

# DÜNYA KABUĞUNU TEŞKİL EDEN KAYALARDA RHEOLOJİK ŞEKİL DEĞİŞMELER

Tacettin Ataman

Orta-Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

## GİRİŞ

Kayaların mekanik özellikleri üzerinde inceleme ve araştırmaların başladığı ve ilerlediği son elli sene içinde, kayalardan alınmış olan numunelerin laboratuvarlarda denenmesiyle başlayan etüdler sonunda varılan neticelerle, sonradan, yeraltında, «in situ» olarak yapılan deneylerin sonuçları arasında büyük farklar bulunmuştur. KARMANN ve MÜLLER'in 1911 yılında yapmış oldukları ilk üç eksenli kompresyon deneylerinde ne kadar önemli olduğunu ispatlamıştır. Diğer taraftan sıcaklık derecesinin, derinlere gidildikçe artması dolayısı ile, laboratuvarında deney yapılırken numunenin sıcaklık derecesinin artırılması, kompresyon esnasında taşın plastikleştiğini intaç ettiği görülmektedir.

Bu iki faktöre bir de zaman faktörü katılınca, kayalarının aynı basınç altında, deforme olmaya devam ettiği görülmektedir, O halde uzun zaman süreleri zarfında kayalarda viskoz (viscous) dediğimiz bir şekil değiştirmesi meydana gelmektedir. O halde, Jeolojik devirlerden birinde bir taş tabakası teşekkül ettikten sonra, çeşitli yüklere maruz kalması sonucu önce: Elâstik bir deformasyon:  $\Delta_{el}$  sonra plastik bir deformasyon:  $\Delta_{pl}$  ve en sonra da zaman ile orantılı bir viskoz (viscous) deformasyon:  $\Delta_v$  meydana gelmiştir.

Halen yapılmakta olan yer kabuğu deformasyon ölçmelerinde, arz kabuğunun deforme olmaya devam ettiği ve bu deformasyon hızının bölgeden bölgeye farklar arzettiği tesbit edilmektedir.

## DÜNYA KABUĞUNUN BUGÜNKÜ ŞEKİL DEĞİŞTİRMELERİ VE BUNLARIN ÖLÇÜLMESİ

Dirac (1) ve Brans ile Dicke (2) ye göre, halen dünyamızın yer çekimi kuvvetinin, çok yavaş ta olsa, senede  $10^{-10}$  luk bir ölçüde

azalmakta olduğu bir hakikattir. Creer (3) de başka bir yoldan aynı sonuca ulaşmıştır

Diğer taraftan, dünyanın bazı bölgelerinde, yer kabuğunun daha yüksek bir hızla şekil değiştirmekte olduğu görülmektedir. Örneğin, Japonya'da bu şekil değiştirmesi yılda  $10^{-5}$ , (4), Kaliforniya'da  $10^{-6}$ , (5), New Jersey'de ise  $10^{-7}$ , (6) olduğu tesbit edilmiştir. Bu deformasyonların farklı değerlerde olması, adı geçen bölgelerde tektonik, faaliyetlerin değişik ölçülerde olduğunu ifade eder.

Halen ay ve güneşin cazibelerinin etkisi altında, dünyamızın kabuğu bir kaç saatten bir haftaya kadar süreli periyodlarla deforme olmaktadır (earth tide). Bu deformasyonun amplitüdü  $10^{-3}$  civarındadır. Diğer faktörlere göre bu etki en kuvvetlisidir.

Bundan sonra gelen en önemli faktör, dünya kabuğunu saran atmosfer tabakasının ağırlığıdır. Bu etki altında ve yer kabuğu içinde sıcaklığın değişimleri neticesinde bir takım deformasyonlar meydana gelmektedir.

Bunların dışında, en büyük deformasyonlar zelzelelerden doğmaktadır. Deniz sularının hareketi ve rüzgârlar da mikro sismik denilen ve  $10^{-10}$  mertebesindeki deformasyonlara sebep olmaktadır, Zelzelelerde deformasyonun amplitüdü  $10^{-7}$  mertebesinde dir.

Bu deformasyonların ölçülmesi, hattî gerilmelerin ölçülmesiyle yapılır. İki ayrı ve belli nokta arasındaki l uzaklığının değişmesi bir  $l_0$  standart uzaklık ile mukayese edilerek, bu deformasyonlar ölçülmektedir:

$$\Delta(l-l_0) / l = \epsilon \quad (1)$$

Burada  $\Delta l_0 = 0$  kabul edildiği için  $l_0 =$  değişmez) (1) denklemi  $\epsilon = \Delta l / l$  olur.

$\epsilon = \Delta l / l$  i ölçmek için iki metot kullanılmaktadır :

A – Doğrudan doğruya l uzaklığını belli bir zaman aralığı ile iki veya daha çok kez ölçmek:

$$= l_2 - l_1 / l_1 = \Delta / l \quad (2)$$

Burada  $l_2$  son ölçülen iki nokta arasındaki mesafe,  
 $l_1$  ilk ölçülen aynı noktalar arası mesafedir.

B –  $\Delta l$ 'yi yani l uzaklığının belli bir süre içindeki değişmesini ölçme.

Bu metodlardan birincisi standard jeodezik ölçme metodudur. Ayrıca daha da gelişmiş elektromanyetik ölçme metodu da uygulanmaktadır.

İkinci metoda gelince, zemine sağlamca kakılmış iki kazıktan birine sağlam olarak tesbit edilmiş bir çubuk ötekine kadar uzatılır (9).  $l_0$  standart uzaklığı, yaklaşık olarak l uzaklığına eşit kılınır. Bu suretle  $(l - l_0)$  değişmesi elektromanyetik ve optik aletlerle (transducer) ölçülür.

Yer kabuğunun o civardaki deformasyonu ölçmek için, kullanılan ölçü aletinin, üzerinde bulunduğu kayaların küçük ölçüdeki homojen olmamalarının etkilerini çok azaltacak derecede uzun kollu olması gerekir.

Örneğin: Bu deformasyon ölçme aletlerinin 102 metrenin birkaç katı (800-1000 metre) kol uzunluğunda olması yeter. Bu takdirde, uzunluk standardının termik ve mekanik stabilitesini sağlamak gerekir.

Kuvars kristallerinin termik ve mekanik özellikleri bu yönden mükemmeldir. Kuvars kristallerinin termik genleşme kat sayısı  $5 \times 10^{-7}/C^\circ$  dir. Böyle bir kuvars kristalinin  $10^{-10}$  yaklaşık derecesiyle bir uzunluk stabilitesini sağlayabilmek için  $2 \times 10^{-4} C^\circ$ lık bir duyarlıkla, sıcaklık derecesini değişmez kılmak gerekmektedir.

### LASER Strainmetresi

Kol uzunluğu 1000 metre olan LASER interferometreleriyle, yer kabuğunun, ölçü yapılan yerdeki deformasyonlarını başarı ile ölçmek mümkün olmuştur. Bir standard Michelson interferometresinin ışık kaynağı ile huzme bölücüsü bir kazık üzerinde ve reflektörü ise öteki kazık üzerinde tesbit edilirse, «fringe pattern: tayf şekli» elde edilir. Bu tayfın hareketi ise, iki kazık arasındaki uzaklığın değiştiğini ifade eder. Böylece bu iki kazık arasındaki mesafenin değişme miktarı:  $\Delta l$ , LASER ışığının dalga uzunluğu ( $\lambda$ ) cinsinden ölçülmüş olur.

Görülüyor ki LASER ışığının yer kabuğu deformasyonlarının ölçülmesinde uygulanmasıyla  $10^{-10}$  mertebesindeki reformasyonlar: Zelzele ve atom bombası patlatılması gibi olayların yer kabuğunda

meydana getirdiği titreşimleri (periyodik olan deformasyonları) ölçmek mümkün olmaktadır.

Bu aletin kalibre edilmesine de lüzum yoktur. (800 metrelik LASER strainmetresi).

Bu sayede, deformasyonları aynı olan noktaların birleştirilmesiyle «iso strain» eğriler çizilerek, yer yüzünün yüksek ve alçak deformasyonlara maruz bölgeleri meydana çıkarılmaktadır.

### DÜNYA KABUĞUNUN JEOLJİK DEVİRLERDEKİ DEFORMASYONLARI

Jeolojik devirlerde yer kabuğunu teşkil eden kaya kitlelerinin, tektonik faktörlerin etkileri altında deforme oldukları, bugün yapılan müşahedelerin ve incelemelerin ışığı altında, görülmektedir.

KARMAN ve MÜLLER'in yirminci asrın başlarında, çeşitli kayalar üzerinde yapmış oldukları yan basınçlı kompresyon denemeleri ile, çok sonra, örneğın H. C. Heard'ın 1960 yılında yapmış olduğu «Solnhofen» kalkeri üzerindeki 25°C, 150°C, 300°C ve 400°C sıcaklıkta ve değışen yan basınç altındaki kompresyon deneyleri neticesinde:

Kayaların, yüksek yan basınç ve ısı derecelerinde plastikleştikleri anlaşılmıştır. Bu çok kısa süreli deneylerde zaman faktörü hesaba katılmamıştır. Son yıllarda yapılmış olan «Creep» deneyleri ile maden ocaklarında bırakılmış olan topuklar üzerinde yapılmış olan gözlemler ve ölçmeler göstermiştir ki kayalar çok uzun zamanlar hesaba katılırsa yük altında Viscous bir karakteri haizdirler.

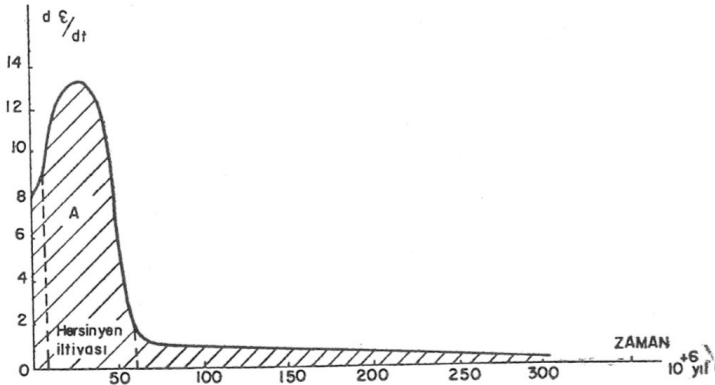
Jeolojik devirlerde, yük altında ve yüksek sıcaklık derecelerine maruz kalmış olan kaya kitleleri önce ve zaman faktörü hesaba katılmadan yani ani bir elastiko - plastik deformasyondan sonra, zaman ile orantılı olan bir viskoz deformasyona maruz kalmışlardır. Jeolojik devirlerin milyonlarca sene ile ifade edilen süreleri düşünülürse bu kayaların viskoz deformasyonları yanında, elastiko - plastik deformasyonlarının çok küçük kaldığı anlaşılır. İşte bu düşünceden hareket eden CAREY (13) 1953 yılında, çok uzun zaman sürelerinin kayaların deformasyonları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Kayaların, değışen yan basınç, sıcaklık derecesi ve diğer şartları altında, milyonlarca sene zarfında birikmiş olan deformasyonlarını, o kayanın o şartlar altındaki elastik deformasyonunun 1000 katı ile

mukayese etmiştir. Toplam deformasyonun, elastik deformasyonun 1000 katına ulaşması için geçen zaman süresine Rhedity time adını vermiş ve bu kayaların bu sıvı karakterine de R h e i d sıfatını takmıştır. Bu anlayışa göre aşağıdaki diyagram ile yer kabuğu olaylarını açıklamaya çalışmıştır. CAREY'e göre yer kabuğunun temeli 2700-3000 km'dir. Y ekseninde zaman faktörü logaritmik ölçekle, X ekseninde ise yer kabuğu ve altındaki temel normal ölçekle, derinlik olarak alınmıştır. Zelzele ve dünyanın ay ve güneş etkisi altındaki periyodik şekil değiştirmeleri elastik deformasyonlar olarak kabul edilmiştir. 3000 km den öteki kütle ise zelzele titreşimlerinde bir sıvı gibi davranmaktadır.

Çok uzun zaman sürelerinde ise (tektonik yükler süresi) kayaların viskoz deformasyonları RHEID materyel alanı olarak kabul edilmiştir.

### SONUÇ

Kayaların, jeolojik devirlerde, teşekkül ettiklerinden bu yana çeşitli yüklere, yan basınçlara ve sıcaklık derecelerine maruz kalmaları neticesi değişen ve zamanın tabii olan bir deformasyon hızı ile deforme oldukları görülmektedir. Bu zamanla değişen deformasyon hızını ile gösterirsek  $d\epsilon/dt$  bu fonksiyon, her kaya kitlesi için, ona özge bir fonksiyondur ve zamanın tabii olarak bir eğri ile gösterilebilir. Örneğin bir karbon devri kayası için:



Böyle bir eğri düşünülebilir. Bu eğriyi dakik olarak çizmeye imkân yoktur. Ancak A alanının o kayaya ait toplam deformasyona eşit olması gerekir.

#### REFERANSLAR

- 1 – Dirac, P.A.M., Proc. Roy. Soc. Ser. A. 165, 199 (1938).
- 2 – Brans, C., and Dicke, R.H., Phys. Rev. 124-425 (1961).
- 3 – Creer, K.M., in Dictionary of Geophysics. (Pergamon, Oxford, 1967), Vol. 1 Page 383.
- 4 – Takada, M., Third international Symposium on Earth Tides: International Association of Geodesy Trieste, 1959. P. 127.
- 5 – Scholz, C.H. and Fitch, T.S., Geophys, Research 74, 6649 (1969).
- 6 – Major, M.W. Sutton, G.H. Oliver, J. Metager, R. Bull, Seismol. Soc. Amer, 54, 295 (1964).
- 7 – Melchior, P. The Earth Tides (Pergamon, Oxford, 1966).
- 8 – Hofmann, R.B. Calif. Dep Water Resour. Bull, 116-6 (May 1968).
- 9 – Benioff, H. seismol. Soc. Amer. 25 283 (1935).
- 10 – Vali V. and Bostrom, B.C. Rev. Sci. Instrum, 39 1304 (1968).
- 11 – Berger, J. and Lovberg. R.H. Science (Amer. Assec. for the Advancement of Science) 16 October 1970, Vol. 170 No: 3955, p. 296-30.
- 1 2 – BADGLEY, P.C. «Structural and Tectonic Principles» p. 40-43 Harper and Row Publichers New York 1965.
- 13 – Carey, S.W The Rheid Concept in Geotectonics, jour-Geol. Soc. Australia 1, 67-117, 1953.

