

# KAYANIN ZAMANA BAĞLI KIRILMA DAVRANIŞLARININ MADENLERDEKİ KAYA YAPILARININ STABİLİTESİNE OLAN ETKİSİ

Mahir VARDAR (\*)

## ÖZET

Bildiride taş - kaya ilişkisi ve tanımlanmasından, benzerlik ve farklılıklarından yola çıkılarak, geniş yeraltı boşluklarında oluşan deformasyonlar ve bunlara etki eden çeşitli etkenler anlatılmaktadır. Aşırı kırılanmış bir kayanın ulaşabileceği en düşük taşıma direncinin, aynı malzemedен oluşan ayrık malzemenin direnci olduğu ve bu nedenle kayanın her zaman zeminden daha iyi temel olduğu görüşünün İnşaat Mühendisliğince kabul edildiği, ancak kaya dokusunun fay ve büyük kırıklar gibi süreksizlikler içermemesi gerektiğinin gözden kaçtığı belirtilmektedir. Kazıdan sonra zamana bağlı deformasyonun ve hızlarının bilinmesinin çok önemli olduğu vurgulanmaktadır. Kayacın reolojik özelliklerine bağlı olan «Rabcewicz Zaman Faktörü»nün yeraltı açıklıklarında koruyucu bir zonun oluşumundaki önem anlatılmaktadır.

Bildiride, kayanın reolojik davranış göstermesi nedeniyle, madencilikte ve kaya yapıları mekaniğinde artık «duraylık durumundan değil, «duraylıklar durumu»ndan söz etmek gereği sonucuna varılmaktadır.

(\*) Dr., Maden Yük. Müh. Maden Fakültesi, Mühendislik Jeolojisi ve Kaya Mekaniği Kürsüsü, İTÜ; İSTANBUL.

## 1. GİRİŞ

Kaya mekaniği çerçevesinde, taş ve kaya sözcüklerinin özel anlamları bulunmaktadır. Buna göre; taş, doğal ortamından koparılarak dışarı alınmış ve çoğun makro süreksizlikler içermeyen kayaç parçalarıdır. Kaya ise, doğal ortam içinde bulunan ve her türlü süreksizliklerle kıvrıklanmış kayaç parçalarının yanyana ve üstüste dizilerek oluşturdukları ve 3 eksenli gerilmelerin etkisiyle bir arada tutulan yığınlardır. Kayayı oluşturan, süreksizliklerle çevrelenmiş bu parçalara «birim kaya elemanı» veya «çatlak cismi» denir.

Tanımdan da anlaşılacağı gibi, taş ve birim kaya elemanları birbirlerine yakın anlamlar taşımakla birlikte, birim kaya elemanları üzerine doğal gerilmeler, yeraltı suyu ve doğal ısı etkimektedir. Bunlar doğal süreksizlikler (tabaka çatlakları, çatlaklar, kırıklar, faylar v-b.g.) ile çevrelenmişlerdir. Buna karşın, taşın çoğu zaman yapay süreksizliklerle sınırlandırılmış görülür. Laboratuvarda hazırlanan deney örnekleri birer «taş»tır. Taşlar üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden alınan sonuçlar, doğrudan doğruya birim kaya elemanının ve kayanın davranışını belirlemek için kullanılmazlar. Çünkü çatlaklar, kırıklar, tabakalar, faylar, fissürler gibi kaya içindeki süreksizlik yüzeyleri ve bunlar üzerindeki pürüzler, çentikler ve benzerleri sağlamlığı azaltır. Dolayısıyla kaya için, taş ve birim kaya elemanına oranla daha düşük taşıma dirençleri elde edilmektedir.

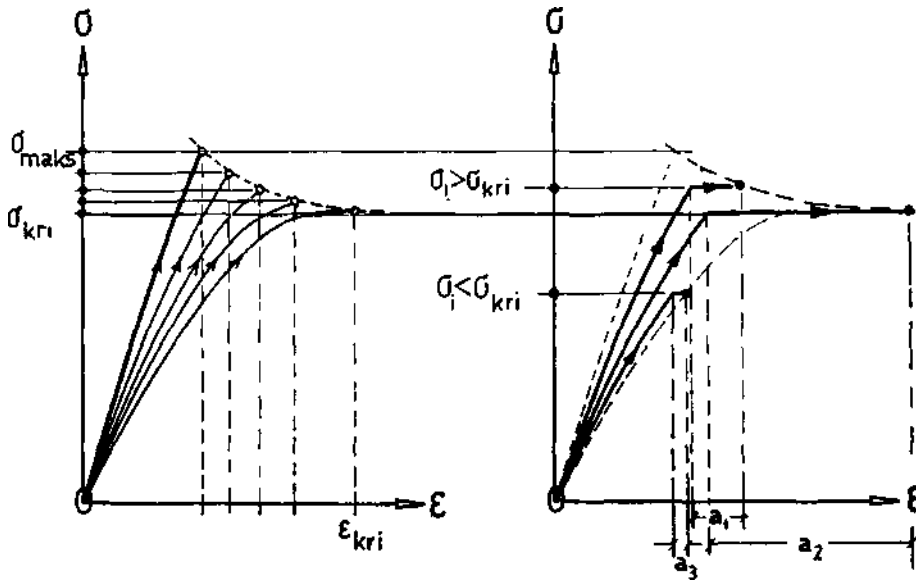
Bu nedenle, mühendislik girişimlerini kaya mekaniği anlayışı ile yönlendirirken, önce incelenen bölgenin madde (taş) ve doku (süreksizlik) özellikleri saptanır. Daha sonra ilkel (doğal) gerilme durumu belirlenerek, taş ile kaya arasındaki onların mekanik davranışlarına ilişkin sayısal bağıntılar bulunur...

Kaya mekaniğinde «Duraylık» (Stabilité) araştırmaları; ilkel gerilme durumundan hareketle, kaya yapısı içinde oluşan ikincil (sekonder) gerilme durumunun, kaya'nın taşıma direncine göre belirtilmesidir.

Bu bildiride; yukarıda açıklanan sıra içinde, önce taşın reolojik davranışı tanıtılmakta, daha sonra taş-kaya ilişkisine kısaca değinilerek, ikincil gerilme durumunun oluşumu, duraylık açısından, ana ilkeleriyle açıklanmaktadır.

## 2. ELASTO - PLASTO - VİSKOZ - CİSİM OLARAK KAYA

Yürütülen model deney çalışmaları ve değişik taş örnekleri üzerindeki laboratuvar araştırmaları, elde edilen tek eksenli kırılma direncinin, yükleme hızına bağlı olarak değiştiğini ve değişik gerilmeler altında bırakılan malzemenin zamanla pekiştiğini veya beklenilenden daha düşük gerilmeler altında kırıldığını göstermektedir. Bu durum Şekil, 1'de belirtilmeğe çalışılmıştır.

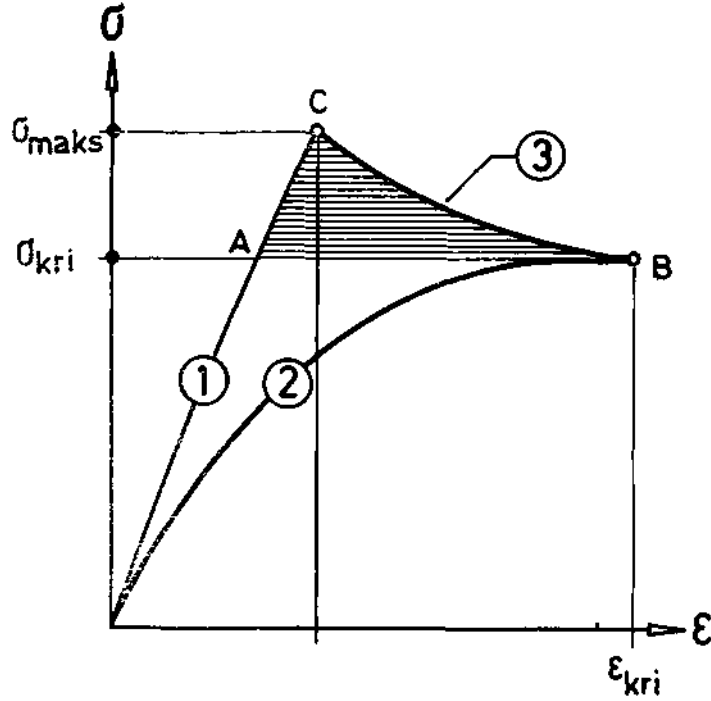


Şekil. 1 — a) Yükleme, hızına

b) Yük altındaki bekleme süresine bağlı olarak taşların kırılma direncindeki azalma.

Bu her iki davranış; (yüklemeye hızına bağlı olarak kırılma değerlerindeki artış ile, zamanla pekişme), ortak bir diyagram üzerinde toplandığında taşın davranışı üç önemli karakteristik eğriyle belirtilebilmektedir (Şekil. 2).

- 1 — Ani yüklenme eğrisi (elastiklik karakteristiği)
- 2 — Pekişme eğrisi (pekişme karakteristiği)
- 3 — Direnç düşüm eğrisi (yorulma karakteristiği)



Şekil. 2 — Taşın Karakteristik Eğrileri ve Sınır Koşulları

Taşın ani yük artışları altında Şekil. 2'de görülen 1 No. lu eğriyi izleyerek C noktasında kırıldığı görülür. Bu durumda taşın deformasyonunda, onun elastik özellikleri baskın rol oynamaktadır.

Yüklemeye hızının azaltıldığı deneylerde ise, taşın kırılma noktası, C den B'ye doğru kayarak, 3 No'lu yorulma karakteristiği üzerinde yeracaktır.

Çok uzun süreli yüklemeye deneylerinde, taşın plasto - viskoz özelliklerinin etkinleştiği ve bu nedenle 2 No'lu eğri üzerinde kayarak B noktasındaki  $\epsilon_{kri}^*$  gibi düşük bir gerilme değerine ulaştığında taşıma direncini yitirdiği gözlenmektedir. Aynı sonuç, A noktasına kadar hızla yüklenmiş olan taşın, bu yükler altında yeterince uzun süre bekletilmesiyle de elde edilmektedir.

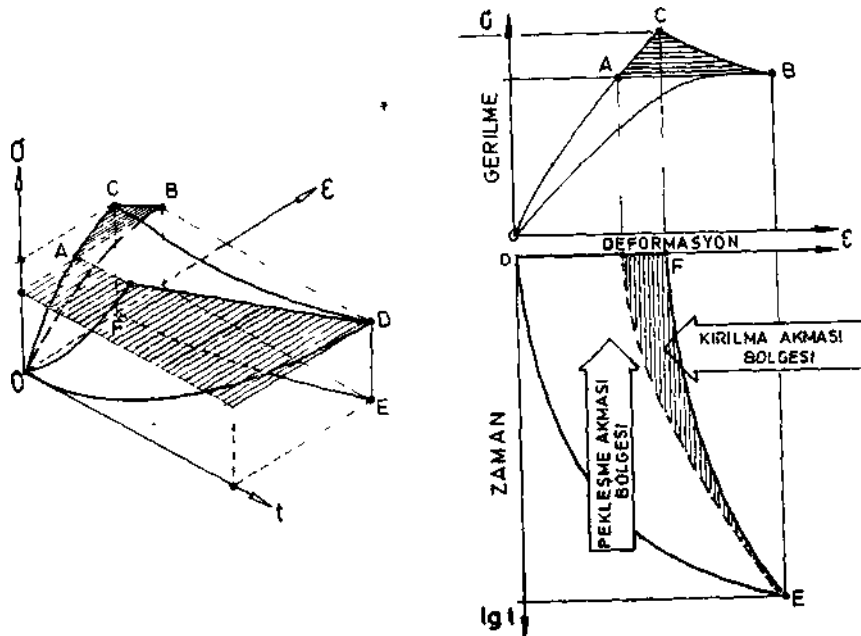
Direnç düşüm eğrisi ile pekleşme eğrisinin kesiştiği B noktası kritik gerilme ( $\sigma_{kri}$ ) ile kritik deformasyon ( $\epsilon_{kri}$ ) değerlerini vermek-

tedir. Hangi yükleme hızıyla bu  $\sigma_{kT}$  gerilmesine gelinirse gelinsin, taş «sünme-akma özelliği gösterecek ve  $\epsilon^*$  değerine varınca da plastik def ormasyonlar sonucu kendi kendine kırılacaktır.

$\epsilon^*$  değerinin altındaki gerilmeler asla zamana bağlı bir kendi kendine kırılma durumu yaratmayacak ve cisim giderek sönümlenen deformasyonlar sonucunda pekişecektir. Buna karşın,  $\sigma_{kr}^*$  üstündeki değerlerde cisim, daima kırılma noktalarının bulunduğu direnç düşümü eğrisine (yorulma karakteristiğine) erişeceğinden belirli bir süre sonra kırılma görülecektir.

Zamanın yeterince uzun seçilmesi halinde pekleşme eğrisi ile çok yavaş yükleme eğrisi birbirleriyle çakışmak zorundadır. Grafikte görüldüğü gibi üç karakteristik eğri arasında kalan alan, taşın zamana, deformasyona ve tek eksenli gerilme koşullarına bağlı olarak alabileceği tüm davranışların bulunduğu bölgeyi tanımlamaktadır.

Fakat, 1. ve 2. şekillerdeki diyagramlar zamanın etkisini göstermediğinden bu durum, üç boyutlu bir  $\sigma - \epsilon - \lg t$  diyagramı ile belirtilmeye çalışılmıştır (Şekil. 3-4).



Şekil. 3.4. —  $\sigma - \epsilon - \lg t$  Diyagramında Taşın Davranış Karakteri.

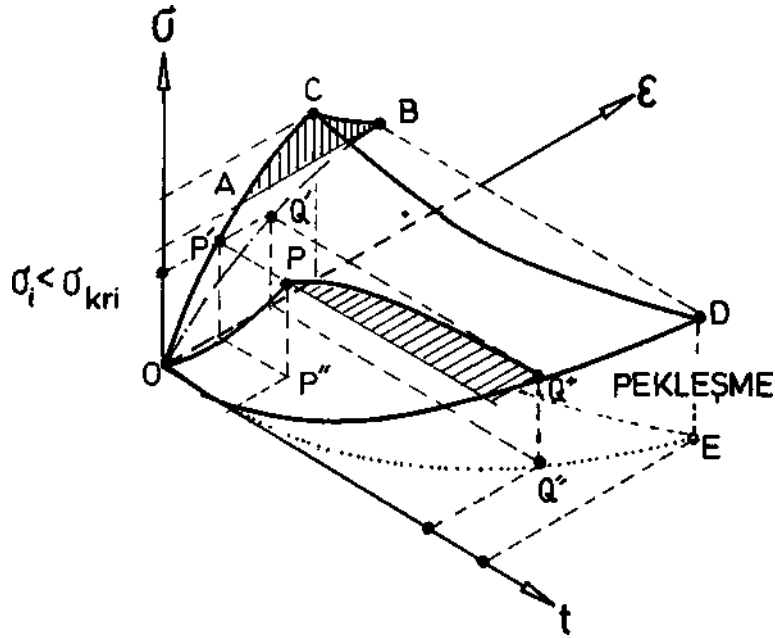
Kayanın reolojik davranışında zamanın etkisinin logaritmik bir bağıntı ile ifade edilebileceği yine deneyler ve gözlemler sonucu bilinmektedir (Lauffer, 1958; Lama, 1973). işte bu nedenle, zaman eksenini logaritmik değerler alacak biçimde bölümlendirilmiştir.

Kaya gerilmelere ve zamana bağlı olarak lineer olmayan deformasyon değişimleri gösterir. Cismin herhangi bir durumdaki davranışı

$$\sigma = \Psi (\mathbf{E}, \varepsilon, t) \text{ olacak şekilde}$$

$\sigma - \varepsilon - \lg t$  uzayında yer alan bir noktadır (Şekil. 3 - 4).

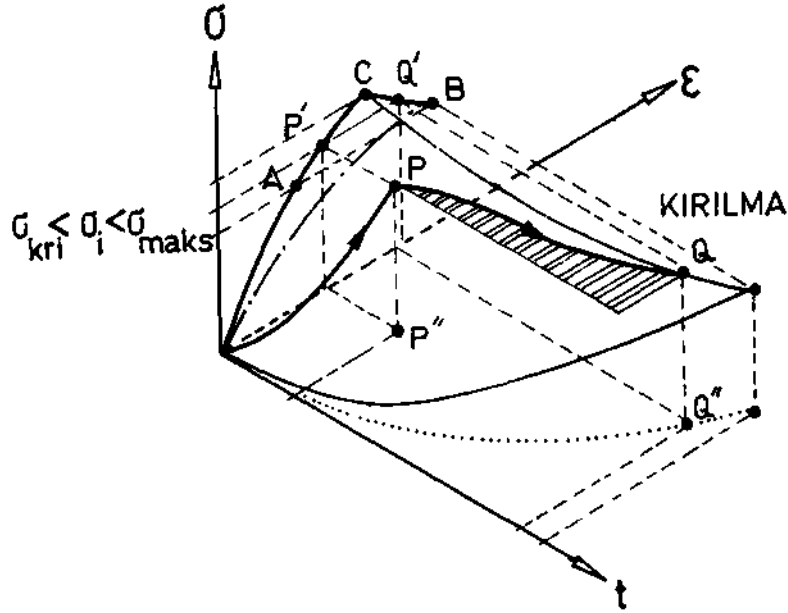
Zamanın ve deformasyonun bir fonksiyonu olarak gözükten  $\sigma - \Psi (\varepsilon, t)$  eğrileri,  $\sigma - \varepsilon$  düzlemi ve FEDC ile OED eğik yüzeyleri arasında kalan ODC kıvrık yüzeyi üzerinde bulunurlar,  $\sigma < \sigma_{kri}$  olacak şekildeki  $\sigma = \Psi (\varepsilon, t)$  eğrileri zamanla bir pekişme meydana geleceği için güvenli bölgede yer alırlar (Şekil. 5).  $\Delta\sigma/\Delta t$  ile zorlanan bu cisim önce eğrinin OP kolunu çizer ve  $\sigma = \text{sabit}$  tutulduk-



Şekil 5 — Taşın Pekleşme Akması.

tan sonra pekişme noktası olan Q ya varır. Bu her iki eğri kolu-  
nun  $a - E$  düzlemindeki izdüşümleri  $O, P$  ve  $Q$  noktalarından geçer.  
Buradaki gerilme durumu kritik gerilmenin altında bulunduğu  
için, taş yorulma karakteristiğine varamaz ve bir süre sonra kırıl-  
maksızın pekişir.

$a > a_{kn}$  değerlerini alan  $\sigma = \gamma(\epsilon, t)$  eğrileri ise pekişme sı-  
nırına değil yorulma karakteristiğine doğru yönelerek taşı bir sü-  
re sonra kırılmağa zorlarlar (Şekil. 6).



Şekil. 6 — Taşın Yenilme Akması.

### 3. TAŞ - KAYA İLİŞKİSİ

Süreksiz ortamlarda; (Diskontinuum) gerilme - dağılımının,  
çatlak cisimlerinin birinden ötekine aktarılırken homojen kalma-  
dığı; gerilme akılarının şiddet ve yönlerinin değişmelere uğradığı  
bilinmektedir. Bunun nedenleri arasında; birbirlerine komşu çatlak  
cisimlerinin süreksizlik yüzeylerinde farklı pürüzlülüklerin bu-  
lunması ve bu nedenle yüzeylerin birbirlerine ancak belirli nokta-

larda değmesi de vardır. Gerilmeler bu toplam dokanak yüzeylerinden iletildiği ve bu dokanak alanı genel süreksizlik yüzeyinden çok daha küçük olduğu için, bu kesimlerde büyük gerilme yoğunlaşmaları, dolayısıyla daha büyük deformasyonlar, plastikleşmeler ve kırılmalar meydana gelecektir. Monolitik (Tek cisim ortamı - taş) ortamda kırılma dirençlerinin çok altında bulunan yükleme değerleri, böylece polilitik (çok cisim ortamı = kaya) ortamlarda kırılmalara neden olabilecektir.

Çatlak cisimleri içindeki gerilme dağılımların, teker teker ele alındıklarında büyük farklılıklar gösterirler. Buna karşılık, böyle bir «çok cisim ortamı»nın tümündeki gerilme dağılımı incelenecek olursa, burada gerilmelerin monolitik ortamlardakine benzer, homojen bir dağılım gösterdiği anlaşılır. Buradan çıkarılacak önemli sonuç şudur :

Kaya ortamı içindeki genel gerilme dağılımını belirlemeğe yaran fiziksel ve matematik modellerde sürekli ortam mekaniği - belirli sınır koşulları içinde - tutarlı bir mühendislik yaklaşımı verecektir. Ancak, özel bölgelerin davranışlarının araştırılması sırasında, diskontinuum (süreksiz ortam) mekaniğinin devreye sokulması zorunlu olmaktadır.

Yine süreksizlik yüzeylerindeki pürüzlülüklerin türü ve bunların çatlak cisminin boyutlarına olan oranı da kayanın kırılma direncine etkimektedir. Çatlak cismi küçüldükçe pürüzlülüklerin çentik etkisi artmakta, kırıklar çatlak cismi içinde kolayca ilerleyerek, bunları hızla parçalayabilmekte ve dolayısıyla kayanın basınç dirençlerinde önemli azalmalar görülmektedir.

Süreksizlik yüzeylerine yakın bölgelerin, çatlak cisminin ortasındaki kısımlara göre, önceden daha fazla zorlanmış olması, bu bölgelerin direncinin azalmasına neden olmaktadır. Çatlak cismi küçüldükçe, bu önceden zorlanmış bölgenin toplam hacimdeki oranı artmakta, bunun sonucu olarak da «çok parçalılık» arttıkça giderek daha düşük kaya dirençleri elde edilmektedir.

Özetle; kaya yapısı içindeki toplam çatlak cismi sayısı, o kaya yapısının yük taşıma direncini belirleyen doku parametrelerinin en önemlilerinden biri olmak zorundadır.

Kayanın en belirgin davranış özelliklerinin başında, onun kırılmadan sonra da daha düşük olmakla birlikte yeni yükleri taşı-



yabilmesidir. Bu özelliğin kaya yapıları mekaniğinde çok büyük önemi vardır. Kaya yapısı hiçbir zaman bir tek «kırılma süreci» içinde geçmez. Kaya yapısının, zamana bağlı olarak, çok sayıdaki kırılmalarla taşıma direncinde azalmalar görülür, fakat bu asla tümüyle kaybolmaz. Aşırı kırıklanmış bir kayanın ulaşabileceği en düşük taşıma direnci, aynı malzemedeki oluşan bir «ayrık zemin» in taşıma direncidir ve bu nedenledir ki, kayanın daima zeminden daha iyi bir temel olduğu inşaat mühendislerince kabul edilir. Fakat çoğu kez kayayı ve zemini oluşturan malzemenin aynı olması ve kaya dokusunun fay ve büyük kırıklar gibi süreksizlik içermesi gereği nedense gözden kaçırılır...

Böylece, kayanın zamana bağlı deformasyon davranışını belirleyebilmek için;

- a) önce taşın madde özellikleri belirlenecek ve taşın  $a - E - 1$  bağıntıları saptanacak,
- b) Sonra kayanın doku özellikleri belirlenecek,
- c) Kayanın  $a - e - 1$  (reolojik) özellikleri bulunacak ve nihayet,
- d) Kayadaki primer (ilkel) gerilme durumu ve dağılımı saptanacaktır.

Boşluğun açılmasından sonra, boşluk çevresinde oluşan yeni gerilme ve deformasyon durumları, ilkel gerilmelerin, boşluk boyutunun ve şeklinin, kayanın mekanik özelliklerinin ve zamanın bir fonksiyonudur.

#### 4. KAYANIN KAZIDAN SONRAKİ DEFORMASYON DAVRANIŞI

Kaya ideal - elastik davranışlı bir malzeme olsaydı, ikincil (sekunder) gerilme - deformasyon durumunun kazının tamamlanmasıyla birlikte son şeklini alması gerekirdi. Oysa, arazide yapılan ölçümler boşluk dolayındaki deformasyonların, zamana bağlı olarak ve farklı hızlarda geliştiğini göstermektedir. Bu ikincil gerilme ve deformasyon durumunun, bilinen bir primer gerilme durumundan hareketle, zamana bağlı olarak bulunması ve kontrol altında tu-

tulması, kaya yapılan mekaniğinin en önemli çalışma alanlarından birini oluşturmaktadır.

Araştırmalar, (Vardar, 1977), bu ikincil durum oluşumunun başlıca üç «hareketlilik türü» ile belirlenebileceğini ortaya koymaktadır.

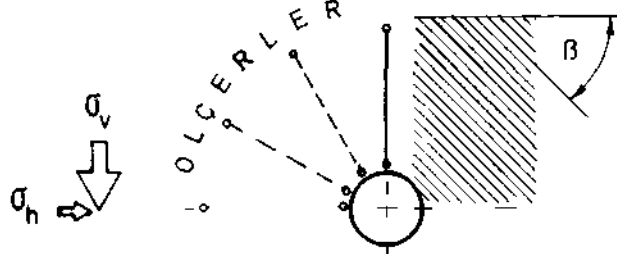
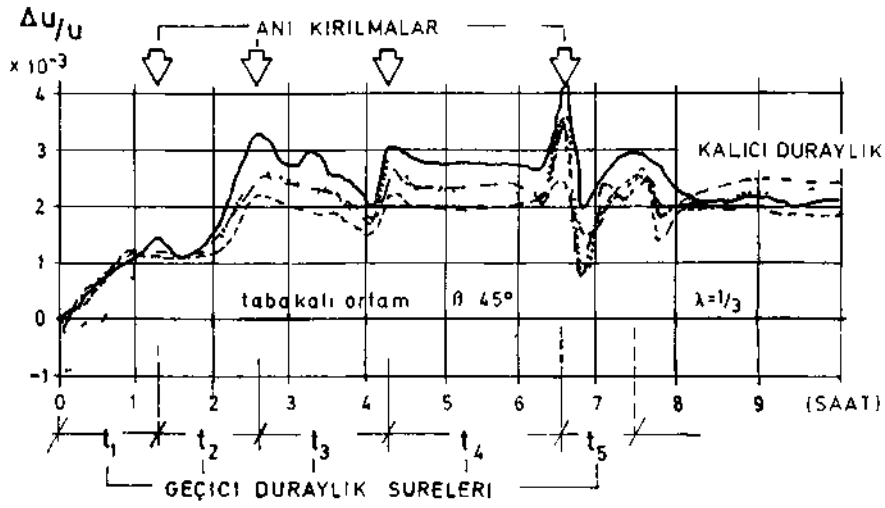
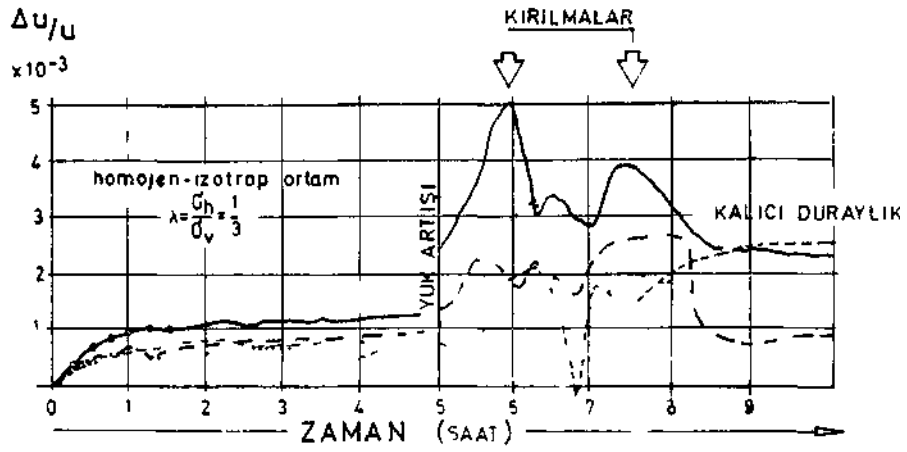
- 1) Kaya içinde kırılma olmaksızın deformasyonların zamanla sönümlenmesi ile sonuçlanan «pekleşme hareketliliği»
- 2) Belirli zaman aralıklarında ani kırılma ve akma olaylarıyla birbirini izleyen ve zamanla sönümlenen «denetlenebilen hareketlilik»
- 3) Kaya yapısının tümüyle kırılarak çökmesi ile sonuçlanan, çok sayıdaki, ani ve giderek sıklaşan deformasyon artışlarına bağlı «güvensiz hareketlilik»

Bu amaçla; kaya içine yerleştirilen deformasyon ölçerlerden (örneğin tek veya çokkatlı ekstansometreler) zamana bağlı deformasyon değişimlerini okumak mümkün olmaktadır.

Şekil. 7'de, benzetim modelleri içinde ölçülen değerlerin yer aldığı grafikler görülmektedir. Bu deneyler sırasında, marnlı kireçtaşlarının davranışının yansıtılabilmesi için, önce benzer bir model malzemesi geliştirilmiş, daha sonra doğal gerilme ortamına uygun düşecek şekilde hazırlanan model yüklenmiş ve bu yükler altında kazı yapılarak, sekonder durumun oluşumu, 4 ayrı doğrultuda yerleştirilen deformasyon ölçerlerden gözlenmiştir. Aynı araştırma içinde, kırıkların oluşumu ve gelişimi, optik ve akustik yöntemlerle, zamana bağlı olarak belirlenmiştir.

Deneylerden alınan bu sonuçların, arazide yapılan ölçmelerle büyük benzerlik gösterdiği saptanmaktadır. Nitekim, Frankfurt metrosunda kaya içine yerleştirilen ekstansometrelerde, zamana bağlı olarak artan ve azalan deformasyon hızları ölçülmüştür (Sauer ve Jonuscheit, 1975).

Madencilikte de kırılma ve deformasyon değişimlerinin zamana bağlı olarak geliştiği, gözlenen ve yakından tanınan önemli bir özelliktir (Jonuscheit, 1975).



Şekil. 7 — Sabit primer (ilkel) gerilmeler altında boşluk açılmasından sonra oluşan ikincil (sekonder) gerilme durumunun, zamana bağlı olarak gelişimi (Model Deneyler; Vardar, 1973).

## 5. BASKILI KAYALARDA İKİNCİL DURUM OLUŞUMU

Bu bölümde; gözlem ve ölçmeler sonucunda saptanabilen ve önceki bölümde «ikincil durum oluşumu» olarak nitelendirilen bu hareketli «yaşayan faz» nedenleriyle açıklanmağa çalışılmaktadır. Madenlerde açılan boşlukların duraylıgına (stabilitesine) doğrudan ve birinci derecede etkiyen gerilmeler, boşluk duvarını çevreleyen teğetsel gerilmelerdir. Kaya bu zorlamaların ( $a_8$ ) şiddetine bağlı olarak farklı davranışlar gösterir, ikincil gerilme durumunun oluşumu sırasında görülen bu etkin gerilmenin değeri, eğer kayanın kritik kalıcı direncinden ( $a_{kn}$ ) daha küçük ise, kaya yapısı «sağlam» dır. (Müller, 1963; Egger, 1973). Bu takdirde, kaya belirli bir deformasyon sürecinden sonra, hiç bir sağlamlaştırma önlemi gerektirmeksizin, dengeli konuma kendi kendine ulaşacaktır.

Hemen ve/veya zamana bağlı kırılma ve gevşemelerin görülebilmesi için, teğetsel gerilme şiddetinin kayanın kalıcı direncini aşması gerekir. Bu durumda «baskılı kaya»dan sözedilir.

Oluşan teğetsel gerilmelerin kayanın ani kırılma direncini ( $S_{maks}$ ) aşması halinde, ( $a_0 > r_{maks}$ ) bölgesinde gecikmeksizin akma ve kırılmalar sonuçlanır ve boşluk dolaylı plastikleşerek gevşer. Bu bölgeyi çevreleyen ( $0 < r_{maks}$ ) bölgesinde ise ( $a_{kn} < a_0 < O_{maks}$ ) etkidiğinden kaya yapısı zamana bağlı olarak deforme olur ve gevşer.

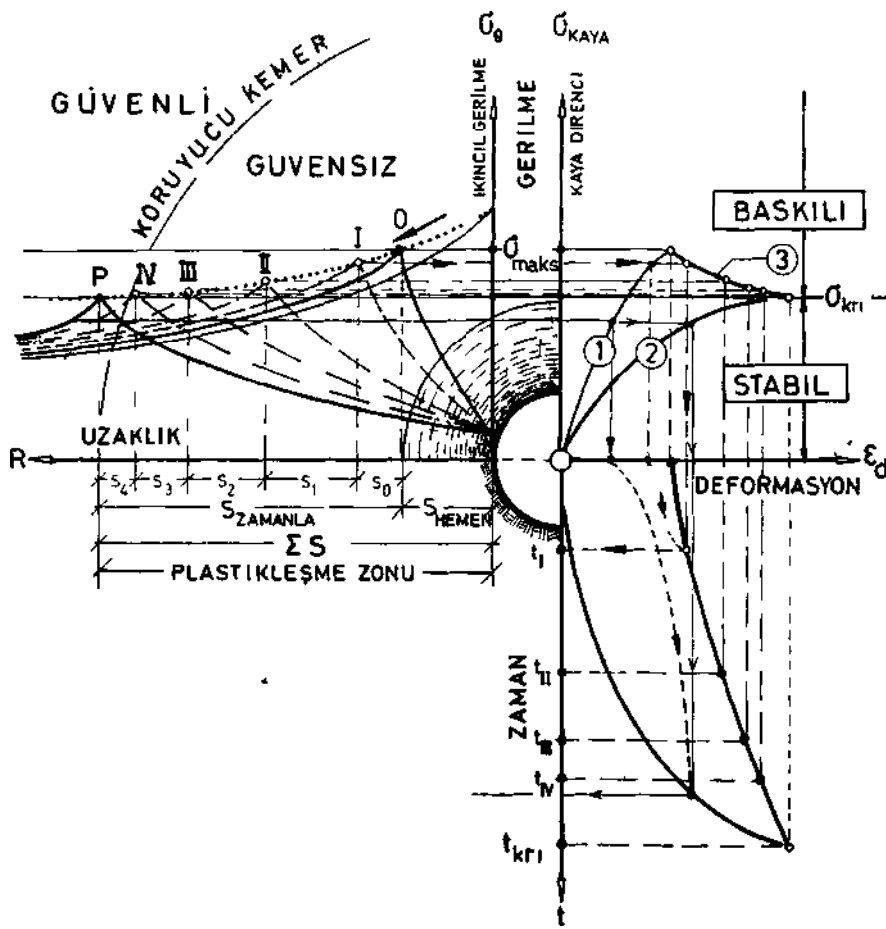
Bu olaylar 3 aşamada meydana gelir : (Şekil. 8).

1. Aşama : (Aldatıcı gerilme kemerlenmesi)

Kazı sonrasında, ani gevşeme bölgesini çevreleyen kısım, teğetsel gerilmelerin etkisi altında sıkışır.  $a_{kn}$  üzerindeki gerilmeler altında zamana bağlı olarak kırılma emri (!) almış olan kesim, sünmeye ve giderek kırılma direncini kaybetmeğe başlar. Bu sırada kaya içinde çekme ve kesme çatlakları gelişir. Bunun dışındaki bölgelerde ise, hiçbir kırılma ve akma olmaksızın zamanla pekleşme görülecektir.

2. Aşama : (Dinamik, sıçramalı kırılma devresi)

Gerilmeler altında, geçici ve aldatıcı bir kemerlenme oluşan bölge içindeki herhangi bir kesimin kırılması, bu zonun tamamının aniden kırılarak, gevşemesine ve taşıma direncinin azalma-



Şekil. S — Zamana ve kayanın taşıma direncine bağlı olarak ikincil gerilme durumunun oluşumu ve duraylık ilkeleri (Vardar, 1977).

sına neden olur. Böylece etkin gerilmelerin yoğunluk noktaları, boşluk dolayından uzaklaşarak daha içerilere kayar. Bu durumda, gerilmelerin uç değerleri, gevşeme bölgeleri taşıma dirençlerinin belli bir bölümünü hâlâ koruduklarından, giderek azalır. Aynı ilkelerle; bu sıçramalı, kırılma bölgeleri oluşumu, gerilme uçlarının  $a_M$  altına düşmesine kadar sürer gider. . Boşluğun çevresi, üst üste geçen gevşeme halkalarıyla donanır.

3. Aşama : (Kalıcı koruyucu kemerin oluşumu gerçek gerilme kemerlenmesi)

Gerilme değerlerinin  $\sigma_{kri}$ 'nin altına düşmesinden sonra, bu bölgelerde «pekleşme süreci» başlar. Statik denge tümüyle kuruluncaya kadar, gerilme ve deformasyonları homojenleştirici bir kararlı hareketlilik göze çarpar.

Ve boşluğu çevreleyen, çok sayıdaki plastik bölge halkalarının üzerini, yüksek gerilmeleri taşıyabilen bir koruyucu kemer sarmıştır artık... (Şekil. 8).

## 6. SONUÇ -TENİBİR ANLAYIŞ

Wiesmann - Trampeter zonu olarak geçen yüzyılın sonlarından beri (1899) farkına varılan, 1909'dan bu yana Wiesmann'm «koruyucu örtü teorisi» (Schutz - hüllentheorie) olarak bilinen ve Leon'un mükemmel deneylerinde daha 1910 - 1912'lerde gözlenebilmiş olan bu gerilme kemerlenmesi anlayışı daha sonraları nedense yaygılaşmamıştır. Rothpletz (1918), Maillard (1923), Andrae (1925) 'nin çabaları da genellikle Alpler bölgesinde sıkışıp kalmış, uzun süre ne madencilik, ne de inşaat mühendisliği dalında kendine taraftar bulamamıştır. Konuya matematiksel çözümler sunmak üzere önce yabancı bulunan, Schmid (1926), ve Fenner (1938)'in yaklaşımları, sonraları Kastner (1948 ve 1962)'in elinde yeniden güncellik kazanmıştır.

Oysa «Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi» adı altında Rabcewicz ve Müller (1961) tarafından uzun uğraşılardan sonra yeniden sağlam bir temele oturtulan bu anlayış, günümüzde tünel inşaatının da çok ötesinde madencilik konularını da içine alan bir «kaya yapıları statığı» şekline dönüşmektedir.

Bu bildiriye tanıtılan en belirgin yenilik, kayacın reolojik özelliklerine bağlı olan «Rabcewicz zaman faktörü»nün, koruyucu zonu oluşumundaki öneminin vurgulanmasıdır.

İkinci önemli nokta kurcalanınca «doğanın nabzı»nın attığıdır. Boşluk çevresindeki gevşeme ve plastikleşme olayı, hep sürekli ortam mantığına dayandırıldığı gibi, yavaş yavaş sonsuza değin ilerleyeceği varsayılan bir olgu değildir. Çünkü bilim mantığında

da, yalnızca sürekliliğin geçerli olduğuna ilişkin hiç bir aksiyon bulunmamaktadır ve bilindiği gibi; uzunayaklarda, üretim galerilerinde, tünellerde karşılaşılan kaya patlamaları, kavlaklanmalar kırılma ve dökülmeler, çoğun birdenbire ortaya çıkan ve belirli aralıklarla yinelendikten sonra sönümlenen olaylardır.

Böylece; Wiesmann'm koruyucu örtü teorisi, ikincil durumun oluşum mekanizmasının açıklanmasıyla yeni bir görünüm kazanmaktadır. (Vardar, 1977). Hatta, bu üstüste geçen halkaların herbirinin içindeki gerilme dağılımı da ele alındığında; son denge durumu için, boşluğu çevreleyen konsantrik gerilme uçlarından bile sözedilebilmektedir : (Sauer, 1976). Apayrı malzeme, deney ve ölçüm düzenleriyle benzer bulguların kazanılmış olması, son yılların ilginç gelişmelerinden biridir.

Bu yeni anlayışın sonucu ve gereği olarak; artık ikincil gerilme durumu için, bir tek statik hesaplama ile yetinilememekte, değişik zaman noktaları için, adım adım ve çok sayıda duraylık analizleri yapılmaktadır.

Kayanın reolojik davranış göstermesi nedeniyle,, madencilikte ve kaya yapıları mekaniğinde artık bir «duraylık durumu»ndan değil, «duraylıklar oluşumu»ndan söz etmek gerekir. Çünkü son dengeli durum, teker teker ele alınarak incelenebilen duraylık halkalarının birbirine eklenmesiyle meydana gelmektedir.

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- EGGER, P. (1973, Einfluß des Post-Failure - Verhaltens von Fels auf den Tunnelbau unter besonderer Berücksichtigung des Ankerbaus. Inst. Boden und Felsmech. Uni. K'he Heft 57.
- JAKOBI, O. (1976), Praxis der Gebirgsbeherrschung Verlag Glückauf, Essen.
- LAMA, R.D. (1974), The Uniaxial Compressive Strength of a Jointed Rock Mass. Festschrift L. Müller - Salzburg (pp. 67 - 78).
- MÜLLER, L. (1970), Der Einfluß von Klüftung und Schichtung auf die Trompeter - Wiesmann'sche Zone, 10. Ländertreffen des Int. Büros für Gebirgsmechanik. Akademie - Verlag Berlin.
- MÜLLER, L., G. SAUER ve M. VARDAR (1978), Dreidimensionale Spannungsumlagerungs - prozesse im Bereich der Ortsbrust. Rock Mechanics, Suppl. 7,67 - 85.

- RABCEWICZ, E.V. (1965), Die neue österreichische Tunnelbauweise Der Bauingenieur, 40. Jg. Heft 8. S. 289 - 296. August.
- SAUER, G. (1976), Spannungsumlagerung und Oberflächensenkung beim Vortrieb von Tunneln mit geringer Überdeckung. Inst. Boden und Felsmech. Uni. Klie Heft 67.
- VARDAR, M. (1977), Zeiteinfluß auf das Bruchverhalten des Gebirges in der Umgebung von Tunneln. Inst. Boden und Felsm. Uni. Klie Heft 72.