

# *Yeni Avusturya Yöntemi İle Tünel Açımında Tahkimat Sisteminin Boyutlandırma Esasları*

Prof. Dr. L.v. RABCEWICZ  
Y. Müh. J. GOLSEB  
(Water Power, Mart 19\*73) '

Çeviren :  
MERAN PAKEL(\*)

## YAZIDA KULLANILAN NÖTASTONLAR

$r$	: Açılan boşluğun yarıçapı	$b$	: Kayma düzlemi ile belirlenen Eğik-Kayıcı 20nun yüksekliği
$R$	: Plastik zonun yarıçapı	$d$	: Kaplama kalınlığı
$\Delta r$	: Radyal deformasyon	$e, t$	: Bulonlar arasındaki mesafeler
$\sigma_0$	: İlk veya ön basınç şartları	$s$	: Kayma düzlemi uzunluğu
$\sigma_s$	: Tektonik basınçlar	$w$	: Taşıyıcı kemer genişliği
$\sigma^0$	: Ar-O değerine karşı gelen radyal baskı değeri	$\sigma_{qd}$	: Kayanın asal basınç mukavemeti
$\sigma^0_r$	: Ar=0 değerine karşı gelen teğetsel baskı değeri	$c$	: Kayacın kohezyonu
$\sigma^0_r$	: r-Ar değerine karşı gelen radyal baskı değeri	$\varphi$	: tçsel sürtünme açısı
$\sigma^0_t$	: r-Ar değerine karşı gelen teğetsel baskı değeri	$\tau^s$	: Kaplama malzemesinin kesme mukavemeti
$P^s_t$	: Püskürtme beton mukavemeti	$\tau^{s*}$	: Demir teçhizatın kesme mukavemeti
$P^s_r$	: Döşenen demir mukavemeti	$E^{st}$	: Kullanılan demir teçhizatın elastisite modülü
$P^R_t$	: Kaya kemerleşme mukavemeti	$E^s$	: Kaplama malzemesinin elastisite modülü
$P^s_t$	: Bulon mukavemeti	$\alpha^s$	: Kaplama malzemesinin kayma açısı
$P^w_t$	: Toplam tahkimat kapasitesi		: Santimetre kare olarak bir metre tünele karşı gelen demir donatı alanı
		$F^{st}$	
		$f^{st}$	: Bulonların alanı

(\*) Maden Yüksek Mühendisi

- $a^{st}$  : Bulon çeliğinin akma sınırı
- $s$  : Kayanın kesme mukavemeti
- $r$
- $v_n^R$  : Kayma düzlemindeki normal basıncın mukavemeti
- $a$  : Kayaçtaki kayma açısı
- $\Upsilon$  : Kayma düzlemi ortalama açısı
- $3$  : Bulonların eğimi
- $s$  : Emniyet Faktörü
- $e$  : Çimento (Enjeksiyonu) ile kayaç arasındaki sürtünme açısı
- $a$  : Çimento ile kayaç arasındaki adhezyon

## 1. GİRİŞ

Son on sene içinde Avusturya ve diğer yörelerde kazanılan tünel açma deneyimi özellikle çürük taş ve zeminlerde «Yeni Avusturya Yönteminin» diğer yöntemlere oranla yararlı olduğunu kanıtlamıştır.

Yeni Avusturya yöntemi tamamen zeminin kendisini taşıması prensibi üzerine dayanmaktadır. Açılan bir boşlukta, boşluğu çevreleyen yan taşlarda ortaya çıkan yeni kuvvetlerin dikkatle ve uygun olarak yeniden uyarlanması işlemi ve kuvvetlerin kontrolü ile buna bağlı olarak seçilen tahkimatın uygulanması bu yöntemin ana dayanakları olmaktadır. Koruyucu tahkimat adını alan ilk tahkimat, yapıyı veya zemini dengelemek üzere projelendirilmiş olup hareketli veya kayıcı çelikten bir dış yaydır. Zemini taşımak üzere sistematik tertiplenmiş kaya bulonları ile genellikle püskürtme beton veya beton kaplama ve invert betonu ile kaplanan yüzey korumunu tahkimatın diğer bölümünü oluşturmaktadır. Koruyucu tahkimatla çevresel kayaçlar arasında sistemin uygulanması sırasındaki davranışlar mantıksal bir ölçü sistemi ile kontrol edilmelidir. Tahkimatın ikinci aşamasında, beton iç kemer meydana getirilmeden önce, taşıyıcı dış kemerin dengeye ulaşmış olması-

na dikkat edilmelidir. Bu iç kemerin amacı emniyet faktörlerini arttırmak veya gerekli emniyeti yaratmaktır.

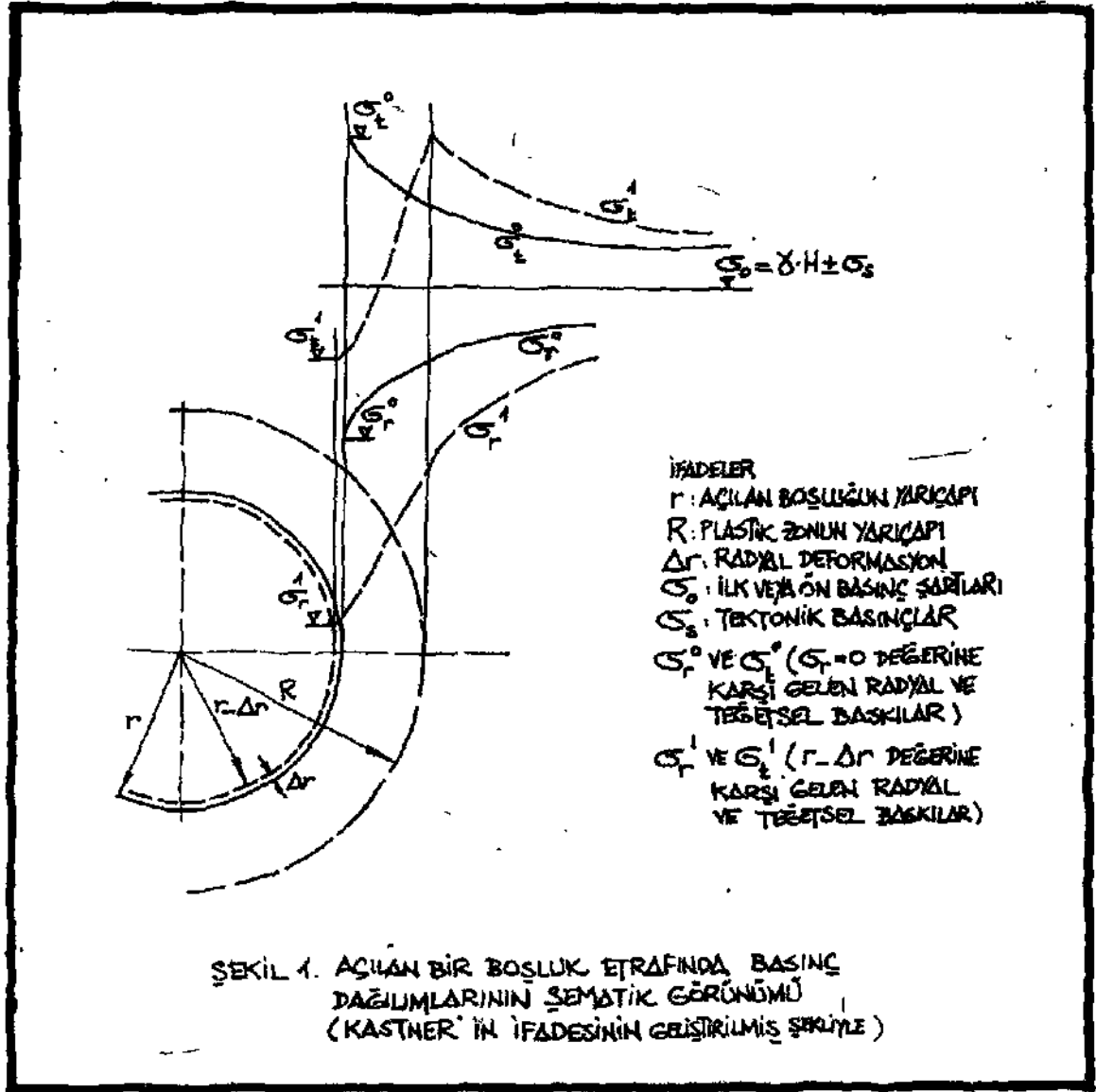
## 2. STANDART VEYA ANA KESİTLERİN PROJELENDİRİLMESİ

Bir projede dokümanlara göre ana kesitleri planlayabilmek ve düzenleyebilmek için tahkimatın farklı cins kayaçlardaki gerekli taşıma kapasitelerinin bilinmesi zorunludur. Şekil 2'de görüldüğü gibi dış halkanın taşıma kapasitesi  $ar/Ar$  eğrisi ile tayin edilir. Bu eğri ilk basınç şartları (Arazi Basınçları) ve kayaç cinsi için karakteristiktir. İyi bilindiği gibi, açılan boşlukta sınır zonunun artmasına müsaade edildiği takdirde dış baskıya karşı dengeyi sağlayacak gerekli  $p^o$  radyal basınç

kuvveti düşecek ve sürekli olarak bir plastik zon oluşmaya başlayacaktır. (Şekil 1). Bir kural olarak çok süratle meydana gelen bu oluşmada karşı basınç kuvvetinin düşme oranı ön basınç şartları ( $a_o$ ) ile kayacın içsel sürtünme açısının ( $\epsilon p$ ) fonksiyonudur (Şekil 2).  $o_f$  ile  $p_t$  eğrilerinin kesim noktasında gerekli tahkimat direncine ulaşılarak denge kurulmuş olacaktır.

Yeni Avusturya yönteminin bir özelliği olarak bu kesişme daima eğrinin azalan tarafında devam edecektir, örneğin, herhangi bir nedenle tahkimat görev yapmazsa ilave bir kuvvet harcamadan yeni bir denge bu kesişme noktasının daha alt noktalarında kendiliğinden oluşacaktır. Ancak bu nokta Şekil 2 de belirtilen  $*_r$  eğrisinin minimum noktası (B) nün altına düşmemelidir. Bu noktada  $p_t$  minimum olup göçme başlar.

öte yandan konvansiyonel yöntemlerde kesişme noktası daima  $a_r$  eğrisinin daima yükselen tarafında yer almaktadır. Herhangi bir uyumsuzlukta kesişme noktası sağa kayacak ve tahkimat gereksinmesi artacaktır. Bunun için tahkimat yapısının ilk taşıma kapasitesi üzerine çıktığı için yeniden arttırılması gerekecektir.



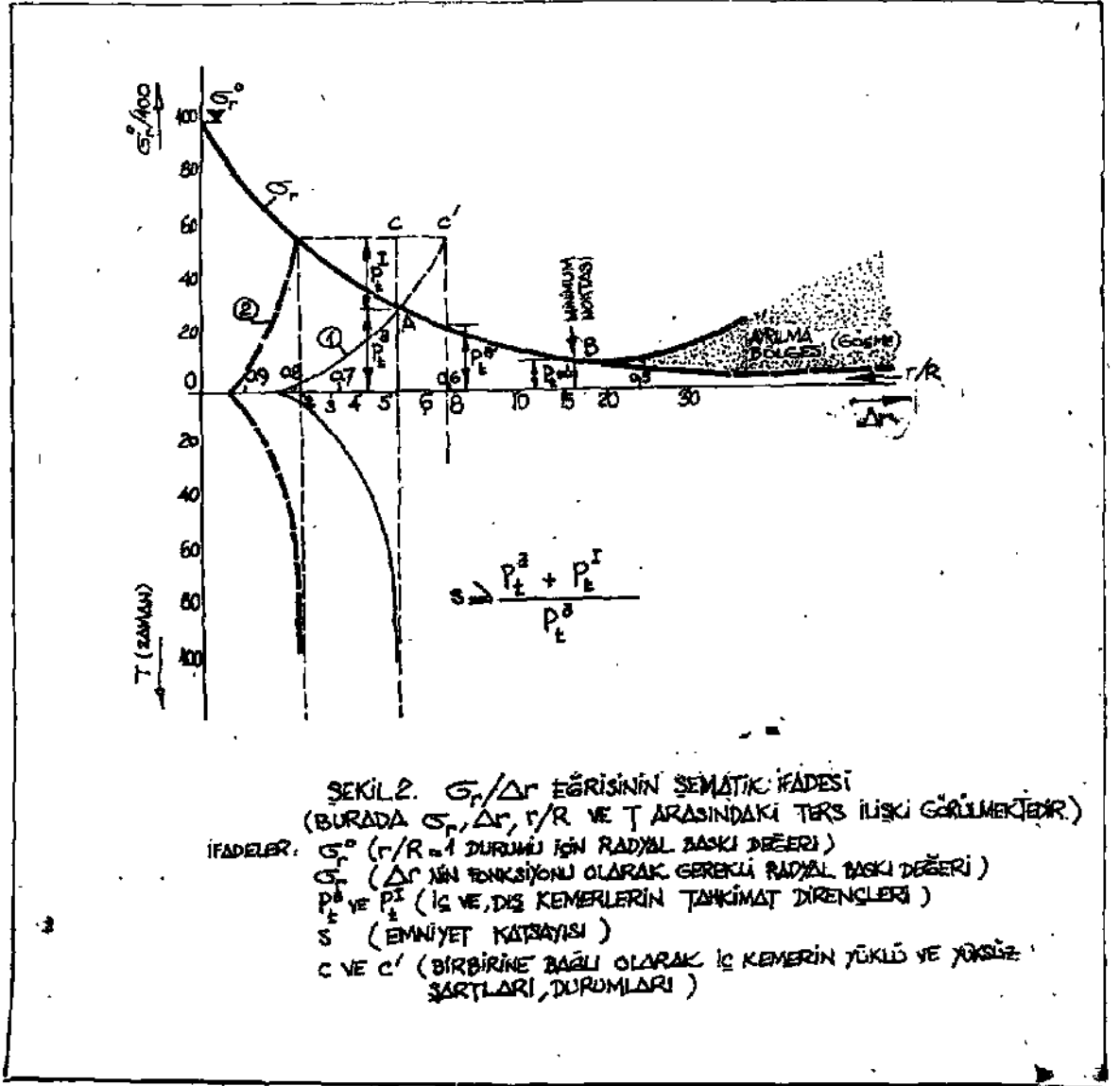
Zeminin kesme ve basınç kuvvetlerini taşıyamayacağı belirlendiği açık kink ve çatlakların olduğu durumda «Ayrılma»nın zararlı ve tehlikeli olduğu kabul edilir. Ayrışan kütlelerin ağırlığı kaplamaya ek olarak gelir ve serbest kazı alanında bu ayrılma sonucu artma görülür.

$\sigma_r/\sigma_t$  eğrisini çizebilmek için aşağıdaki parametrelerin kurulması gereklidir.

Ana basınçlar yönünde olmak üzere  $\sigma_0$  ön basınç koşulları için içsel sürtünme açısı  $\phi$  ta-

bakalaşmaya paralel ve dik olmak üzere  $\alpha$  basınç kuvveti ve bunlara karşı gelen deformasyon ve elastisite modüllerinin değerleri bilinmelidir. Bu parametreler ölçümle belirlenir. Kazı yöntemi (tam kesit veya yarım kesit) gözönüne alınarak eğri sonlu elemanlar yöntemi ile çizilerek tamamlanır.

Teorik olarak Kastner tarafından verildiği üzere  $\sigma_r = 0$  değeri için  $0^\circ$  değerleri aşağıdaki denklemlerle belirlenmiştir.



$$\sigma_r^0 = \frac{2\sigma_0 - \sigma_{sd}}{\Sigma + 1}$$

$$\Sigma = \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi}$$

$$\sigma_{sd} = \frac{2c}{\tan(45 - \phi/2)}$$

Bu denklemlerde  $c$  : Kohezyonu

( $\phi$  : İçsel sürtünme açısını göstermektedir.

oy nin minimum değeri ise bir yanda

$0^\circ$  m değerine ve diğer yanda jeolojik şartlara bağlı olmaktadır. Aşağıdaki örneklerle bu biraz açıklanabilir.

üzerinde fazla örtü tabakası bulunmayan oldukça kompakt kayaç içinde yeralan bir karayolu tüneline teğetsel çevre gerilmeleri kendi asal gerilmelerini çok az ölçüde etkileyecek ve  $p^{\min}$  çok küçük olacaktır (Kayacın kendini tutabildiği örneğin tabakaların çekiye şekilde kenetlendiği durumlarda).

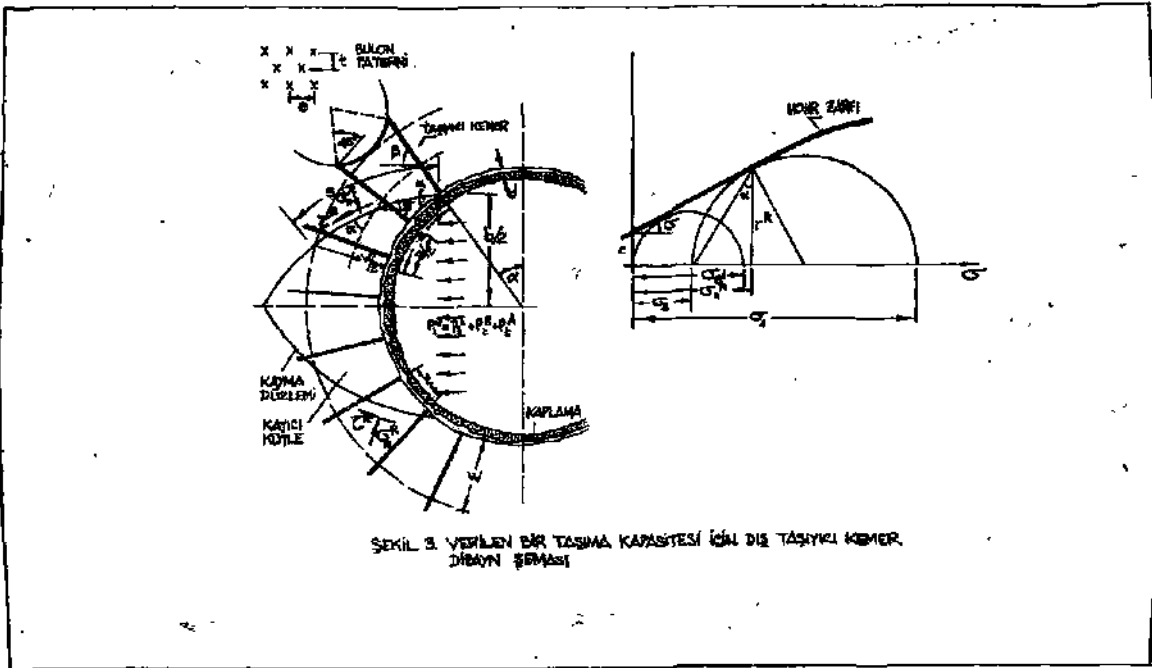
Aynı tip kayaç kaim bir örtü tabakası altında ise bu kez oldukça geniş bir plastik zon açılan boşluğun etrafında oluşacak ve bazı önemli deformasyonlara neden olacaktır. Bu durumda kayaçta değişik metrelerce kadar uzanan kırıklar olacak ve bu nedenle daha yüksek  $p^{min}$  değerini gerektirecektir ve bu değer tabakalarda kenetlenme yerine kırık sistemlerini karşılayacak değere kadar ulaşmalıdır.

Taşıyıcı kemerin, gerekli taşıma kapasitesinin ( $p^s$ ) değeri öyle seçilmelidir ki kabul edilebilir emniyet sınırları içinde olmalı ve maksimum ekonomikliğini sağlamalıdır; Bu nedenlerle  $p^3$  pratik olarak  $p^{inf}$  değerine olanaklar oranında yakını seçilmeli; iç kemer kaplama mukavemetine ( $p^1$ ) ek olarak yeterli bir emniyet katsayısını sağlayabilmelidir.

Dış kemer için örneğin şekil 2 de (2) ile işaretli sağlam bir tahkimat seçilebilir. Bu eğrinin  $a_r$  eğrisi ile kesişmesi emniyet faktörü düzenli olarak düşerken; artan yönde olacaktır.

Projelendirirken  $p^{II}+p'$  toplam mukavemetini  $o^\circ$  değeri kadar yüksek almak herhangi bir durumda gereksizdir, özellikle derin bir örtü tabakasının olduğu durumda  $a^\circ$  değerine yaklaşmak gerçekçi ve uygulamaya uygun bir çözüm olmayacaktır. İç taşıyıcı kemerin minimum taşıma kapasitesi betona uygun kompaktlığı sağlayan en ince kaplama kalınlığı ile tayin edilir. Daha yüksek  $p'$  değeri gerektiğinde kalınlık  $p^B$  ve emniyet faktörüne ( $s$ ) bağlı olarak seçilebilir.

Kaplama malzemesinin mukavemeti (Püskürtme beton, beton vs.) için (Şekil 3)



ŞEKİL 3. VERİLEN BİR TAŞIMA KAPASİTESİ İÇİN DİŞ TAŞIYICI KEMER TASARIM ŞEMASI

$$p_t^s = \frac{d \tau^s}{\sin \alpha^s (b/2)} \text{ olur.}$$

Ek demir çelik hasır vs. Buna ek mukavemet verecektir.

$$p_t^{st} = \frac{F^{st} \cdot \tau^{st}}{\sin \alpha^s (b/2)}$$

Burada

$$\tau^{st} = \frac{\tau^s \cdot E^{st}}{E^s} = 15 \tau^s \text{ (Beton için)}$$

Kaplama mukavemeti ise,

$$p_t^j = p_t^s + p_t^{st} \text{ olur.}$$

Bulon mukavemetine gelince; Bulonlar radyal basınç ile etki etmektedir.

$$p_t^A = \frac{f^m \cdot \sigma_p^{st}}{e \cdot t}$$

$\sigma_3$  baskı değeri ise,

$$\sigma_3 = p_t^s + p_t^{st} + p_t^A \text{ olur.}$$

Morh zarfı yardımı ile kayacın kayma

mukavemeti  $r$  ve kayma açısı  $a$  tayin edilir (Burada asal basınçların kazı alanına paralel ve dik açı yaptığı kabul edilir).

Kayacın taşıyıcı kemerinin taşıma kapasitesi

$$p_t^R = \frac{s \cdot \tau^R \cos \psi}{b/2} - \frac{s \sigma_n^R \sin \psi}{b/2}$$

Açılan boşluğa doğru kayan kütlelerin kaymasına karşı bulonların gösterdiği direnç ise aşağıda gösterilmiştir.

$$p_t^A = \frac{a \cdot f^{st} \cdot \sigma_p^{st} \cos \beta}{e \cdot t (b/2)}$$

Bulonların direncide eklenirse taşıyıcı dış kemerin toplam taşıma kapasitesi

$$p_t^w = p_t^L + p_t^R + p_t^A \geq p_t^{\min}$$

olur.

Yeni Avusturya yönteminin ana tahkimat elemanları ile (püskürtme beton ve bulonlarla meydana getirilen kaya kemeri) hareketin tersine oluşturulan bu tür tahkimat IVfeneyimi bize aşağıdaki bilgileri kazandırmıştır.

(1) Aynı tür kaya ve örtü tabakaları için bağlanacak kütlelerin boyutları ile kazı kesidi arasındaki oran taşman serbest malzemenin boyutları ile kararlaştırılır.

(2) Küçük kesitlerde örneğin (10 -16 M<sup>2</sup>) ve bağlanacak kayaçların boyutlarının, ufak döküntüler; birkaç desimetre küp civarında olduğu durumlarda basit bir püskürtme beton kaplama; yaklaşık olarak  $d = 3 \text{ cm} = 0.017R$  kadar bir kalınlık genellikle tüneli dengeler.

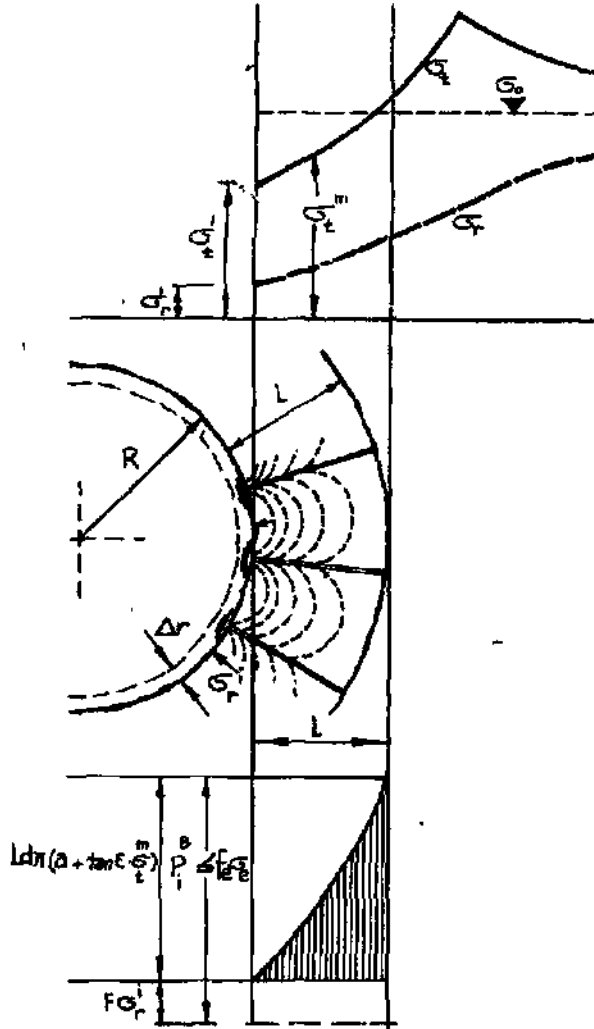
(3) Diğer yandan yeraltı kuvvet sant-railanında olduğu gibi 400 - 600 M<sup>2</sup> açıklık alanlarda; ;ve bu açıklıkta bağlanacak kaya kütlelerinde, kütleler aynen kohezyonsuz kütleler gibi davranacak ve basit bir püskürtme beton kaplama ( $0.017R = 19 \sim 24 \text{ cm}$ ) hiç bir zaman görev yapamayacaktır. Bu durumda sistematik bir bulonlama ile bulonlu kaya kemeri gereklidir.

Ana taşıyıcı elaman olarak görev yapan püskürtme beton kaplama aynı zamanda bulonların çakıldığı bulonlama noktalan arasındaki yüzeyin dengelenmesi özelliğine sahiptir.

$\wedge$  in büyük ve açılan boşluğun (kesidin) geniş olduğu durumlarda ve eğer içsel sürtünme katsayısı ( $\phi$ ) küçükse, püskürtme betona oranla bulonlama çok fazla önem kazanmaktadır.

Bu nedenle bu önemli konunun üzerine bazı ek bilgi ve açıklamalar yapılmasında yarar vardır.

Bilindiği gibi konvansiyonel; en çok kullanılan genişlemeli veya uzamalı bulonlarda zeminin yükünün taşınması plaka yardımı ile yapılmaktadır ve bu nedenle bulon her noktasından gerilmeye çalışmakta ve bu gerilme her noktada aynı olmaktadır.



SEKIL 4 ENJEKSİYONLU BULONLARDA HAREKETİN BİSMİ VE YÜKLERİN SEMATİK GÖSTERİLİŞİ

- İFADELER  $\sigma_r^i$  ( RADYAL ÇEVRE GERİLME KUVVETİ )  
 $\sigma_t^i$  ( TEZİTSEL ÇEVRE MUKAVEMETİ )  
 $\sigma_o = \gamma H$   
 $\sigma_t^m$  ( L KALINLIĞI ÜZERİNDEKİ ORTALAMA TEZİTSEL BASINÇ MUKAVEMETİ )  
 $a$  ( SİMENTO İLE ZETİN ARASINDAKİ ADHESYON )  
 $\epsilon$  ( SİMENTO İLE KAYAÇ ARASINDAKİ SÜRTÜNME AÇISI )  
 $P_1^b$  ( BULONUN KAPLAMA REZİSTANSI )  
 $f_t$  ( BULON ÇEKİMİNİN ALANI )  
 $\sigma_{\phi}$  ( BULON ÇEKİMİ ÇEKİME MUKAVEMETİ )  
 $F, d$  ( PLAKA ALANI, DELİK ÇAPİ )

öte yandan enjeksiyonlu bulonlarda (örneğin perfo veya sn tiplerde olduğu gibi) ana taşıyıcı Özellik enjeksiyonla kayaç arasında oluşturulan bağın; yüzeyle yapılan bağlantının sonucudur. Bu bağ daha çok kayaç yüzeyi ile oluşturulan sürtünme kuvveti ve bunun sonucu ortaya çıkan tegetsel basınç kuvvetleridir. Bulon üzerinde kesme mukavemeti dağılımı ise bulonun ucunda sıfır ve ağız plakasında maksimumdur, ayrıca ek çevre yükleri plaka yerine, yerinde bulonla taşınmış olacaktır (Şekil 4). Bu şekilde kayacın açılan boşluğa doğru hareketi önlenmiş olmakta ve şekilde görüldüğü gibi komşu bulonlar arasında «Etki Kemerleri» yaratılmaktadır.

Bulonların toplam taşıma kapasitesi  $p_t$  analitik olarak aşağıdaki denklemle tanımlanabilir.

$$p_t^B = \hat{d} \cdot n \cdot (a + \tan E \cdot o_m) - f \cdot F_r \cdot a_0$$

Burada,  $F_r$  değeri <vet değerine kadar çıkabilir. Herne kadar gerek uzamalı gerek enjeksiyonlu bulonların taşıma kapasitesi aynı ve kullanılan çelik çekme dayanımı ile sınırlandırılmış olmasına karşın enjeksiyonlu bulonların dengeleme etkisi diğerlerinden iyi ve daha yüksektir.

Yeni Avusturya yönteminde ek bir tahkimat olarak hafif çelik hasırlar kullanılır. Bunlar tor çelik tipinde kanallı kesittedir. Kayaca kırılma noktalarında temas ederek bulonlarla bağlanır.

Hasırların ön görevi tünel personelini düşecek ufak parça ve kavlaklardan korumaktır, ikinci görevi ise yardımcı tahkimat olarak jeolojik zayıf zonlar arasmda si tahkimatı arttırıcı köprü görevidir. Hasırların kaplama direnci içindeki statik dağılımı oldukça düşüktür. Hasırların uzama direnci, oldukça yüksek dirençli püskürtme betonla ters düşmektedir ve bu nedenle püskürtme beton içinde hasır boyunca kılcal çatlaklar deformasyonlar sonucu görülebilir.

### 3. ÖLÇÜM SONUCUNDA KESİN SOYUTLANDIRMA

Yeni Avusturya Tünel açma yönteminde yöntemeye ayrıca bağımsız olarak eklenen ve yöntemin ana özelliği veya yapısı olan önemli konu mantıksal ve dikkatli bir ölçü programı olmaktadır. Deformasyon ve gerilmeler sistematik olarak kontrol edilir. Kayacın cinsine göre tayin edilen sınırlar içinde seçilen tahkimatın karşılayıp karşılamadığı ve ne tür ek tahkimat yapılacağı, demir donatı artımı ve benzeri gereken ekler bu sistematik kontrolla ortaya çıkacaktır. Aşırı boyutlandırılmış bir kaplama durumunda aynı tür veya benzer mekanik özelliklere sahip kayacıarda daha sonra açılacak tünellerin demirdonatı miktarı ve ölçüleri giderek bu ölçmeler sonucu azaltılır.

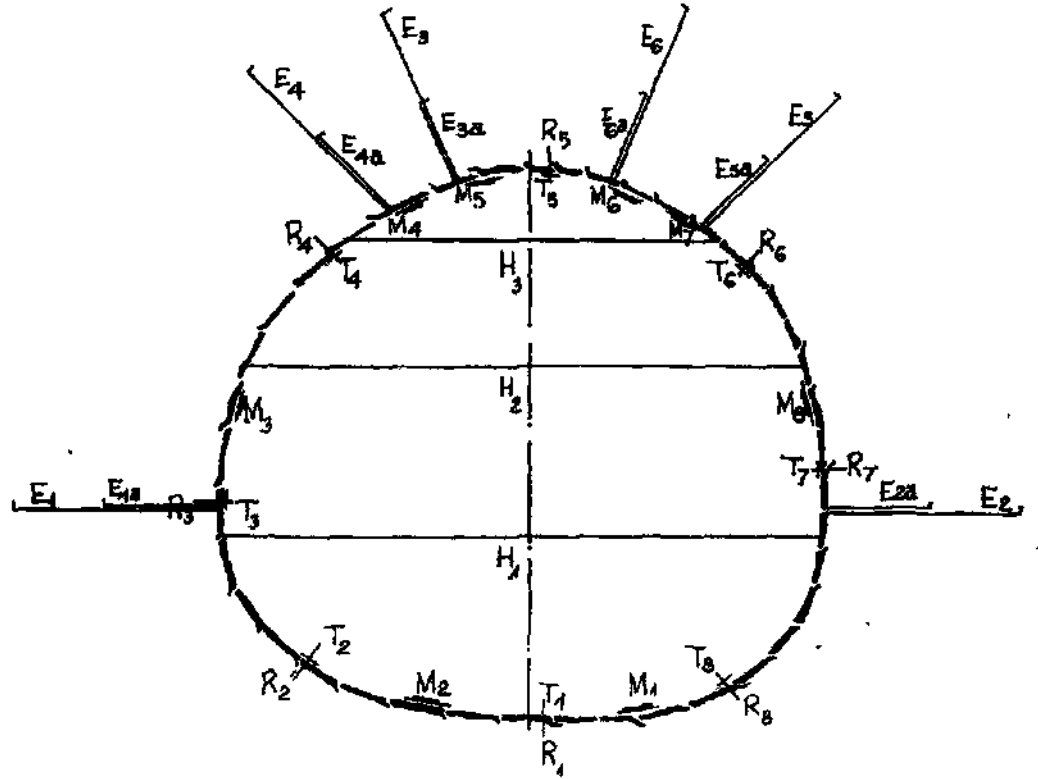
Bir takım bilimsel prensiplere dayandırılarak bu tür amprik boyutlandırmalar aşağıda açıklanacağı şekilde yapılmıştır.

Son yıllarda yeni Avusturya yöntemi ile açılan bir seri önemli tünellerde örneğin Pakistan'daki Tarbela barajı tüneli ve Avusturya'daki Tauern tüneline tatmin edici ve uygun bir ölçü sistemi geliştirilmiştir.

Pratikte kazı esnasında çeşitli iş kademelelerinde dış kemer ve etrafının davranışını kontrol için bir takım ölçü kesitleri seçilir. Bu kesitler jeolojik ve kaya mekaniği yönünden önemli noktalardadır.

Bu kesitlere deformasyonları ölçmek için çift ekstansiyometre ve konverjans Ölçüm aparatları ve ayrıca radyal ve tegetsel basınç ve gerilmeleri Ölçmek için basınç takozları yerleştirilir» İlave olarak tavan ve taban noktaları jeodezik olarak işaretlenir (Şekil 5). Ana ölçü kesitlerinin arasında ilave ölçü istasyonları seçilir. Uygun aralıklarda alınan bu kesitlerde konverjans okumaları ile tavan ve taban noktaları kontrol edilir, ölçünün alınma sıklığı yani ölçüm tekrarında; başlangıçta her iki günde bir (günaşırı) olarak başlanır, deformasyon hızına ve gerilmeler-





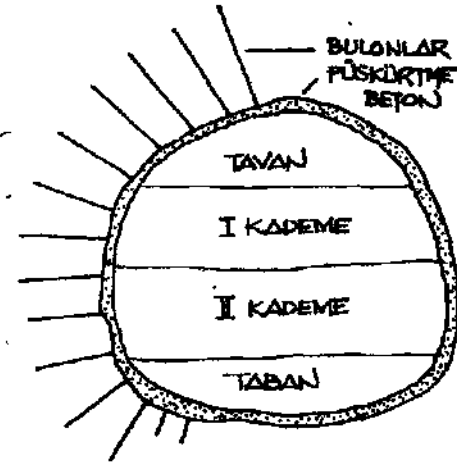
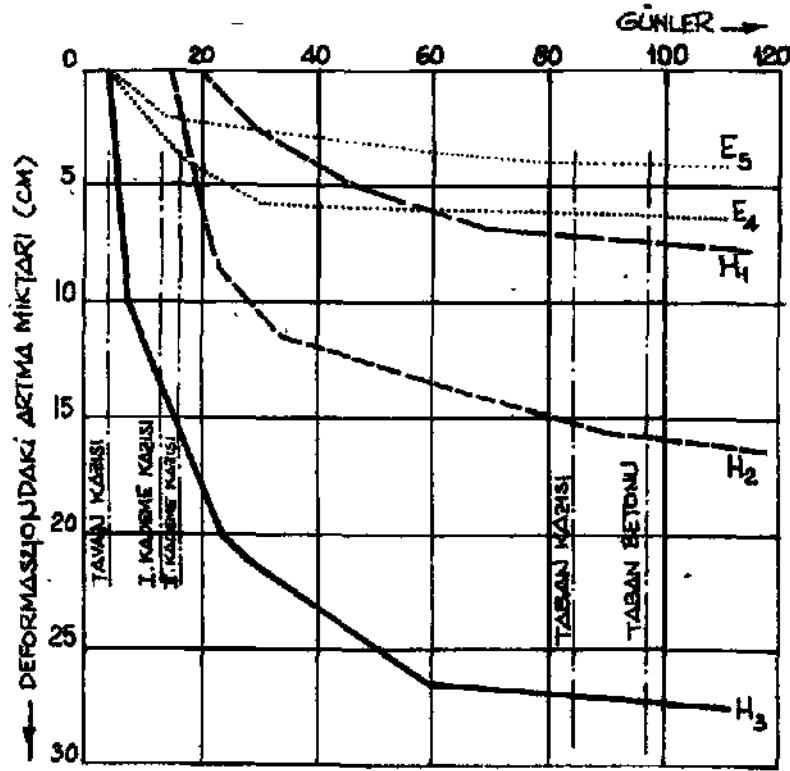
ŞEKİL 5 STANDART ANA ÖLÇÜ KESİT ÖRNEĞİ  
 İFADELER:  $R_1 - R_8$  : RADYAL BASINÇ ÖLÇÜ TAKOZLARI  
 $T_1 - T_8$  : TEĞETSEL BASINÇ ÖLÇÜ TAKOZLARI  
 $H_1, H_2, H_3$  : KONVERJANS ÖLÇÜM SİZGİLERİ  
 $E_1 - E_6$  : UZUN EKSTANSİYOMETRELER  
 $E_{1a} - E_{6a}$  : KISA EKSTANSİYOMETRELER  
 $V_1 - V_3$  : JEODEZİK KONTROL NOKTALARI (TAVAN VE TABANDA)  
 $M_1 - M_8$  : BULONLARIN FLAKA YERLERİ

ieki değişime bağlı olarak ayda bire kadar indirilir, ölçüm sonuçları zamanın fonksiyonu olarak ve kayda gerek mekanik gerekse kazı işlemlerindeki değişimler belirtilerek grafik olarak gösterilir. (Şekil 6).

Bu tür basınç - zaman grafik yöntemi

yüksek bir emniyet sağladığı gibi herhangi bir durumun tehlikeli hale gelmeden farkedilmesini sağlar. Bu grafikler tıptaki Hasta-Ateş grafikleri veya elektro kardiogramlara benzetilebilir.

Tarama ve yeniden uygun hale getirme işlemleri çok uzun zaman almaktadır. Ge-



ŞEKİL 6. TAVERN TÜNELİ KUZEY AĞZI ÖLÇÜMLERİNDEN ÖRNEK

(ÖLÇÜ GRAFİĞİ TİPİK BİR ÖRNEK OLARAK TKM 1739 ÖLÇÜ KESİDİNE AİTTİR.  
ÖLÇÜMÜN YAPILDIĞI ZEMİN GRAFİTLİ FİLTRELER; ÖRTÜ KALINLIĞI : 1000 m.  
KAZI KESİDİ ALANI 108 m<sup>2</sup>)

H<sub>1</sub> H<sub>2</sub> H<sub>3</sub> : KONVERTANS ÖLÇÜM OKUMALARI  
E<sub>4</sub> E<sub>5</sub> : UZUN EKSTANSİYOMETRE OKUMALARI

nellikle kısmi veya belli bölümlerde jeolojik şartların değişimlerinin bir sonucu olan (Örneğin çevre taşlardaki su miktarındaki artım) bu tür tüneli etkileyen, kabartan durumlar için teorik ve pratik yönden iç kaplamada da ölçü yapılması ve gerilmeler ile deformasyonların ölçülmesini zorunlu kılmaktadır. Bu işlem, bir seri basınç takozlarının veya gerilme ölçü aletlerinin ve ayrıca konverjans ölçü aparatlarının kullanılması ile sağlanır. Basınç takozları iç ve dış kaplamada olmak üzere çift olarak yerleştirilmelidir.

#### 4. SONUÇLAR

Yeni Avusturya tünel yöntemi tamamen pratik deneyimden oluşmuştur. Bizler kaplamaların durumunu ve kaplama yapılan çevre taşların durumunu çok büyük aralarda kilometrelerce tünel ve galerilerin ölçümü sonucunda farklı kayaç ve farklı zemin yükleri altında etüd ettik-

Görülen durum ve karşılaşılan sorunlarla modern kaya mekaniği kanunları arasındaki uyumu bulmaya çalıştık. Bu yazımızda tamamen basitleştirilmiş olarak verdiğimiz formüller gerçekte olan çok karmaşık işlemlerin görüldüğü gibi basite indirgenmiş bir yaklaşımdır. Sorunların karmaşıklığına, kesin hassasiyet hiçbir zaman uymayacaktır, bunun nedeni parametrelerin çok değişik değerlerde ve farklı oluşu yanında çok kısa aralarda bile tünelin farklılıklar göstermesi ve kayaç cinsinin değişmesidir. Standart tünel kesitlerinin projelendirilmesi halihazırda çok büyük deneyim ve çok fazla teorik bilgiyi gerektirmektedir.

Bu arada uygulama esnasında bu işin kalitesi ve düzgün uygulanması standartlar için çok daha önemli olmaktadır. Şüphesiz ki İşin uygulamasında veya yapılmasında katı olmamak ve birtakım değişimlerin yapılması gereklidir. Bu değişiklikler işin yapılması sırasındaki yerinde ölçümlerin sonucu olmalıdır. Ve bu değişikliklerle en ekonomik çözümlere gidilebilir. Bu tür kesit boyutlandırmasındaki bi-

limsel yerine amprik yöntemle tayin bu konu ile ilgili kişilere yardımcı olması içindir, fakat unutulmamalıdır ki analitik görüşlerle teori birleştirilmeden analitik düşünceler tahkimatı boyutlandırma da yalnızca yer alamaz.

#### KAYNAKLAR

1. Fenner, R. «Untersuchungen zur Erkenntnis des Gebirgsdruckes» Glückauf, ann 74 vol 32, 33,1938
2. Rabcewicz, L.v. «Bolted Support for Tunnels» Water Power, April; May 1954 Mine and Quarry Engineering feb, March 1955.
3. Talobre, J. «La Mécanique des Roches, Dunod, Pans 1957.
4. Rabcewicz, L.v. «Ankerung im Tunnelbau Ersetzt Bisher Gebräuchliche Elntoamethoden» Schweizerische Bauzeitung, ann. 75 March 1957.
5. Rabcewicz, L.v. «Aus der Praxis des Tunnelbaues, einige Erfahrungen Über echten Gebirgsdruck» Géologie und Bauwesen, yıl 27, Cilt 34:, 1962.
6. Kastner, H. «Statik des Tunnel und Stollen Baues» Springer, Berlin, Göttingen, 1962
7. Müller, L. «Der Felsbau» Ferdinand enke verlag, Stuttgart
8. Veder, C. «Die Bedeutung Natürlicher Elektrischer Felder für Elektroosmose und Elektrokataphorese im Grundbau» Bauingenieur, yıl 38, Cilt 10,1963.
9. Pacher, F. «Deformationsmessungen im Versuchstollen als Mittel zur Erforschung des Qebirgsverhaltens und Zur Bemessung des Ausbaues» Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Suppl, 1: 1964.
10. Rabcewicz, L.v. «The new Austrian Tunneling Method» Water Power, Kasım - Aralık 1964, Haziran 1965.
11. Rabcewicz, I\*v. ve Sattler K. «Die neue österreichische Tunnelbauweise» Bauingenieur, Yü 40, CUt 8,1965.
12. Szechy, K. «The Art Of Tunnelling» Akademiai Kiado, Budapest, 1967.
13. Rescher, O. «Erfahrungen Beim Ausbau der Kavernen Zentrale Vitaux Mit Spritzbeton und Felsankem» Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Suppl. IV. 1969.

14. Detzhofer, H. «Verbrüche in Druckstollen» Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Suppl. IV. 1968.
15. Sattler, K. «Neuarüge Tunnel - Modellversuche». Ergebnisse und Folgerungen» Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Suppl. IV. 1968.
16. Rabcewicz, L.v. «Die Halbsteife Schale als Mittel zur Empirischwissenschaftlichen Bemessung von Hohlraumbauten» Rock Mechanics, Suppl 1,1970.
17. Kovari, K. «Kin Beitrag zur Bemessung von Untertagebauten» Schweizerische Bauzeitung, 87, No. 9 1969.
18. Rabcewicz, L.v. «Stability of Tunnels Under Rock Load, Water Power, June, July, August.
19. Hayashi, M. Kitahara Y ve Hibino, S. «Time - Dependent Analysis in Underground Structure in Visco Plastic Rock Masses» Proceedings, Int. Symposium on the Determination of Stresses in Rock Masses, Lisbon, 1969.
20. Detzhofer, H. «Erfahrungen Bei der Sicherung von Stollen Ausbrüchen in Gebräcken und Druckhaften Gebirgsstrecken» Felsmechanik und Ingenieurgeologie, Suppl. V. 1969.
21. Nussbaum, H. «Recent Development of the New Austrian Tunneling Method» Preprint asce National Meeting of Structural Engineering, Cleveland, Ohio, April 1972.
22. Rabcewicz, L.v. «The New Austrian Tunneling Method» The Pakistan Engineer 1970.
23. Lombardi, O. «Der Einfluss Der Felseigenschaften auf die Stabilität von Höhlräumen» Schweizerische Bauzeitung, vol 87 No. 3,1969.
24. Millier, K. «Zeitabhängige Spannungsumlagerungen Beim Felshohlraumbau» Bericht No. 72.4/1972. Institut Für Statik, Technical University of Brunswick.
25. Berti, P. «Tunneling on The New Rome Metro» Tunnels and Tunneling, Sept-Oct. 1972.
26. Rabcewicz, L.v. ; Golser, J. ; Hackl, E. «Die Bedeutung Der Messung Im Hohlraumbau» Der Baumgenieur, .vol 47 No. 7 ve 8; 1972.
27. Lendi, P. «Beitrag Zur Erdstatischen Berechnung Von Verankerungen im Lockergestein» Institut Für Bauwissenschaftliche Forschung No. 6 1969.
28. Compté, Ch. «Technologie Des Tirants» Institut Für Bauwissenschaftliche Forschung No. 17 Ocak 1971.