

Dik Yatımlı Tabakalardan Müteşekkil Bir Kaya Kütlesi İçine Açılmış Enine Kesiti Dairevi ve Eliptik Olan Galerilerin Yakınındaki Gerilme Dağılımı Hakkında

Yazan :

Ivan TRİFONOV MINTCHEV *

Çeviren :

Erhan TİMUR **

ÖZET :

Bu makalede, dik yatımlı tabakalardan müteşekkil tabakalı bir kaya kütlesi içinde açılmış, dairevi, elliptik olarak enine kesitli yeraltı koyusu galerilerin yakınında kaya kütlesinin gerilme durumu inceleniyor. Tabakaların ortotropinin asal doğrultuların yönleri ile ortotropik olduğu farz olunuyor. Çeşitli tabakalar içinde kuyu ve galerinin çevresi üzerindeki noktalar için ve kütlenin keyfi bir noktası için gerilme bUeşenJterinin cebrik ifadeleri veriliyor, tzotrop Mf kaya, kütlesi için gerilmelerin ifadeleri özel bir hal olarak çıkarılmıştır.

Haya kütlesi yataya nazaran 30° lik bir eğime malik ve iki adet değişik fiziksel ve mekanik özelliklere sahip, alternatif olarak değişen tabakadan müteşekkil olduğu zaman, çevre gerilmelerinin tayini için nümerik bir misâli veriyor.

RÉSUMÉ :

Dane cet article on traite l'état de tension d'un massif de roche à proximité des galeries, et des puits souterrains à section transversale elliptique et circulaire, creusées dans un massif de roche stratifié à pente abrupte des couches. On suppose que Des couches sont orthotropes et que la direction principes de orthotropis ont une même orientation. On y donne les expressions algébriques des composants des tensions pour un point arbitraire du massif et pour des points du contour des galeries et des puits dans des couches différentes. Les expressions des tensions pour un massif de roche isotrope sont déduites comme un cas particulier.

On y donne encore un exemple numérique de la détermination des tensions contour, quand le massif est composé de couches à double alternance, ayant une inclinaison de 30 degré par rapport à l'horizon et des propriétés physico - mécaniques différentes.

Önceki bir çalışmada [1], pratik hale getirilmiş dairevi ve elliptik kesitli bir galerinin yakınında yatay olarak tabakalaşmış bir kaya kütlesinin gerilme durumunu teorik olarak etüd etmiştik. Deneysel olarak, optik polarizasyon metodu ile; eğik, yatak ve düşey tabakalardan müteşekkil bir kaya kütlesi içinde

açılmış galeri hali için izokrom çizgileri elde edildi.

Bu çalışmada ortaya koyduğumuz konu; bu gerilme durumuna bağlı maden galerilerinin stabilitesi için dik eğimli tabakalardan müteşekkil bir kaya kütlesi içine açılmış enine kesiti dairevi ve elliptik olan bir galerinin yakınındaki gerilme durumunun etüdüdür. Düşey ve yatay bir tabakalaşma durumu ancak Özel bir haldir.

* Prof., (agrégé) Dr. tng. r. chr. Smlrnenski 54, B. Sofia Bulgaria.

** Maden Y. Müh. DSİ Yeraltısulan Da. Başkanlığı Kaya Mek. F. H. Müdürü Ankara.

1. TEMEL DENKLEMLER VE ŞARTLAR :

Galerinin kaya kütlesinin yüzeyinin altında derinde yatay bir doğrultuda açılmış, yakınındaki gerilme dağılımı üzerine olan etkisinin yer yüzüne kadar erişmemiş olduğunu farz ettik. Bundan başka, kendi aralarındaki kaymaları ortadan kaldırmak için tabakaların kapalı bir halde olduğu kabul olundu. Tabakaların malzemesine gelince, deneysel araştırmaların gösterdiği gibi [3], tabakalaşma düzlemi üzerinde paralel ve dik asal doğrultularda transtrop ve ortotrop olarak düşündük. Nmayet, kaya kütlesinin galeri boyutlarına nazaran küçük, çeşitli kalınlarda n adet tabaka ihtiva ettiğini farz ettik.

Yukarıda kabul ettiğimiz şartlar içinde tahkimatsız galerilerinin yakınında gerilmeleri tayin etmek için /galeri eksenine dik olarak almış, kaya kütlesinin bir (Z - ±0,5) kalınlığındaki düşey bir tabakanın elastik dengesini etüd ediyoruz ve indirgenmiş katsayılar metodunu uyguluyoruz.

Galeri şeklinde bir açıklığı (boşluğu) olan bir tabakanın elastik dengesi bir deformasyon plânı şartı altında etüd edilecek, bu şart zemîn içinde verilmiştir (W = sabit).

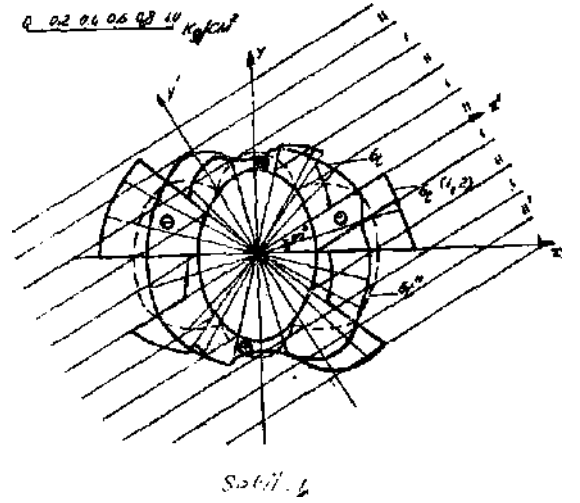
İndirgenmiş kat sayılar metodunun uygulanmasından dolayı, deformasyon indirgenmiş katsayılara sahip homojen ortotrop bir ortam olarak heterojen tabakalaşmış bir kaya kütlesini nazarı itibare alıyoruz. Homojen bir ortamda gerilmenin indirgenmiş bileşenleri eskiden tayin edilmiş, tabakalaşmış kaya kütlesinin münferit olarak tabakalarında gerilmelerin tayini için metod ortaya koyuluyor. Çalışmalarımıza [1] basitçe tekrar dönmek ganesi ile, münferit olarak tabakalar içinde gerilme ve deformasyonun indirgenmiş temel denklemlerinin dedüksiyon detayları ile vakit kaybetmeyeceğiz. Dairevî ve elliptik bir galeri haline İndirgenmiş formüllerin basit uygulaması ile yetineceğiz.

2. ELLİPTİK BİR GALERİ ÇEVRESİNDE GERİLMELERİN TAYİNİ :

Gerilmelerin indirgenmiş bileşenleri, enine elliptik kesitli tahkimatsız galerilerin çev-

resi boyunca olduğu kadar, kaya kütlesinin içinde de, galerinin açılmasından önce mevcut olan esas gerilmenin ve galerinin açılması sonucunda hasıl olan ilâve gerilmelerin toplamı olarak tayin edilecektir.

Galerinin yakınındaki gerilme alanı düşey olarak etki yapan kütlenin özgül ağırlığının sonucudur ve yatay yöndeki yanal basınç katsayısı, indirgenmiş ortotrop ortamın asal yönleri esas koordinat sistemine nazaran bir ip açısı kadar döndürülmüştür (Şekil 1), Bu, a,, deformasyonun indirgenmiş katsayılarının değeri üzerine bir etki yapar ve asal doğrultular içinde bilinmesi şartıyla, koordinat sistemlerine nazaran daima tayin edilebilir.



Gerilmelerin ilâve bileşenleri karakteristik denklemin köklerine tabidir. Biz bu kökleri asal doğrultulara nazaran S'_{xi} ve S' ile tayin etmek istiyoruz. Kökler isterse çeşitli kompleks sayılar, İster çeşitli imajiner sayılar, ister eşit imajiner sayılar olsun [2].

Ellipsin parametrik denklemi aşağıdaki şekli aldığından bununla kıyas ederek kutupsal koordinatlar ile çözmek usulü uygundur :

$$x = a \cos v$$

$$y = b \sin v$$

Ara hesapların hepsini bir yana bırakarak, biz galeri çevresi boyunca genel olarak İndirgenmiş gerilme bileşenleri için aşağıdaki denklemi elde edeceğiz.

$$\sigma_z = -\frac{Q}{\sin^2 \nu + \lambda^2 \cos^2 \nu} \left[\lambda^2 \cos^2 \nu + k_1 \sin^2 \nu + \frac{E_z^{(k)} \sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i E_z^{(k)}} \lambda^2 \cos^2 \nu + 2 \lambda^2 \sin^2 \nu \cos^2 \nu \right] \sigma_z ;$$

$$+ Re \left[\frac{A}{B} (iC + iD + iE + F + G) \right] ;$$

$$\sigma_x = -k_2 Q + \frac{E_{xz}}{\sin^2 \nu + \lambda^2 \cos^2 \nu} \left(\frac{\mu_{xz}}{E_{xz}} \sin^2 \nu + \frac{E_z^{(k)} \sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i E_z^{(k)}} \sigma_x \right) ;$$

$$+ \frac{\mu_{xy}}{E_{yy}} \lambda^2 \cos^2 \nu \sigma_x ;$$

$$(i = 1, 2, \dots, n).$$

$$\left(\lambda = \frac{b}{a}, Q = \gamma t k_i \right)$$

$$E_{xx} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i E_z^{(i)}}{\sum_{i=1}^n t_i}, \quad E_{yy} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{E_y^{(i)}}} ;$$

$$E_{zz} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i E_z^{(i)}}{\sum_{i=1}^n t_i},$$

$$\mu_{xz} = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{xz}^{(i)} t_i E_z^{(i)}}{\sum_{i=1}^n t_i E_z^{(i)}} ; \quad \mu_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{xy}^{(i)} t_i E_z^{(i)}}{\sum_{i=1}^n t_i E_z^{(i)}}.$$

E, ν kaysayıları eşit poisson katsayıları olan iki izotrop tabakann alternasyon şartıyla aşağıdaki şekilde olurlar.

$$E_{xx} = E_{zz} = \frac{E_x^{(1)} t_1 + t_2 E_x^{(2)}}{t_1 + t_2} ; \quad E_{yy} = \frac{t_1 + t_2}{\frac{t_1}{E_y^{(1)}} + \frac{t_2}{E_y^{(2)}}} ;$$

$$\mu_{xz} = \frac{\mu_{xz}^{(1)} t_1 E_x^{(1)} + \mu_{xz}^{(2)} t_2 E_x^{(2)}}{t_1 E_x^{(1)} + t_2 E_x^{(2)}} ;$$

$$\mu_{xy} = \frac{\mu_{xy}^{(1)} t_1 E_x^{(1)} E_y^{(2)} + \mu_{xy}^{(2)} t_2 E_x^{(2)} E_y^{(1)}}{(t_1 + t_2) E_y^{(1)} E_y^{(2)}} \quad (7)$$

Eğer kütlelin etüd edilmiş zonu, çeşitli ortotropik tabakaların keyfi olarak sayısını İhtiva ediyorsa, her tabaka içindeki gerilme, zaten kompleks olan aşağıda verilen formüller yardımıyla tayin edilebilir.

O halde, etüd edilen pnbblem bir deformasyon plâni şartı altında, aşağıdaki formüllerini kullanarak üçüncü doğrultu içinde, Hook'un genelleştirilmiş kanununa göre gerilme tayin edilebilir.

Buradaki A, B, ... G'nin değerleri

$$A = \varepsilon'' (\cos \varphi - s_1 \sin \varphi) (\cos \varphi - s_2 \sin \varphi), \quad (3)$$

$$B = [(\cos \varphi - s_1 \sin \varphi) \sin \nu - (s_1 \cos \varphi + \sin \varphi) \lambda \cos \nu] \cdot [(\cos \varphi - s_2 \sin \varphi) \sin \nu - (s_2 \cos \varphi + \sin \varphi) \lambda \cos \nu],$$

$$C = \frac{(s_1 \cos \varphi + \sin \varphi) (s_2 \cos \varphi + \sin \varphi)}{(\cos \varphi - s_1 \sin \varphi) (\cos \varphi - s_2 \sin \varphi)} \sin^2 \nu ;$$

$$D = \left[1 - 2 \frac{(s_1 \cos \varphi + \sin \varphi) (s_2 \cos \varphi + \sin \varphi)}{(\cos \varphi - s_1 \sin \varphi) (\cos \varphi - s_2 \sin \varphi)} \lambda^2 \sin \nu \cos^2 \nu \right] ;$$

$$E = \left(\frac{s_1 \cos \varphi + \sin \varphi}{\cos \varphi - s_1 \sin \varphi} + \frac{s_2 \cos \varphi + \sin \varphi}{\cos \varphi - s_2 \sin \varphi} \right) \lambda^2 \cos^2 \nu,$$

$$F = \left(\frac{s_1 \cos \varphi + \sin \varphi}{\cos \varphi - s_1 \sin \varphi} + \frac{s_2 \cos \varphi + \sin \varphi}{\cos \varphi - s_2 \sin \varphi} \right) k_1 \lambda \sin^2 \nu,$$

$$G = \left[2 - \frac{(s_1 \cos \varphi + \sin \varphi) (s_2 \cos \varphi + \sin \varphi)}{(\cos \varphi - s_1 \sin \varphi) (\cos \varphi - s_2 \sin \varphi)} \right] \left(\lambda \sin^2 \nu \cos \nu + \lambda^2 \cos^3 \nu \right) k_1 \lambda.$$

Araya giren a, fi, y ve S parametreleri aşağıdaki transformasyon formülleri ise S/ S₂' den elde edilen S₁ ve S_a kompleks parametrelerinin İmajiner ve reel kısımlarıdır [2].

$$s_k = \frac{s_k' \cos \varphi + \sin \varphi}{\cos \varphi - s_k' \sin \varphi}$$

$$(k = 1, 2)$$

Elliptik galerinin çevresi boyunca her tabaka içindeki gerilmeler için, indirgenmiş katsayılar metodu sebebiyle aşağıdaki değerler bulunur.

$$\sigma_z^{(k)} = \frac{1}{(\sin^2 \nu + \lambda^2 \cos^2 \nu)^2} \left[\sin^2 \nu + \right.$$

$$\sigma_r = -k_2 Q + \lambda E_{rr} Re \left[\left(-\frac{\mu_{11}}{E_{11}} s_1^2 - \frac{\delta_{11}}{E_{11}} \right) \frac{\theta_1(z)}{\omega_1(z)} + \left(-\frac{\mu_{22}}{E_{22}} s_2^2 - \frac{\mu_{21}}{E_{21}} \right) \frac{\theta_2'(z)}{\omega_2'(z)} \right] \quad (8)$$

Burada E_{xx} , E_{yy} , E_{zz} , μ_{xx} ve μ_{xy} indirgenmiş elastisite ve poisson katsayılarıdır.

Ortotrop bir ortam içinde yanal basınç katsayıları aşağıdaki formüllere göre tayin edilmiştir [1].

$$k_1 = \frac{a_{13} a_{23} - a_{12} a_{33}}{a_{11} a_{33} - a_{13}^2}, \quad (9)$$

$$k_2 = \frac{a_{12} a_{13} - a_{11} a_{23}}{a_{11} a_{33} - a_{13}^2}$$

Eğer $\varphi = 0$; $\varphi = \frac{\pi}{2}$ konursa, tabakalaşma yatay ve düşey olduğu zaman gerilmeler için ifadeler elde olunacaktır.

Yatay bir tabakalaşmada, çevre gerilmesi için ifadeler aşağıdaki şekli alır :

$$\sigma_r = -\frac{Q}{\sin^2 \nu + \lambda^2 \cos^2 \nu} \left\{ (\lambda^2 \cos^2 \nu + k_1 \sin^2 \nu) + Re \left[\frac{e^{i\nu}}{(\sin \nu - s_1 \lambda \cos \nu)(\sin \nu - s_2 \lambda \cos \nu)} \left\{ i [s_1 s_2 \sin^2 \nu - (1 - 2 s_1 s_2) \lambda^2 \sin \nu \cos^2 \nu + (s_1 + s_2) \lambda^2 \cos^3 \nu] + k_1 \lambda [(s_1 + s_2) \sin^2 \nu + (2 - s_1 s_2) \lambda \sin^2 \nu \cos \nu + \lambda^2 \cos^3 \nu] \right\} \right] \right\} \quad (10)$$

Düşey bir tabakalaşma halinde çevresel gerilme aşağıdaki gibidir.

$$\sigma_r = -\frac{Q}{\sin^2 \nu + \lambda^2 \cos^2 \nu} \left\{ (\lambda^2 \cos^2 \nu + k_1 \sin^2 \nu) + Re \left[\frac{s_1 s_2 e^{i\nu}}{(-s_1 \sin \nu - \lambda \cos \nu)(-s_2 \sin \nu - \lambda \cos \nu)} \left\{ i \left[\frac{\sin^3 \nu}{s_1 s_2} - \left(1 - \frac{2}{s_1 s_2} \right) \lambda^2 \cos^2 \nu \sin \nu - \left(\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} \right) \lambda^2 \cos^3 \nu - k_1 \lambda \left(\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} \right) \sin^2 \nu + \left(2 - \frac{1}{s_1 s_2} \right) \lambda \sin^2 \nu \cos \nu + \lambda^2 \cos^3 \nu \right] \right\} \right] \right\} \quad (11)$$

3. DAİREVİ BİR GALERİ İÇİNDE ÇEVRESEL GERİLMELERİN TAYİNİ :

Galeri enine dairevi kesitli olduğu zaman; eliptik galeri halinde veya kütesinin teker tabakaları içinde ve bahsolunmuş ortam içindeki gerilmeler için bulunmuş ifadelerden hareket ederek gerilmeler bulunabilir. Bu halde elliptik hal için geçerli bütün formüllerde $A = 1$; ve $\nu = 0$ konulacaktır.

Böylece bahsolunan çevresel gerilme elde olunur.

$$\sigma_r = -Q \left\{ (\cos^2 \theta + k_1 \sin^2 \theta) + Re \left[\frac{A}{B} (C + D + E + F + G) \right] \right\} \quad (12)$$

Burada A, B, C, D, E, G — Bak (2); $\lambda = 1$, $\nu = \theta$

Her tabaka içindeki gerilmeler için aşağıdaki ifadeler elde olunur.

$$\sigma_r^{(n)} = (\sin^2 \theta + \frac{E_i \sum_{i=1}^n E_i r_i}{\sum_{i=1}^n E_i r_i} \cos^2 \theta + 2 \sin^2 \theta \cos^2 \theta) \sigma_r, \quad n > 0 \quad (13)$$

Ancak özel haller olan, tabakalaşma yatay veya düşey olduğu zaman, gerilmeler için, bu halde dahi ifadeler hesap edilebilir.

$$\sigma_r = -Q \left\{ (\cos^2 \theta + k_1 \sin^2 \theta) + Re \left[\frac{e^{i\theta}}{(\sin \theta - s_1 \cos \theta)(\sin \theta - s_2 \cos \theta)} \left\{ i [s_1 s_2 \sin^2 \theta - (1 - 2 s_1 s_2) \sin \theta \cos^2 \theta + (s_1 + s_2) \cos^3 \theta] + k_1 [(s_1 + s_2) \sin^2 \theta + (2 - s_1 s_2) \sin^2 \theta \cos \theta + \cos^3 \theta] \right\} \right] \right\} \quad (14)$$

Düşey bir tabakalaşma halinde,

$$\sigma_r = -Q \left\{ (\cos^2 \theta + k_1 \sin^2 \theta) + Re \left[\frac{s_1 s_2 e^{i\theta}}{(-s_1 \sin \theta - \cos \theta)(-s_2 \sin \theta - \cos \theta)} \left\{ i \left[\frac{\sin^2 \theta}{s_1 s_2} - \left(1 - \frac{2}{s_1 s_2} \right) \sin \theta \cos^2 \theta - \left(\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} \right) \cos^3 \theta - k_1 \left(\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2} \right) \sin^2 \theta + \left(2 - \frac{1}{s_1 s_2} \right) \sin^2 \theta \cos \theta + \cos^3 \theta \right] \right\} \right] \right\} \quad (15)$$

Elde ettiğimiz, dairevi ve elliptik bir galeri içinde çevresel gerilmeler için formüllerle istinat ederek, her tabaka için teknik modülleri ve yataya nazaran tabakaların eğimi 30° nin altında olması halinde nümerik bir misal veriyoruz.

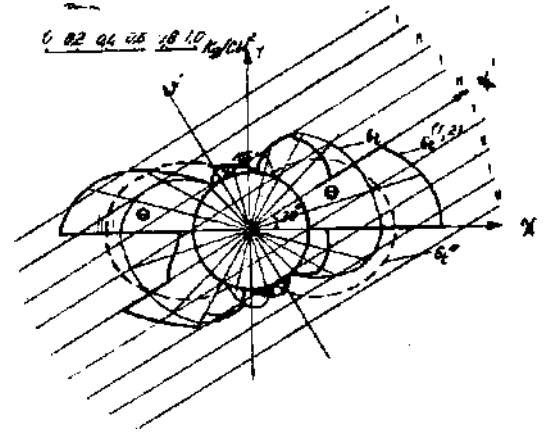
$$E_1 = 75 \text{ « » / CMS } E_2 = M0 \text{ / CMS}, (\nu_1 = \nu_2 = 0,3, \\ h = \% = 3$$

a, ϵ y 8 elastik sabitleri ve kompleks parametreler aşağıdaki değerleri alırlar.

$$s_1 = -0,725 + i 1,145, s_2 = 0,095 + i 0,935, \lambda = 1,5, k_1 = \\ = 0,334, \alpha = -0,725, \beta = 1,145, \gamma = 0,095, \delta = 0,935$$

Dairevi bir galeri için tablo II içinde, elliptik bir galeri için tablo I içinde gerilmelerin hesaplarının tayin edilmiş sonuçları özetlenmiştir, şekil 1 ve 2 de tekabül eden gerilme diyagramları kütle izotrop ve ortotrop bir ortam olduğu zaman, bir mukayese yap-

mak için çevresel gerilme diyagramları da verilmiştir. İzotrop bir ortam halindeki formüller, aşağıdaki formüllerden dedüksiyon ile (Bak çalışmamız [1]) özel hal olarak ele edilmiştir.



Seh,

TABLO : I

No.	Θ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
1	σ_t	-1,840	-1,780	-1,800	-1,660	-1,890	-0,902	-0,236
2	$\sigma_t^{(1)}$	-3,345	-3,120	-2,950	-2,045	-1,430	-0,920	-0,236
3	$\sigma_t^{(2)}$	-0,357	-0,395	-0,685	-1,155	-1,355	-0,920	-0,236
4	$\sigma_t^{(n)}$	-2,180	-2,150	-1,945	-1,165	-0,115	+0,360	+0,405
No.	Θ	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
1	σ_t	-0,660	-1,640	-1,840	-1,720	-1,860	-1,840	
2	$\sigma_t^{(1)}$	-0,636	-2,180	-2,930	-2,980	-3,330	-3,330	
3	$\sigma_t^{(2)}$	-0,620	-1,130	-0,810	-0,536	-0,402	-0,357	
4	$\sigma_t^{(n)}$	+0,360	-0,015	-1,169	-1,945	-2,150	-2,180	

TABLO : II

No.	Θ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
1	σ_t	-2,450	-2,425	-2,206	-1,967	-1,026	-1,110	+0,110
2	$\sigma_t^{(1)}$	-4,440	-4,130	-3,220	-2,400	-1,710	-1,116	+0,110
3	$\sigma_t^{(2)}$	-0,472	-0,721	-1,125	-1,575	-1,545	-1,110	+0,110
4	$\sigma_t^{(n)}$	-2,850	-2,623	-1,973	-1,168	-0,215	+0,322	+0,550
No.	Θ	105°	120°	135°	150°	165°	180°	
1	σ_t	+0,306	+0,365	-0,353	-1,410	-2,195	-2,450	
2	$\sigma_t^{(1)}$	+0,306	+0,384	-0,425	-2,060	-3,740	-4,440	
3	$\sigma_t^{(2)}$	+0,306	+0,347	-0,282	-0,770	-0,652	-0,472	
4	$\sigma_t^{(n)}$	+0,322	-0,215	-1,168	-1,973	-2,623	-2,850	

SONUÇLAR :

Yataya nazaran keyfi bir durumda açılmış, tahkimatin elliptik ve dairevî bir galeri için çevresel gerilme diyagramlar ve elde edilmiş nümerik değerlere İstinat ederek aşağıdaki sonuçları :

1 — Tabakalaşmış bir kütle içine açılmış dairevi ve elliptik bir galeri içinde çevresel normal gerilme diyagramı ortamın mekanik ve fizik özelliklerinin değişimleri seviyelerinde ani sıçrayıştı bir manzara gösterir, bu tabakaların kontak yerleridir. Sıçramanın büyüklüğü her tabaka için elastisite modüllerinin farkına tabidir. Bu farkın büyüklüğü derecesinde, gerilme diyagramı üzerinde sıçramalar karşılıklı olarak artar.

2 — Eğer kaya kütlesi anizotrop veya izotrop ortogonal bir ortam ise çevresel gerilme diyagramı devamlı değişimi bir eğri şeklinde görülür.

3 — Tabakalı bir kaya kütlesi halinde, çevresel gerilmeler, mukavemetleri daha belirli özellikli tabakalar içinde konsantre olurlar; Bu, zayıf kayalarda açılmış maden galerilerinin biraz artmış stabilitesini izah eder.

4 — Genel kaide olarak, galerinin açılmış olduğu derinliğe göre, galeri anahtarında, ta-

banında gerilme kuvvetlerinin muayyen bölgeleri kapsadıkları teyid edilebilir. Kaya külesini gerilme kuvvetlerine karşı az dirençli bir madde olarak kabul edip, tahkimatsız galerinin çevresi boyunca kayanın yıkılmasının tezahürü gerilme kuvvetlerin bulunduğu bölgede kendini belli edinceye kadar beklenebilir.

5 — Galerinin enine kesitinin daha stabil olduğu şekil çevresi boyunca gerilme kuvvetlerinin bulunmadığı şekildir. Galerinin enine kesitinin elliptik şekil statik bakımdan daha stabldır.

(Bu tebliğ Uluslararası 1. kaya mekaniği kongresine verilmiştir, cilt II, S. 465).

REFERANSLAR

- [1] MİNTCHEV I. T. : Über den Spaonungszustand in einem geschichteten Gebirge um Grubenbaue mit elliptischem, kreisformigfem und trapesformigem Querschnitt, Berich über das 3 Lendertreffen, des internationalen Buros für Gebirgsmechanik, DAW zu Berlin, Internationales Büro für Gebirge mechanik.
- [2] LECHNÎTZKI, S. G. : Teorija uprugosti anisotropnogo tela, Gostechisdat Moskva 1950.
- [3] SONTAG, G.: Der Einfluss der Anisotropis auf die Beanspruchung des Gebirges In der Umgetoung Von Stollen, Z. Bauing. 1958, Heft 9 und 9.