

## TARSUS AYRIMI - ADANA - GAZİANTEP OTOYOLU T2 (AYRAN) TÜNELİNDE KAYA SINIFLARINA BAĞLI KAZI VE TAHKİMAT UYGULAMALARI

**Excavation and Reinforcement Applications Using Rock Mass Classification in T2 (Ayran) Tunnel on the Adana - Gaziantep Motorway**

Alaettin KILIÇ<sup>TM</sup>  
Mesut ANIL<sup>(M)</sup>

### ÖZET

Bu çalışmada, Tarsus Ayrımı - Adana - Gaziantep Otoyolu'nun Bahçe (Osmaniye) yöresinde bulunan 550 metre uzunluğundaki T2 (Ayran) tüneline, kaya kütleleri sınıflarına bağlı olarak yapılan kazı çalışmaları ve sağlamlaştırma yöntemleri incelenmiştir. Kazı işlemi delme-patlatma yöntemi ile gerçekleştirilen tünelin güzergahı boyunca Yeni Avusturya Tünel Açma Sistemine göre Sınıf III, Sınıf IV ve Portal Sınıfı kaya kütlelerine rastlanmıştır. Sağ geçit ve sol geçit olarak ayrı ayrı kazılan tünellerden toplam 132.487 m<sup>3</sup> pasha çıkartılırken, tünellerin sağlamlaştırılması ve tahkimatı amacı ile 4.880 m<sup>3</sup> püskürtme beton, farklı boylarda 5.737 adet (24.194 m) kaya saplaması, 80.400 kg çelik hasır, 76.000 kg kavisli çelik bağ, 49.000 kg tavan bağı ve 1.259 ton çimento enjeksiyonu kullanılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Tünel, Kaya Kütleleri Sınıflaması, NATM, Kaya Saplamaları, Püskürtme Beton, Çelik Bağ, Tahkimat.

### ABSTRACT

In this study, excavation works and reinforcement techniques undertaken according to rock mass classification in the 550-m-long T2 (Ayran) tunnel of Tarsus - Adana - Gaziantep (TAG) motorway near Bahçe (Osmaniye) have been investigated. Based on NATM, Class III, Class IV and Portal Class type rocks have been encountered in the tunnel which was excavated by the drilling and blasting method. 4.880 m<sup>3</sup> of shotcrete, 5.737 pieces of (24.194 m) rockbolts with different sizes, 80.400 kg of wiremesh, 76.000 kg of steel arch, 49.000 kg of roof ties and f.259 tons of cement injection were used for reinforcement of the tunnels excavated as the right and left tubes separately, producing a total of 132.487 m<sup>3</sup> waste material.

**Keywords:** Tunnel, Rock Mass Classification, NATM, Rockbolt, Cement Injection, Steel Arch, Reinforcement

<sup>(j)</sup> Yrd. Doç. Dr., Ç. Ü., Müh. Mim. Fak., Maden Mühendisliği Bölümü, 01330, Balcalı Adana

<sup>(s)</sup> Prof. Dr., Ç. Ü., Müh. Mim. Fak., Maden Mühendisliği Bölümü. 01330, Balcalı Adana

## 1. GİRİŞ

T2 (Ayran) tüneli; toplam 258 km uzunluğa sahip olan Tarsus Ayrımı-Adana-Gaziantep (TAG) Otoyolu'nun 207-208'inci kilometreleri arasındadır. Tünel; güney yönündeki (sağ) geçiti 562 metre ve kuzey yönündeki (sol) geçiti 536 metre olmak üzere toplam 1098 metre uzunluğa sahip bir otoyol tüneldir. Nihai beton kaplama yapılmasının ardından 14,80 metre genişlik ve 7,60 metre yüksekliğinde ve 3 şeritli olarak inşa edilen tünelin yapımı sırasında Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (New Austrian Tunnelling Method-NATM) kullanılmıştır. Tünel güzergâhı boyunca Sınıf III, Sınıf IV ve Portal (giriş) Sınıfı kayalara rastlanmıştır.

Sağlam bir kayaç içerisinde açılan tünelin kazı ve sağlamlaştırılması sırasında tünelticilik açısından herhangi bir sorunla karşılaşmamıştır. Ancak, tünelin batı girişi yönünde yamaç eğimi çok dik olduğundan bu kısımda hazırlanan şev basamaklarının oluşturulması, açık yüzeylerin çelik hasır ve püskürtme beton ile kaplanması, şev duraylılığının sağlanması amacı ile kaya saptamaları yerleştirilmesi ve enjeksiyon işlemlerinin yapılması kazıya başlama zamanım 6-7 ay kadar geciktirmiştir. İnşaasına 1995 yılı sonlarında başlanan tünelin kazısı 1996 yılı ortalarında tamamlanmıştır.

Tünel kazısı için delme-patlatma yöntemi kullanılmış, tahkimat elemanları olarak püskürtme beton, çelik hasır, kavisli çelik bağ, kaya saptamaları ve nervürlü çelik çubuklardan mamul (Ø 32 mm) tavan bağları kullanılmıştır.

## 2. T2 (AYRAN) TÜNELİNİN GENEL VE MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

### 2.1. Genel Jeoloji

T2 (Ayran) Tüneli'ni de içine alan Orta Amanoslar (Nurdağı) bölgesinde metamorfik, tortul, ofiyolitik ve volkanik kayaçlar gözlenmektedir. Bölgede temel litolojiyi Paleozoyik yaşlı metakırımlı kayaçlar, dolomitik kireçtaşları ve silisleşmiş dolomitik kireçtaşları oluşturur. Ofiyolit birimi çalışma alanının batısında yer alır. Üst Miyosen yaşlı, filliş karakterli tortul birim bu ofiyolitlerin üzerinde

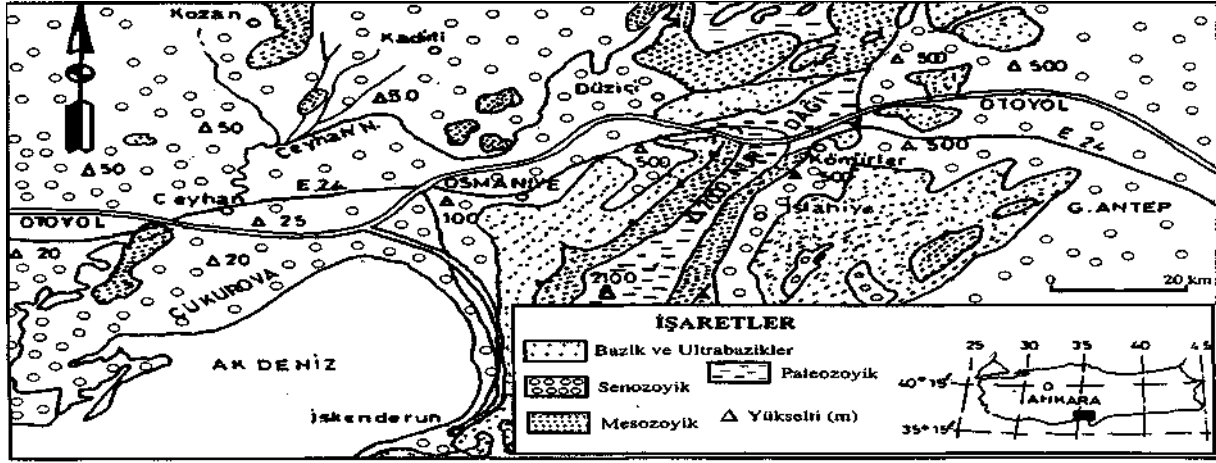
uyumsuz olarak bulunmaktadır. Serpantin, splitik bazalt, radyolerit, yeniden kristallenmiş kireçtaşı ve tortul seviyeler bu birimin esas bileşenleridir (Şekil 1).

Yapısal açıdan Amanos Dağları literatürde en yaygın şekliyle bilinen tektonik zonların kesişim yerlerinde veya etki alanlarında bulunmaktadır. Yaygın olarak bindirme, ters ve tabakalanma fayları gözlenir. Nurdağı'nda ileri derecede tektonik itme devrik kıvrımlanmaları, şistozite ve ters fayları meydana getirmiştir (Duman, 1993). Hidrojeolojik olarak kaynak ve sızıntılar batı tarafında yoğunlaşmakta olup, yapısal jeolojiye bağlı olarak süreksizlik zonlarında gözlenmektedir (Yilmazer, 1995). Bu kaynak ve sızıntılar ana kayada önemli ölçüde ayrılmaya yol açmıştır. Jeolojik birimlerin mühendislik özellikleri yapısal jeolojiye ve kayaç türlerine bağlı olarak bir bölgeden diğerine çok büyük farklılıklar göstermektedir (Yilmazer, vd., 1992).

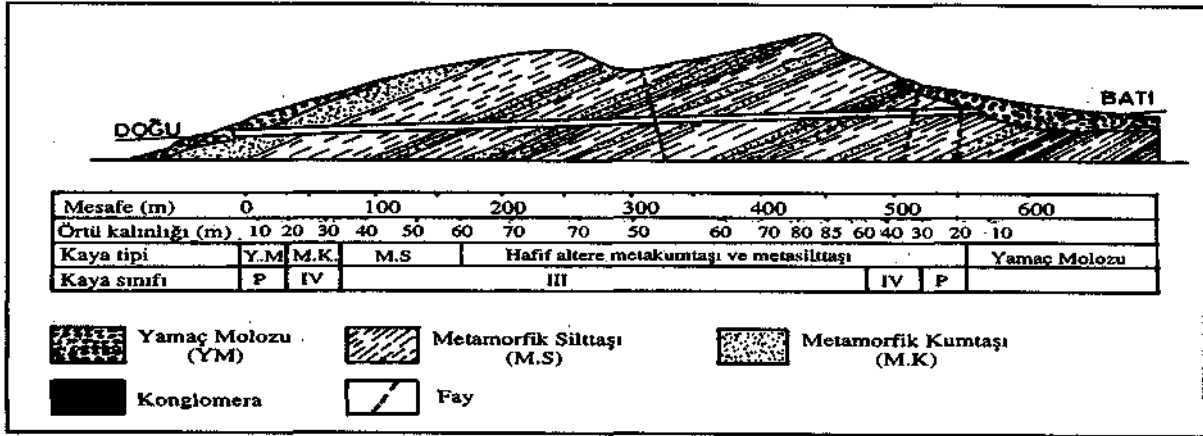
### 2.2. Mühendislik Jeolojisi

T2 (Ayran) Tüneli kalın tabakalı metamorfik kumtaşı ve metamorfik silttaşı, ince tabakalı metamorfik kumtaşı ve metamorfik silttaşı araldanması içerisinde geçilmiştir (Şekil 2). Tabaka kalınlıkları genel olarak 10 - 60 cm arasında olup güzergâhın bazı kısımlarında yer yer 2 cm'ye kadar düşerken tünelin doğu girişinde tabaka kalınlıkları yer yer 2 m'ye nadiren 3-3,5 m'ye kadar ulaşmaktadır.

Güzergâh boyunca iki ana eklem takımına ve bu eklemleri yoğun bir şekilde dikine kesen ancak, süreksiz olan üçüncü bir eklem takımına rastlanmaktadır. Eklemler sıkı-dolgunsuz, yer yer 4 - 5 mm açıklığında, düz, yer yer pürüzlü, pürüzlü-dalgalı olup I. Eklem Takımı boşluklu veya silt dolguludur. II. Eklem Takımı ortalama 2 mm açıklıklı, düz ve ıslak kil dolguludur. Devamsız olan III. Eklem Takımı düz, boşluklu ve yer yer silt dolguludur. Kazı sırasında tünel içerisinde su gelimine rastlanmamasına rağmen yağışlı havaların ardından geçici olarak önemli miktarda su gelimine rastlanmıştır. Sağlam metasilttaşı numunelerinin tek eksenli basınç dayammları 33,5 ile 86,2 MPa arasında değişmekte olup ortalama değer  $52 \pm 13$  MPa'dır. Bu kayacın elastisite modülü 8,4 ile 21



Şekil 1. İnceleme bölgesinin genel jeoloji haritası (MTA, 1989).



Şekil 2. T2 (Ayran) tünelinin jeolojik kesiti.

GPa arasında değişmekte olup ortalama değer  $13,7 \pm 3,9$  GPa'dır. Sağlam metakumtaşı numunelerinin dayanımları 67 ile 174 MPa arasında değişmektedir. Ortalama tek eksenli basınç dayanımı  $113 \pm 34$  MPa'dır. Metakumtaşının elastisite modülü değeri ise; 15,5 ile 33,5 GPa arasında değişmekte olup ortalama değer  $23,6 \pm 5,5$  GPa'dır. Hem metakumtaşı, hem de metasilttaşı Judd ve Huber (1962) sınıflamasına göre yaklaşık elastik ve çok katı kayaç (quasi-elastik, very stiff rock) sınıfına girmektedir. Deere ve Miller (1966) sınıflamasındaki modül oranına (E/CT<sub>2</sub>) göre ise; metasilttaşı (263) ve metakumtaşı (209) orta modül oranlı kayaç grubuna girmektedir.

Tünelin batı girişinden itibaren 330'uncu metre ve doğu girişinden itibaren 13'üncü ve 50'inci metrelerinde 3 adet fay mevcuttur. Ancak bu fayların kazı sırasında herhangi bir soruna neden olmadığı görülmüştür.

### 2.3. Sağlama ve Tahkimat İlkeleri

Arazi kontrolü esas olarak iki önemli faktöre bağlıdır; çevre kayacın kaya kütlesi ve yapısal bölge özellikleri ve kullanılan tünelticilik yöntemi. Her bir yapısal bölge için kazı yönteminin ayrı ayrı belirlenmesi oldukça önemlidir (Eisenstein ve Ezzeldine, 1992). Bu ise tünel kazısının yapılacağı güzergâhta kaya kütlesinin çeşitli mühendislik özelliklerinin gözönünde

bulundurularak ayrı ayrı sınıflandırılması ile mümkündür.

NATM yaklaşımı, tüneli çevreleyen kayacın (zemin veya kaya) zaten var olan direncinin harekete geçirilmesi veya korunması ile yan kayacın büyük ölçüde kendi kendini destekler duruma getirilmesidir. NATM ince bir püskürtme beton tabakası (kaplaması), uygun bir şekilde kaya saplamaları ile sağlamlaştırma ve kazı arınma mümkün olduğunca yakın bir şekilde yerleştirilen ters kemer betonunun kullanılması yöntemidir (Rabcewicz, 1965). Kaya saplamaları ile birlikte kullanılan püskürtme betonun çelik hasır ve kavisli çelik bağlar ile desteklenmesi de NATM'in uygulama alanında kabul edilmektedir (Nussbaum, 1973; Pacher, 1980; Braun, 1980). Birincil tahkimat elemanı zeminin kendi kendini desteklemesi amacı ile yerleştirilir. Bu ise tahkimat elemanının doğru bir zamanlama ile yerleştirilmesi ve uygun yük-deformasyon özelliklerinin sağlanması ile mümkün olur (Sauer ve Gold, 1989; Scholey ve Ingle, 1989; Brown, 1990).

Müller'e (1978) göre NATM yaklaşımının genel olarak 22 prensibi olmakla birlikte bunlardan 8 tanesi esas prensip olarak kabul edilebilir. Bu prensipler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

1. Tüneli çevreleyen kaya veya zeminin mevcut dayanımı, mümkün olan en üst düzeyde korunmalı ve harekete geçirilmelidir.
2. Aşırı deformasyonlar kayacın direncinin zayıflamasına neden olacağı için kaya direncinin emniyetli bir şekilde harekete geçirilmesi sırasında deformasyonunun kontrolü oldukça önemlidir.
3. Çevre kayaç dayanımının harekete geçirilmesi farklı şekillerdeki uygulamalarla mümkündür. Ancak öncelikli olarak belli bir düzen içerisinde yerleştirilen kaya saplamaları ve tünel yüzeyinin esnek ve ince bir püskürtme beton tabakası ile kaplanması en yaygın uygulanan yöntemdir. Fakat burada önemli olan yerleştirilen tahkimat elemanlarının deformasyon sırasında kaya kütlesi ile birlikte şekil değiştirebilmesine imkan tanınmalıdır. Bu ise tahkimat

elemanlarının kaya yüzeyine mümkün olduğunca dokanak sağlayacak şekilde yerleştirilmesine bağlıdır.

4. Tahkimat elemanları ve püskürtme betonun ilk yerleştirilmeleri sırasındaki zamanlama deformasyonun kontrolünde hayati öneme sahip olup bu zamanlama kayanın ve tünelin durumuna bağlı olarak değişiklik gösterir.
5. Birincil olarak yerleştirilen tahkimat elemanları nihai tahkimatı kısmen veya tamamen temsil edecek özelliklere sahip olmalıdır.
6. Kazı sırasında tünelin tahkimatsız olarak bırakılan açıklığı mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır.
7. Çalışmalar sırasında bütün birimler (proje birimi, kontrol birimi, müteahhit ve/veya taşeron firma) sürekli olarak iletişim içerisinde olmalı ve birlikte hareket etmelidir.
8. Gerekli tahkimat elemanı miktarının belirlenmesi amacıyla kaya kütlesi sınıflandırılmalıdır. Bu amaçla kazı sırasında güzergahta bulunan kaya kütlesi jeolojik, hidrojeolojik ve diğer zemin özelliklerine bağlı olarak çeşitli sınıflara ayrılmalıdır. Böylece her bir kaya sınıfı için kazı şekli, yerleştirilecek tahkimat elemanının türü ve miktarını belirlemek mümkün olmaktadır.

NATM'da kaya kütleleri kazı sırasında ve sonrasındaki davranışlarına, jeoteknik özelliklerine, kazı kesitine, ilerleme hızına, kazı yöntemi ve tahkimatsız açıklığın ayakta kalma süresine bağlı olarak 6 farklı sınıfa ayrılmaktadır (Steiner ve Einstein, 1980).

### **3. T2 (AYRAN) TÜNELİNDE KAZI VE TAHKİMAT UYGULAMALARI**

#### **3.1. Kazı**

Kazı delme patlatma yöntemi ile yapılmıştır. Aşırı sökülme, tünel çevresinde kırılma ve çatlakların önlenmesi, tünel kazı arınma yakın olarak yerleştirilen saplama ve püskürtme betonun patlatma sonucu oluşan titreşimlerden

zarar görmemesi için her bir kaya sınıfında farklı bir delme patlatma düzeni uygulanmıştır. Patlayıcı madde olarak tünel çevresindeki son kesme deliklerinde Elbar ( $\emptyset$ 10x50 mm), diğer kısımlardaki deliklerde ise jelatinit dinamit ( $\leq$ 25x200 mm veya 4)32x200 mm) kullanılmıştır.. NATM sınıflamasına bağlı olarak T2 (Ayran) Tüneli güzergâhı boyunca 3 farklı kaya sınıfına rastlanmaktadır (Çizelge 1). Kaya sınıfları, kazı sırasının başlamasından önce tünel kazı aynasında ortaya çıkan kaya görünüşü, tecrübe ve gözlemler, benzer kaya şartlarındaki jeoteknik ölçüm sonuçları ve deformasyonlara bağlı olarak yapılmıştır.

Sınıf III (az kırılğan) kayanın genel özellikleri; yönlenimi uygun olmayan süreksizliklerin etkisi ile tavandaki çekme gerilmelerinin tavanda göçüklere neden olması, yan duvarlardaki gerilmelerin kaya kütlesi dayanımından daha düşük olması, ancak patlatmaya bağlı olarak süreksizlikler boyunca kırılmaların gözlenmesidir. Sınıf IV (kırılğan az baskılı) kayanın genel özellikleri; süreksizliklere bağlı olarak kaya kütlesinin direncinin önemli oranda azalması ve bunun sonucu olarak kırılmaların ortaya çıkması ve kaya kütlesinin dayanımının aşılması sonucu az miktarda sıkışmanın ortaya çıkmasıdır (Steiner ve Einstein, 1980). Portal sınıfı kaya kütlesi; esas olarak kaya kütlesinin jeoteknik özelliklerinden kısmen bağımsız olup tünelin giriş ve çıkış kısımlarında düşey basınçların yanı sıra yatay basınçların da karşılanmasına yönelik olarak yapılması gereken çalışmaları da içerir. Sağlam kaya şartlarında portal sınıfa ait uzunluk daha kısa tutulur.

Çizelge 1. T2 (Ayran) Tüneli Batı Girişinden İtibaren Karşılaşılan Kaya Sınıfları.

Kaya Sınıfı	Bulunduğu Aralık (m)	
	Sağ Geçit	Sol Geçit
Portal	0-18/533-562	0-29 / 520-536
IV	18-70/479-533	29-54 / 508-520
III	70-479	54-508

Tünelin giriş ve çıkış kısımlarında 15 ile 30 metre kadar olan portal sınıfı kaya kütlesinde tünel üst yan ve alt ayrı olarak kısımlara ayrılmıştır. Üst yarı için have (round) uzunluğu 1,5 m, delik boyları ise 1,7 m'dir. Bu kaya

sınıfında tünel çevresindeki son kesme deliklerine patlayıcı madde konmamaktadır. Bu grup kaya kütlesinde tünel kazı aynasında  $\dot{I}m^2$ 'ye düşen delik sayısı 0,8 adet,  $\dot{I}m^3$  kayacın yerinden sökülmesi için kullanılan patlayıcı madde miktarı 0,185 kg ve toplam pasa miktarı ise 9.910  $m^3$ 'tür.

Tünel güzergâhı boyunca toplam 143 metre uzunluğunda olan Sınıf IV kaya kütlesinde have uzunlukları 2,0 m olup, delik boyları 2,20 m'dir. Üst yarı ve alt yarı olarak ayrı ayrı kazılan bu kısımda tünel çevresindeki son kesme delikleri sık aralıklarla delinip içerisine Elbar tipi ( $\emptyset$ 10x50 mm) patlayıcılar yerleştirilmektedir. Bu grup kayada kazı aynasındaki her 1  $m^2$ 'ye düşen delik sayısı 1,23 olup 1  $m^3$  kayacın yerinden sökülebilmesi için kullanılan patlayıcı madde miktarı 0,532 kg ve toplam pasa miktarı 14.112  $m^3$ 'tür.

Tünel güzergâhındaki kaya kütlesinin %79'unu oluşturan Sınıf III kaya kütlesi içerisinde tünel kazısı üst yarı ve alt yan olarak ayrı ayrı yapılmıştır. Bu sınıf kayada have uzunluğu 2,50 m ve delik boyları 2,80 m'dir. Son kesme delikleri Sınıf IV'e kıyasla daha sık olup Elbar tipi ( $\leq$ ) 10x50 mm) patlayıcı ile doldurulmaktadır. Bu grup kayada kazı aynasındaki 1  $m^2$ 'ye düşen delik sayısı 2,0 olup 1  $m^3$  kayacın yerinden sökülebilmesi için kullanılan patlayıcı madde miktarı 0,670 kg ve toplam pasa miktarı 108.465  $m^3$ 'tür.

### 3.2. Tahkimat

Tünelde farklı kaya sınıfları ve deformasyon özelliklerine bağlı olarak kullanılan tahkimat elemanlarının cinsi, miktarı ve yerleştirilme zamanları da farklılık göstermektedir.

Sınıf III kaya kütlesinde patlatma ve pasa kaldırma işlemlerinin ardından tünel cidarları çelik hasır ve 100 mm kalınlığındaki püskürtme betonla kaplanmaktadır. Bu sınıf kaya kütlesinde kavisli çelik bağ kullanılmamaktadır. Ancak, nervürlü çelik çubuklardan yapılan tavan bağı kullanılmaktadır. Birkaç have geriden yapılan düzenli saplama tesisi ile esas tahkimat işlemi tamamlanmaktadır. Have boyları 2,5 m olup saplamaların boyları 4,0 m, aralıkları 2,5 m ve çapları ise 28 mm' dir. Sınıf III kaya

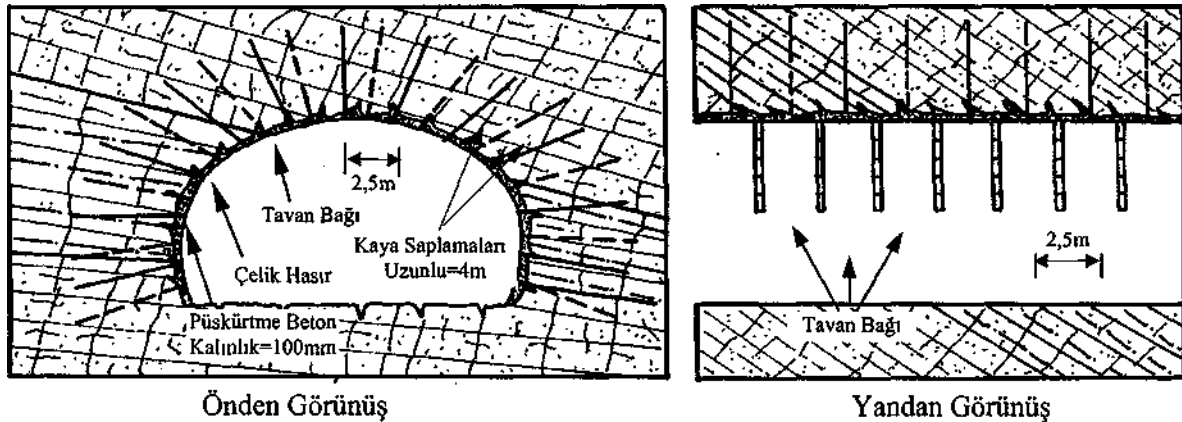
kütlesinde uygulanan tahkimat düzeni Şekil 3'te ve tahkimat elemanı miktarı Çizelge 2'de verilmektedir.

Sınıf IV kaya kütlesinde tünel cidarı çelik hasır ve üst yanda 150 mm, alt yanda 100 mm kalınlığındaki püskürtme betonla kaplanmaktadır. Her have için bir adet kavisli çelik bağ (I Profilli; 30 kg/m) ve çelik hasırın yerleştirilmesinden sonra, beton harcı püskütülmeden önce tesis edilmektedir. Bu tür kaya sınıfında yerleştirilen saplamaların boyları 4m, aralıkları 2 m ve çapları 28 mm'dir. Sınıf IV kaya kütlesi için kullanılan tahkimat düzeni Şekil 4'te ve tahkimat elemanı miktarı ise Çizelge 2'de verilmektedir.

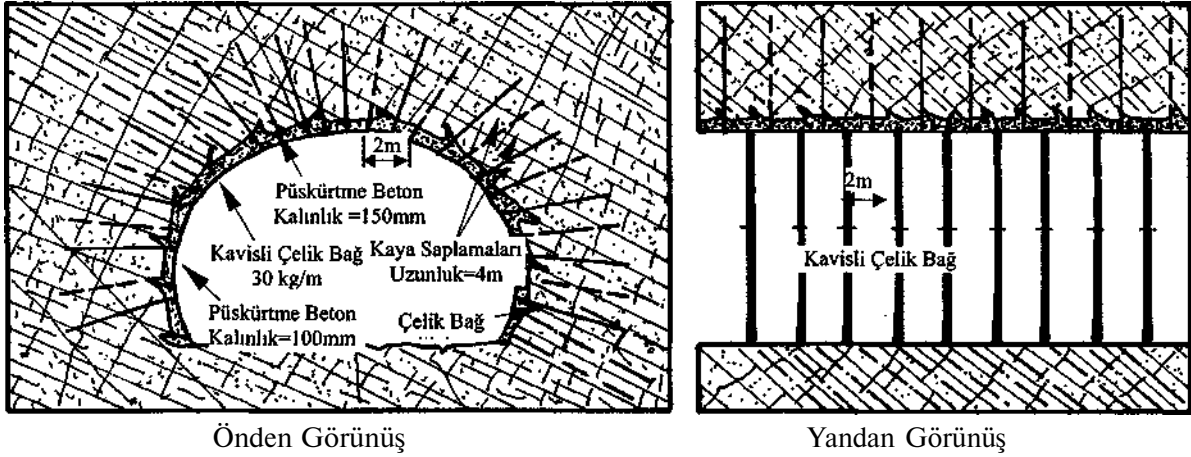
Portal sınıfı kaya gerçekte Sınıf IV kaya kütlesine benzer özelliklere sahiptir. Ancak, eklemler boşluklu veya daha açık, eklemler tarafından sınırlandırılmış olan serbest bloklar ise daha belirgin durumdadır. Bu nedenle; tünelin doğu ve batı yönündeki giriş kısımlarında have boyları daha kısa (1,5-1,7 m) tutulmuştur. Bu tür kaya kütlesinde tünel inşası sırasında şu aşamalar izlenmektedir. Tünel alt ve üst yarı kazısı olarak iki kısma ayrılır. Üst yarı kazısı sırasında patlatma ve pasa kaldırma işlemlerinin ardından tünel cidarları birinci kat çelik hasır ve 100 mm kalınlığındaki birinci kat püskürtme betonla kaplanır. Bu aşamanın ardından ikinci kat çelik hasır, kavisli çelik bağ ve 100 mm kalınlığında ikinci kat beton harcı püskürtülür. Ardışık çelik bağlar arası mesafe 1,5 m'dir. Tünelin omuz kısımlarında her biri 6,0 m uzunluğunda ve her iki omuzda da 3'er adet,

diğer kısımlarda 4,0 m uzunluğunda olan saplamalar 1,5 m aralıklarla tesis edilir. Kullanılan saplamaların çapı 28 mm dir. Alt yan kazısından sonra püskürtülen beton kalınlığı 150 mm dir. Portal sınıfı kaya kütlesinde uygulanan tahkimat düzeni Şekil 5' te ve kullanılan tahkimat malzemesi miktarı Çizelge 2'de verilmektedir.

Deformasyonların ölçülmesi sırasında üç boyutlu deformasyon ölçme sistemi (optik ve elektronik sistem), ölçmeler için WILD marka ölçme seti kullanılmıştır. Sistemin esası; tünel güzergahı boyunca belli noktalara yerleştirilen sabit reflektörlerin yine sabit bir noktadan yapılan ölçümlerle üç boyutlu hareketinin izlenmesi esasına dayanmaktadır. Güzergahın herhangi bir ölçüm noktasında tünel kesitinin tavanında 1, omuzlarda 2 ve yanlarda 2 olmak üzere toplam 5 adet reflektör tesis edilmektedir. Bu sistemle reflektörlerin buldukları kot ve koordinatlar 0,01 mm hassasiyetle ölçülebilmektedir. Belli bir nokta için kazıyı izleyen ilk hafta için günde 1, ikinci hafta için iki günde 1, daha sonraki iki hafta için 1 ve izleyen sonraki zamanlar için dört haftada 1 ölçüm yapılmakla birlikte deformasyonların hızlı veya düzensiz artış göstermesi durumunda daha sık aralıklarla ölçüm yapılmaktadır. Nihai beton kaplamanın yapılabilmesi için deformasyon hızının 2 mm/ay'dan daha küçük olması beklenmektedir. Deformasyon hızının zamanla azalmadığı bölgelerde ilave tahkimat elemanları kullanılarak deformasyonların emniyetli aralıklarda tutulması sağlanmaktadır.



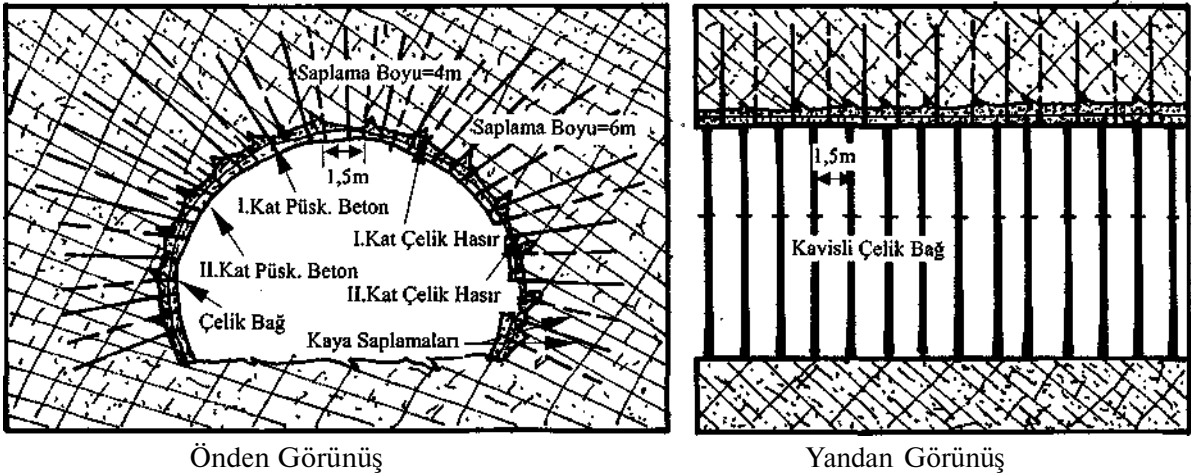
Şekil 3. Sınıf III kaya kütlesinde tahkimat düzeni.



Önden Görünüş

Yandan Görünüş

Şekil 4. Sınıf IV kaya kütesinde tahkimat düzeni.



Önden Görünüş

Yandan Görünüş

Şekil 5. Portal sınıfı kayada tahkimat düzeni.

#### 4. SONUÇLAR

T2 (Ayrın) Tüneli'nde yapılan araştırmalarda aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir.

Güney (sağ) geçidi 562 m uzunluğunda, kuzey (sol) geçidi 532 m uzunluğunda olmak üzere toplam 1.098 m uzunluğa sahip olan tünel güzergâhı boyunca Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemine bağlı olarak kazı yapılması amacıyla 3 farklı kaya sınıfı belirlenmiştir. Bu kaya sınıfları; Sınıf III kaya (864 m), Sınıf IV kaya (142 m) ve Portal Sınıfı kaya (98 m)'dir.

Her bir kaya sınıfında kazı amacı ile kullanılan delik düzeni, patlayıcı madde miktarı ve kazı (have) boyu farklı tutulmuştur. Kazı sırasında

son kesme deliklerinin ve gecikmeli patlatma sistemi uygulamasının düzgün tünel profili sağlamada oldukça faydalı olduğu ve tünel çevresinde aşın sökülmelerin önlendiği belirlenmiştir. Bunun sonucu olarak kullanılan püskürtme beton miktarında israf önlenmiş, kavisli çelik bağ ve tavan bağlarının kolayca yerleştirilmesi ve bu elemanların tüneli çevreleyen kaya ile iyi bir dokanak sağlayarak etkin bir biçimde çalışması sağlanmıştır.

Tünelin tahkimatı için püskürtme beton, çelik hasır, kavisli çelik bağ, tavan bağı ve düzenli kaya saptamaları kullanılmıştır. Tünelde aşın deformasyon veya göçüğe hiç

Çizelge 2. T2 ( Ayran) Tünelinde Kullanılan Tahkimat Elemanlarının Cinsi ve Miktarı.

Çıkarılan Pasa Miktarı	Kaya Sınıfı III (Uzunluk : 864 m)	108,465 m <sup>1</sup>
	Kaya Sınıfı IV (Uzunluk: 142 m)	14,112 m <sup>3</sup>
	Portal Sınıfı (Uzunluk : 92 m)	9,910 m <sup>3</sup>
Püskürtme Beton	Tünel içinde	3,103 m <sup>1</sup>
	Tünel dışında (şev dahil)	1,777 m <sup>3</sup>
Kaya Saplamaı	Tünel içinde (L= 4 m/adet)	5,276 adet
	Tünel içinde (L= 6 m/adet)	432 adet
	Tünel dışında (L= 9 m/adet)	14 adet
	Tünel dışında (L= 12 m/adet)	31 adet
Çelik Hasır	Tünel içinde	80,400 kg
Tavan Bağı (Roof Ties)	Kaya Sınıfı IH'te	49,000 kg
Kavisli Çelik Bağ	Kaya Sınıfı IV +Portal'da.	76,000 kg
Enjeksiyon	Batı Portal Şevinde	1,259 ton

rastlanmamıştır. Deformasyon miktarı ortalama 15-20 mm civarında olup maksimum deformasyon miktarı 29 mm dir.

#### KAYNAKLAR

Braun, W. M., 1980; "Application of the NATM in Deep Tunnels and Difficult Rock Conditions", Tunnels and Tunnelling, Sayı 12, No 2, Mart, s. 17-20.

Brown, E. T., 1990; "Putting the NATM into Prespective", Tunnels ve Tunnelling, Special Issue, Summer, s. 9-13.

Deere, D. U. ve Miller, R. P., 1966; "Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock", Air Force Weapon Lab. Tec. Rep. AFWL-TR-65-116, Kirkland Base, New Mexico.

Duman, T. Y., 1993; "Tarsus Aynmı-Adana-Gaziantep Otoyolu (TAG) Tünel 2-Tünel 4 Arasının Mühendislik Jeolojisi", Y. Lisans Tezi, ÇÜ, Fen. Bil. Enst., Adana, 173 s.

Eisenstein, Z. ve Ezzeldine, O., 1992; "The Effect of Tunnelling Technology on Ground Control". Tunnelling and Underground Space Technology, Sayı 7, No.3, s.273-279.

Judd, W. R. ve Huber, C, 1962; "Correlation of Rock Properties by Statistical Methods", Int.

Symp. On Mining Res. (Ed. G. Clarke), Pergamon, Oxford, Sayı 2, s. 621-648.

Müller, L., 1978; "Removing Misconceptions on the New Austrian Tunnelling Method", Tunnels and Tunnelling, Sayı 10, No 8, Ekim, s. 29-32

Nussbaum, H., 1973; "Recent Developments of NATM", Journal of the Constraction Division, ASCE, Sayı 99, No C01, Temmuz, s. 115-132.

Pacher, F., 1980; "Application of the NATM to Metro Schemes", Tunnelling and Geology, (Ed. W. M. Braun) King's College, London, s. 5-10.

Rabcewicz, L., 1965; "The New Austrian Tunnelling Method", Water Power, No.1, s. 19-24.

Sauer, G. ve Gold, H., 1989; "NATM Ground Support Concepts and Their Effect on Contracting Practices", RETC Proa, s. 67-68.

Scholey, J. ve Ingle, D. G., 1989; "Monitoring Support by Convergence Measurement", Proc. Conf. Instrumentation in Geotechnical Engineering, Inst. Civ. Engineers, Nottingham, s. 89-100.

Steiner, W. ve Einstein, H. H., 1980; "Improved Design of Tunnel Supports", Empirical Methods in Rock Tunnelling-Reviewed Recommendations, U.S. Dept. of Transportation Report, Sayı 5, No UMTA-MA-06-0100-80-8, Washington , D. C, Haziran.

Yılmaz, L, Ertunç, A. ve Erhan, F., 1992; "Engineering Geology of the Düziçi- Kömürler Region.", 1<sup>st</sup> Int. Symp. Eastern Geology, Çukurova Üniversitesi, Adana, s.77-89.

Yılmaz, İ., 1995; "Significance of Discontinuity Surveying in Motorway Alingment Selection, Southern Turkey", Engineering Geology, Sayı 40, s. 41-48..

.....1989; "Türkiye Jeoloji Haritası, Ölçek 1/500 000, Hatay Paftası", Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.