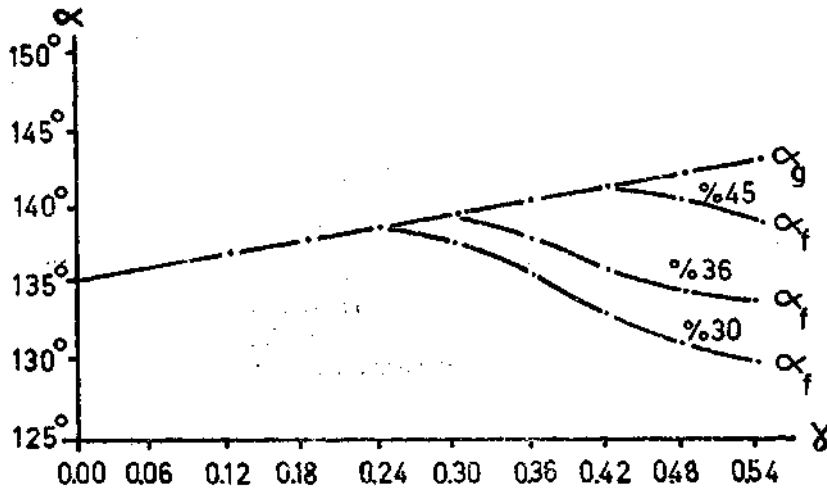
Su oranının etkisinin incelenmesi için, %30, 36, 45 su içeren kaolinden yapılan  $50 \times 50 \times 2$  cm boyutlu modeller  $\dot{\gamma} = 1 \times 10^{-4}$  san.<sup>1</sup> hızındaki kesme kuvvetleri ile deforme edilirse, önce yalnız akıcı bir deformasyon meydana gelir. Apsiste  $\dot{\gamma}$  ile deformasyon evrelerinin, ordinatta  $q$  ile deformasyon elipsleri eksenlerinin birbirlerine oranının ifade edildiği Şekil 5 te, akıcı deformasyonun değişimi görülmektedir. Akıcı deformasyonun ölçülen değerleri, teorik hesaplara tümüyle uymaktadır. % 30 su içeren modelde deformasyonun  $\dot{\gamma} = 0.24$  evresinde, %36 su içeren modelde deformasyonun  $\dot{\gamma} = 0.30$  evresinde ve %45 su içeren modelde deformasyonun  $\dot{\gamma} = 0.36$  evresinde ilk çatlaklar oluşur. Bundan sonra kırıklı deformasyon, akıcı deformasyondan daha büyük rol oynamaya başlar ve artık deformasyon elipslerinde önemli bir basıklaşma, değişme görülmez. Çatlak ve kırıklar gelişirken, ayırdıkları bloklar, bu çatlaklar boyunca yan yana kayarlar.



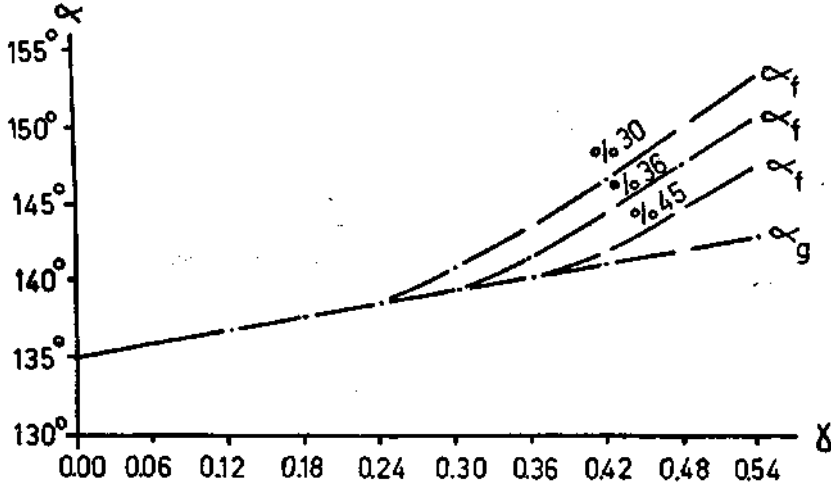
Şek. 5 - Su oranı değişik modellerin monoklinal deformasyonlarında akıcı deformasyonun  $\gamma$  ya bağlı değişimi.

Deformasyon elipslerinin büyük eksenlerinin yönleri incelendiğinde, yine kırıkların başlamasına kadar teorik hesaplara uygunluk görülür (Şek. 6, 7). Kırıklar oluşmaya başladıktan sonra, yalnız antitetik kırıkların oluştuğu deneylerde, gerektiğinden fazla bir sapma görülmektedir ki bu, elipslerin üzerinde buldukları bloklarla birlikte dönmeleriyle açıklanabilir (Şek. 7). Yalnız sentetik kırıkların oluştuğu deneylerde ise, durum daha değişiktir. Şekil 6 da teorik iç rotasyonun tersine bir dönme görülmektedir. Aslında bu ters bir rotasyon olmayıp, deformasyon sırasında elipsleri tanımlayan paralekenarların bssinç yönünde daralması, normalinde genişlemesi sonucu aldatıcı bir durum ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak, modellerde su miktarı arttıkça, kırıklı deformasyon daha geç başlamakta, akıcı deformasyon sırasında ise teorik değerlerden herhangi bir sapma olmamaktadır. Gözleme dayanan bir sonuç da, su miktarı azaldıkça kırıklar belirginleşmekte, bireysel uzunlukları ve aralarındaki uzaklıklar artmaktadır. Bu, maddenin elastisitesinin artması ve daha büyük bir bölgedeki gerilimlerin boşaltılabilemesiyle açıklanabilir.



Şek. 6 - Değişik su oranlı modellerin monoklinal deformasyonlarında yalnız sentetik kırık sisteminin oluştuğu durumlarda deformasyon yönünün değişimi.

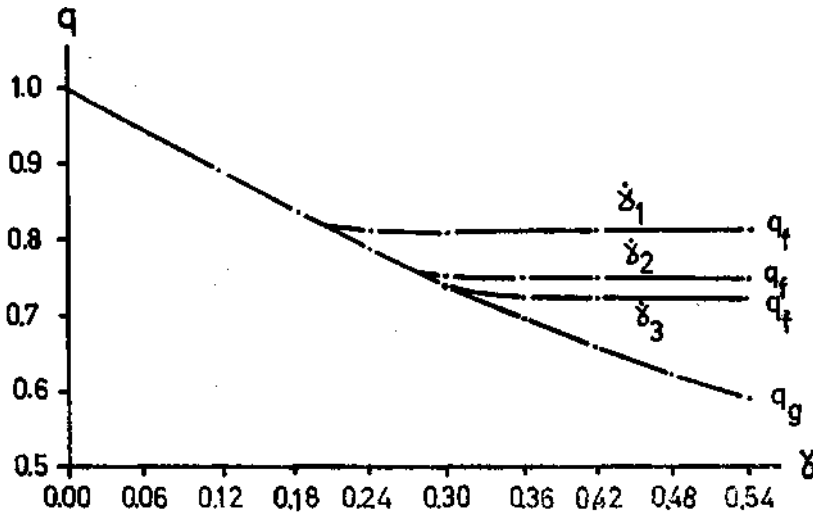


Şek. 7 - Değişik su oranlı modellerin monoklinal deformasyonlarında yalnız antitetik kırık sisteminin oluştuğu durumlarda deformasyon yönünün değişimi.

#### 6. ZAMANIN ETKİSİ

Deformasyonun büyüklüğünü ölçmede kullanılan  $\delta$  nın birim zamandaki büyüklüğü hız olarak alınıp,  $y$  ile gösterilmektedir.

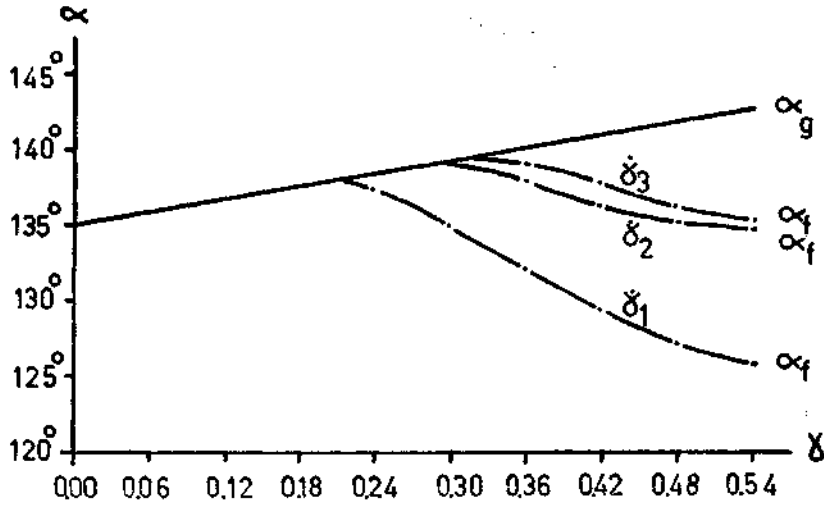
Zamanın, akıcı deformasyona ve tektonik yapıya etkisini saptamak için, aynı şekilde hazırlanmış % 36 su içeren modeller  $g_1$  hızıyla 24 saat,  $y_2$  hızıyla 2 saat ve  $g_3$  hızıyla yarım saatte deforme edilmektedirler. İlk tüm deneylerde, teorik hesaplara uygun bir akıcı deformasyon meydana gelir (Şek. 8). Küçük hızla yapılan deneyde, deformasyonun  $y = 0.21$  evresinde, orta hızla yapılan deneyde deformasyonun  $y = 0.30$  evresinde ve büyük hızla yapılan deneyde deformasyonun  $g = 0.32$  evresinde ili çatlaklar meydana gelirler (Şek. 8). Bundan sonra teorik değerlerle ölçülen değerler arasında farklılaşma başlar ve deformasyon ilerledikçe bu fark büyür. Deney sonunda Şekil 8 de görüldüğü gibi, teorik değerlerle ölçülen değerler arasındaki fark, deformasyon hızıyla ters, yani zamanla doğru orantılıdır.



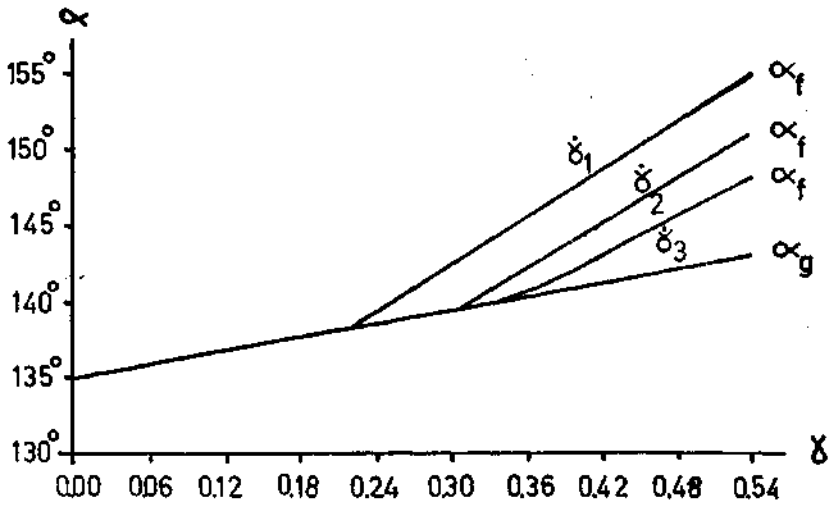
Şek. 8 - Değişik hızla deforme edilen modellerde  $q$  nun  $\gamma$  ya bağlı değişimi.

Yalnız sentetik veya antitetik kırık sistemlerinin oluştuğu deneylerde çatlakların oluşumundan sonra akıcı deformasyonun yönünde meydana gelen sapma (Şek. 9,10), bundan önceki bölümdekinin benzeridir ve aynı şekilde açıklanacaktır.

Akıcı deformasyon derecesinin, daha doğrusu kırıklı deformasyonun başladığı evrenin deformasyon hızıyla doğru, zamanla ters orantılı olması tiksotropi ile açıklanabilir. Hızlı deformasyonla maddenin bünyesinde meydana gelen bozulma sırasında tutulmuş suyun bir kısmı serbest kalır. Böylece viskozite düşer. Partiküller arasındaki bağlayıcı kuvvetler azalır ve partiküllerin yan yana kaymasıyla akıcı deformasyon sürer. Akıcı deformasyonun süreci, oluşan tektonik yapıya bağlı değildir.



Şek. 9 - Değişik hızla deforme edilen modellerde yalnız sentetik kırık sisteminin oluştuğu halde akıcı deformasyon yönünün  $\gamma$  ya bağlı değişimi.



Şek. 10 - Değişik hızla deforme edilen modellerde yalnız antitetik kırıkların oluştuğu durumda akıcı deformasyon yönünün  $\gamma$  ya bağlı değişimi.



### 7. YÜKSEKLİĞİN ETKİSİ (KALINLIĞIN ETKİSİ)

Bu etkenin incelenmesi için 2, 3.5 ve 5 cm kalınlıkta hazırlanmış benzer modeller aynı koşullar altında deforme edilir. Her iki kırık sisteminin yalnız ve ayrı oluştukları deneylerin değerlendirilmesinde önemli bir fark saptanamadı. Küçük farklar özetlenirse:

1. Akıcı deformasyonun hızı ve süreci modelin yüksekliği ile çok az miktarda azalmaktadır;
2. Modellerin yükseklikleri arttıkça, kırıklar arasındaki mesafe artmakta ve dolayısıyla kırıkların toplam uzunlukları biraz azalmaktadır;
3. Gözleme dayanan bir fark da, modellerde kırıklar, düzgünlüklerini yükseklikle kaybetmekte ve aralarındaki açıklıklar artmaktadır.

### 8. SONUÇ

Kesme kuvvetleri altında oluşan, yani monoklinal simetrik deformasyonlarda, tektonik yapıya etkiyen faktörlerden su miktarı, zaman ve kalınlığın rolü ayrı ayrı incelenmiştir. Sonuçları özetlemek için deneyleri  $q_r$  in değişimine göre iki ayrı bölümde inceleyelim: Birinci evre, çatlak ve kırıkların belirgin oluşumuna kadar olan deformasyon, ikinci evre ise, deneyin bundan sonraki kısmı, yani kırıklı ve kısmen akıcı.

Deneylerin tümünde birinci evrede yalnız akıcı deformasyon oluşmaktadır. Tektonik yapıya etkiyen yukarıdaki faktörlerden hiç birinin bu evrede etkisi olmamakta ve oluşan akıcı deformasyon, toplam deformasyona, daha doğrusu teorik hesaplara tümüyle uymaktadır.  $q_f$  değeri, deformasyonun bu evresinde bütün deneylerde yaklaşık olarak doğrusal ve aşağıdaki formüle göre değişmektedir:

$$q_r = 1 - 0.8g$$

Akıcı deformasyonun maksimum büyüklüğü, yani kırıkların oluşumuna kadar olan deformasyon evresi, malzemenin su miktarına ve deformasyon hızına bağlıdır. Su miktarının artması ve deformasyon hızının yükselmesiyle kırıkların oluşum evreleri gecikmektedir.

Deformasyon kuvvetleriyle oluşan gerilimler, malzemenin mukavemeti aşıldıktan sonra oluşan çatlak ve kırıklarla boşalır. Bundan sonra sentetik kırıklar arasında kalan blokların yan yana kayması, antitetik kırıklar arasındaki blokların iç rotasyonla dönmeleriyle model deforme olmakta, yani biçim değiştirmektedir. Her iki kırık sisteminin beraberce oluştukları deformasyonlarda, sentetik ve antitetik kırıklar arasındaki bloklar, deformasyonun devamında kırıklar boyunca farklı yönlerde kayma ve dönme yapmak istediklerinden birbirlerini engellerler. Bloklar, deformasyonun gerektirdiği hareketi tamamen yapamadıkları için, bir miktar şekil değişimine uğrarlar. Bu da, kırıkların oluşumundan sonra zayıf bir akıcı deformasyonun devam etmesi demektir.

Yalnız sentetik kırıkların olduğu hallerde, bloklar aynı doğrultuda olduklarından birbirlerini engellemeyecekler ve hareketi yalnız sürtünme kuvveti yavaşlatacağından, etkisi ve dolayısıyla akıcı deformasyonun miktarı daha az olacaktır.

Deformasyonlarda yalnız antitetik kırık sistemi oluşmaya başlayınca, kırıklar arasındaki bloklarda biçim değişimi, yani akıcı deformasyon durur ve bloklar iç rotasyona uygun olarak dönerler.

Akıcı deformasyonun yönü, deformasyon elipslerinin büyük eksenlerindeki değişikliklerle incelenmişti. Çatlak ve kırık oluşumuna kadar teorik hesaplara uyan deney sonuçları, kırıklı deformasyonun başlama önceliğiyle artan sapmalar gösterir. Antitetik kırıklar arasındaki bloklarda bulunan deformasyon elipslerinde aslında akıcı deformasyon tamamen durmuş olduğundan, herhangi bir yön değişimi söz konusu değildir. Deformasyon elipsleri veya bunların eksenleri, üstünde buldukları bloka göre yön değiştirmemekte, fakat blok iç rotasyonla dönmektedir. Sentetik kırıklar arasındaki

bloklardaki deformasyon elipslerinde ters yönde görülen dönme, yukarıda da belirtildiği gibi aldatıcı bir ters iç rotasyondur.

Deformasyon elipslerini belirleyen paralelkenarların (başlangıçta 1 cm aralıkla, silis tozuyla yapılan karelerin deforme olmuş hali) doğrultularını değiştirmeksizin, üzerinde buldukları bloklarla beraber basınç bileşeni doğrultusunda ( $45^\circ$  altında) basıklaşması sonucu ortaya çıkmaktadır.

Deney sonuçları ile teorik değerler arasındaki bu farklar, su miktarı ve deformasyon hızıyla azalmaktadır. Değerlerdeki ayrılmalar, kırık oluşumuyla başladığından, su miktarının veya deformasyon hızının azalmasıyla akıcı deformasyonun süresi uzayacak, kırıklı deformasyonun süresi kısalmaya ve teorik değerden sapma az olacaktır.

Su miktarı ve deformasyon hızının azalmasıyla kırıkların belirginlikleri ve aralarındaki mesafe artmakta, fakat kırıkların bireysel ve toplam uzunlukları azalmaktadır. Yükseklik veya başka deyimle kalınlık faktörünün önemli bir etkisi yoktur.

Kilin değişik türleri ile yapılan kesme kuvvetleri ve basınç kuvvetleri altındaki deformasyonlarda da yukarıdaki sonuçlar alınmıştır. Şu halde kil çamuru gibi elasto-plastik malzemenin fiziksel özellikleri (su oranı, viskozite, kohezyon vb.) ve zaman faktörü (deformasyon hızı), ancak akıcı veya kırıklı deformasyonun süresini, yani ilk kırıkların oluşum zamanını, önemli farklar oluşturmayacak şekilde etkilemektedirler.

Sonuçlar, deformasyonda bilhassa zaman faktörünün büyük rol oynadığı inancına uymamaktadır. Her ne kadar doğada bazı olaylar çok uzun sürelerde oluşurlarsa da, deneyler 1/2 saat ile 24 saat arasında yapılmış, yani deformasyon hızı 1:48 oranında değiştirilmiştir. Tüm deney ölçüleri (boyut, direnç, zaman gibi)  $10^5$  ölçeğiyle küçültüldüğünden, aslında 1/2 saat 5 yıla, 24 saat da 240 yıla tekabül eder. Bu süre jeolojide çok uzun bir zaman değildir, fakat her jeolojik olay milyonlarca yıl sürmediğinden bazıları için yeterli sayılabilir.

Ayrıca deneylerde deformasyon hızı 1:48 oranı gibi geniş bir arada incelendiğinden, varılan sonuçların gerçeğe yakın olduğu ve de diğer doğal bilimlere göre çok genç sayılan tektonik araştırmalara ışık tutacağı kanısındayız.

*Yayma verildiği tarih, 21 nisan 1978*

### DEĞİNİLEN BELGELER

- GLOOS, H. (1931): Fließen und Brechen in der Erdkruste im geologischen Experiment. *Plastische Massen in Wissenschaft und Technik*, H. 1, Troisdorf bei Köln.
- (1936): Einführung in die Geologie, Berlin.
- HOEPPENER, R. (1969): Zur physikalischen Tektonik. Bruchbildung bei verschiedenen affinen Deformationen im Experiment. *Geol. Rdsch.*, 59, 1, S. 179-193, Stuttgart.
- HUBBERT, K. (1937): Theory of scale models as applied to the study of geologic structures. New York.
- NADAI, A. (1959): Theory of flow and fracture of solids. New York, Toronto, London.
- SCHRADER, P. (1970): Bruchbildung in Modellsustanzen durch Deformationen mit monokliner Symmetrie. *Diss., Ruhr-Universität, Bochum*.
- SANDER, B. (1948): Einführung in die Gefügekunde geologischer Körper. Bd. I, Wien und Innsbruck.
- TANYOLU, E. (1974): Rupturelle und fließende Deformation und ihre Gegenseitige Beeinflussung in Modellsustanzen.