

## Laboratuvar 2: Yamulma (Birim Deformasyon)

### Çözümler

Güz 2005

#### 1 Partikül hareketleri

##### 1.1 Kütle hareketi

Yamulma rijit, rotasyonsuz ve homojen.

$$\begin{aligned}x' &= x + A \\y' &= y + B\end{aligned}$$

##### 1.2 Kütle rotasyonu

Rijit, rotasyonel, homojen.

$$\begin{aligned}x' &= \cos \omega x + \sin \omega y \\y' &= \sin \omega x + \cos \omega y\end{aligned}$$

##### 1.3 Basit makaslama

Rijit olmayan, homojen, rotasyonel (ilk konumu  $y$  eksenine paralel olan çizgiler,  $\psi$  açısıyla sapmaktadır.)

$$\begin{aligned}x' &= x + y \tan \psi = x + \gamma y \\y' &= y\end{aligned}$$

##### 1.4 Saf makaslama

Rijit olmayan, homojen, rotasyonsuz (yamulma elipsi uzun eksenini  $x$ 'e, kısa eksenini  $y$ 'ye paraleldir. Bunlar, çizgilerin ilk doğrultuları ile aynıdır).

$$\begin{aligned}x' &= kx \\y' &= \frac{y}{k}\end{aligned}$$

##### 1.5 Genel homojen rotasyonel yamulma

Yerdeğiştirme alanı karmaşık görünmesine karşın, kare şekilli elemanlar aynı şekile ve paralelkenar doğrultusuna dönüşmektedir. Başlangıçta düzgün ve paralel çizgiler uzunluk ve oryantasyonda değişim gösterir. Ancak, düzgün ve

paralel kalır. Yerdeğiştirme vektörü eğimi sabittir ve koordinat dönüşümleri aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\begin{aligned}x' &= ax + by \\y' &= cx + dy\end{aligned}$$

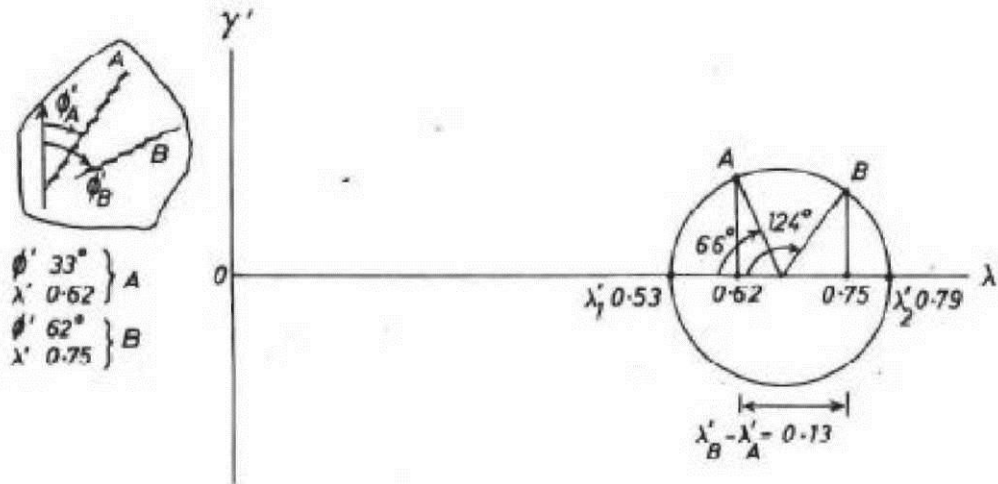
burada  $a, b, c, d$  sabittir.

## 1.6 Genel heterojen yamulma

Yer değiştirme vektörü eğimi, noktadan noktaya değişiklik gösterir. Her eleman, deformasyondan sonra farklı şekle sahiptir. Başlangıçta düz çizgiler eğilir. Koordinat dönüşüm eşitlikleri düzgün, konumun tek değerli lineer olmayan fonksiyonları olmalıdır:

$$\begin{aligned}x' &= f_1(x, y) \\y' &= f_2(x, y)\end{aligned}$$

## 2 Yamulma için Mohr dairesi: belemnitler



şekil 1: Mohr dairesi çözümü.

İşlem,  $2\phi'$  ilişkileri kullanılarak çemberin üzerinde A ve B noktalarının bulunduğu Mohr çemberinin çizilmesiyle devam eder. Bu noktalar, ölçülen  $\lambda'_1 - \lambda'_2$  değerinden  $\lambda'$  eksenini boyunca ölçüği oluşturur ve merkezin konumunun belirlenmesinde kullanılır. Dairenin merkezi bulunduğunda  $\lambda'_1 - \lambda'_2$  değerlerini okuyabilirsiniz.

Diyagramlardan ölçülen oldukça fazla değer vardır. Ekteki şekil,  $\lambda'_A = 0.62$ ,  $\phi'_A = 22$ ,  $\lambda'_B = 0.75$ ,  $\phi'_B = 62$  ve daire  $\lambda'_1 = 0.53$ ,  $\gamma'_A = 0.12$ ,  $\lambda'_2 = 0.79$ ,  $\gamma'_B = 0.1$ .  $\gamma'_B = \gamma/A \Rightarrow \psi = \arctan(\gamma'/\lambda')$  olduğuna dikkat ediniz. Böylece,

$$\psi_A = \arctan(0.12/0.62) \sim 11$$

$$\psi_B = \arctan(0.1/0.75) \sim 8$$

Ancak,  $\psi$  makaslama gerilimi olup başlangıçta birbirlerine dik iki çizgideki açı değişimidir. Genelde bu değer belirlenen çerçevelere göre rotasyonla aynı şey değildir. Yapmanız gereken, derste veya laboratuvarda tartışmadığımız konu olan,  $\phi$  i  $\phi'$  ile ilişkilendirmektir. Bu notun amacı, rotasyon ile makaslama yamulması arasındaki ayrımı yapmaktır.  $\phi$  i  $\phi'$  açıları aşağıdaki eşitlikle ilişkilidir.

$$\tan \phi' = \tan \phi / R$$

$$R = \frac{1 + e_1}{1 + e_2} = \sqrt{\frac{\lambda_1}{\lambda_2}}$$

Yukarıdaki eşitlik Wettstein eşitliği olarak bilinmektedir ve  $R$  yamulma elipsinin eliptikliğidir. Bu örnekte,  $R = 1.22$ 'dir ve A ve B çizgilerindeki açı değişimleri sırasıyla 5 ve 4 derecedir.

Ayrıca not olarak: bazılarınız her bir çizginin nasıl döndüğünü anlamaya çalışırken basit makaslama'yı kabul ettiniz. Bu kabulün bir dayanağı yoktur. Ancak, basit makaslamanın nispeten basit olması nedeniyle birçok jeolog yüzlekte yapısal ilişkileri yorumlarken bunu dikkate alır. Bu kötü bir alışkanlıktır.

### 3 Damar topluluklarının ilerlemeli deformasyonu

Bir yüzleğin yorumlanması aşağıdaki varsayımlara bağlıdır. (1) iki boyutlu düzlemsel yamulma; (2) basit makaslama; (3) makaslama düzlemi milonitik foliyasyona paralel; (4) yamulma, yamulmanın sabit artışına bağlı birikmeyi temsil eder, böylece sonsuz küçük yamulma elipsini, deforme olan kayaçların belli kısımlarına ait sonlu yamulma elipsleri ile ilişkilendirebiliriz; (5) damarların açılması, rotasyonu ve kıvrımlanması sonsuz küçük yamulmanın birikimi ile ilişkili olabilir.

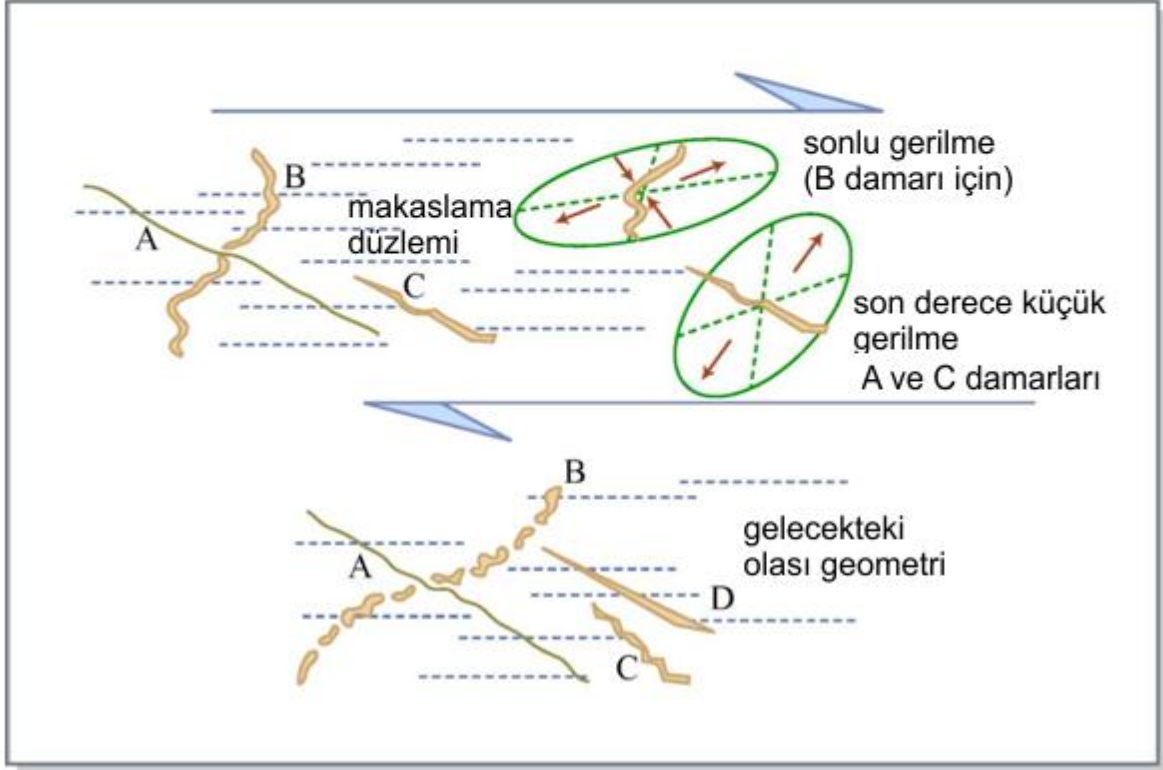
Yamulma sağa doğru birikirse, genişleme çatlakları makaslama düzlemine  $45^\circ$  açıyla uzanan, anlık yamulma elipsinin asal genişleme doğrultusuna dik olarak açılır. Bu durum, yeni oluşan genişleme çatlaklarının makaslama düzlemi ile  $45^\circ$  açı yapacak şekilde olması demektir. A ve C damarlarını böyle yeni oluşmuş

damarlar olarak yorumluyorum. Aslında, 45°'den daha düşük bir açıda yönlendirilmişlerdir. Bu durum, oluşumlarından itibaren bir miktar rotasyona uğradıklarını veya doğrultu boyunca açılmış damarlar, olasılıkla asal sonsuz küçük yamulma eksenine (ve maksimum uzama doğrultusuna) tam olarak dik değildir.

Bu damarlar oluştuklarında ani yamulma elipsinin sıkışma kadranı boyunca uzanırlar. Tüm çizgisel malzemeler basit makaslama için hareket yönünde rotasyona uğrayacağı için damarlar sadece kısalma ile kalmayıp aynı zamanda rotasyona uğrayacaklardır. Sonunda, böyle bir damar ani genişleme kadranına doğru ve ani sıkışma kadranının dışına doğru rotasyona uğrayacaklardır. B damarı bunun için iyi bir örnektir. Olasılıkla, A ve C damarları ile aynı doğrultuda oluşmuştur, ancak şu anki doğrultusuna dönmesiyle birlikte kısalmıştır. Bu haliyle **ani** genişleme kadranında uzanmakta ve **sonlu** kısalma maruz kalmaktadır. Bu olayda, damarlar uzama kadranında yeterince zaman geçirmemişler ve etkilendiği uzama süreci kısalma kadranı boyunca dönüşü sırasında biriken kısalmayı aşmaktadır.

Aşağıdaki şekilde, sonsuz küçük yamulma ve sonlu yamulmaya ait yamulma elipsleri gösterilmektedir. Damarlar farklı yaşlarda olduğu için farklı miktarlarda sonlu yamulmanın biriktiğine dikkat ediniz. Bundan başka, damarların oluştuğu kayalar sonlu yamulmadan olasılıkla, damarlardan daha fazla etkilenmiştir. Aşağıda çizilen sonlu yamulma elipsi, B damarı tarafından etkilenen sonlu yamulmayı temsil etmektedir. A ve C damarları "yeni" oluşmuş olarak kabul edildiğinden çok küçük yamulma elipsleri bu damarlar için doğruya yakındır.

Yamulma ilerlemeye devam ederse, tüm var olan çizgisel malzemeler (A, B ve C damarları) saat yönünde dönmeye devam eder. Uzama yönünde uzanan B damarı, budine dönüşebilir ve sonunda net uzamayı toplayabilir. A ve C damarları bükülmeye ve kıvrımlanmaya başlar. Yeni oluşmuş bir damar (şeklin altında D ile gösterilen) foliyasyonla 45°'lik açı yapacak şekilde yönlendirilir.



Şekil, MIT OCW programından alınmıştır.

Şekil 2: **Üst:** A, B ve C işaretli damarların bulunduğu fotoğraf. **Orta:** Damarların taslak çizimleri. Makaslama düzleminin milonitik foliyasyona paralel olduğu kabul edilir ve düzlemler kesikli çizgilerle gösterilmektedir. Damarlar, ilerlemeli deformasyon sırasında açıldığı için B damarı A veya C'den daha fazla yamulma biriktirmiştir. B için sonlu yamulma elipsi gösterilmektedir; kesikli çizgiler sonlu kısalma kadranı ile sonlu uzama arasındaki sınırı temsil etmektedir. A ve C damarlarına ait yamulmalar olasılıkla çok küçük yamulma elipsine en yakındır; kesikli çizgiler uzama ve ani kısalma kadranı arasındaki sınırı temsil etmektedir. Tahmini makaslama yönü gösterilmektedir. **Alta:** yamulmanın biriktiği olası tarihenin şekille gösterimi: B damarı budine dönüşmeye başlamakta, A ve C damarları kıvrımlanmakta ve yeni D damarı oluşmaktadır.