

## Adana - Gaziantep Otoyolu Kızlaç Tünellerinde Kazı ve Tahkimat Uygulamaları

A.Kııç

Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

**ÖZET:** Bu çalışmada, Adana - Gaziantep Otoyolu'nun Bahçe (Osmaniye) yöresi Orta Amanoslar (Nur Dağı) kesiminde bulunan ve toplam uzunluğu 2750 m olan T3-A ve T3-B tünellerinde kaya sınıflarına bağlı olarak uygulanan kazı yöntemi ve tahkimat sistemleri incelenmiştir. Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemine göre tünel güzergahında Sınıf 3, Sınıf 4, Sınıf 5 ve Sınıf 6 kaya kütlelerine rastlanmıştır. Sınıf 3, Sınıf 4 ve Sınıf 5 kaya kütlelerinde delme - patlatma yöntemi ile kazı yapılırken, Sınıf 6 kaya kütlelerinde mekanik kazı makineleri kullanılmaktadır. Tünelin sağlamlaştırılması ve tahkimatı amacı ile 21010 m<sup>3</sup> püskürtme beton, 486 t çelik hasır, 132 t tavan bağı, 840 t kavisli çelik bağ, 130000 m kaya saplaması, 816890 kg enjeksiyon ve 4000 m boyunda önsüren borusu kullanılmıştır.

**ABSTRACT:** Excavation and support systems based on rock classification in T 3-A and T 3-B tunnels located at the Middle Amanos (Nur Mountain) region of Adana - Gaziantep motorway, were investigated. Total length of the tunnels is 2750 m. According to New Austrian Tunnelling Method (NATM) in the tunnel route, four classes of rock masses were encountered: Drilling and blasting method in rock mass classes 3, 4 and 5 were applied for excavation, whereas mechanical excavating machines were used in class 6. With the purpose for reinforcement and support, purposes 21010 m<sup>3</sup> shotcrete, 486 t wire mesh, 132 t roof ties, 840 t steel arch, 130000 m rock bolt, 816890 kg cement injection and 4000 m forepoles were used in tunnels.

### 1 GİRİŞ

Pozantı (Adana) - Gaziantep Otoyolu, Türkiye'nin en önemli alt yapı ve ulaşım projelerinden birisi olup toplam uzunluğu 258 km'dir. Tünel 3-A ve Tünel 3-B; otoyolun 208 ve 212 nci kilometreleri arasında Osmaniye ili, Bahçe yöresi Orta Amanos dağları üzerinde inşa edilmiştir.

Proje aşamasında Nur dağı geçidinin (E - 24 karayolu) kuzey yamacında ve 2750 m uzunluğunda tek bir tünel planlanmıştır. Ancak araştırmalar sırasında bölgede heyelan ve yeraltı suyunun varlığı tespit edildiği için bu tünelin geçidin güney yamacında ve iki ayrı tünel olarak (Tünel 3-A ve Tünel 3-B) inşasına karar verilmiştir. Tünel 3-A ve Tünel 3-B, gerçek anlamda birbirinden ayrı olmayan, yalnızca, Kızlaç vadisinde bir giriş galerisi ve bir kuyu ile birbirlerinden ayrılmış olan bir tüneldir. Tünel 3-A 1200 m ve Tünel 3-B 1550 m uzunluklarında ve her biri 3 şeritli olan çift geçişli tünellerdir. Tünel kesitinin kazı genişliği ortalama 16 m ve kazı yüksekliği de 8 m olup, bu değerler kaya sınıfı ve buna bağlı püskürtme betonu

kalınlığının değişmesine bağlı olarak 20 cm kadar değişmektedir.

Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) temel olarak inşa edilen tünelde Sınıf 3 (%47), Sınıf 4 (%38), Sınıf 5 (%6,8), Sınıf 6 (%7,1) ve göçük (%0,4) türü kaya kütlelerine rastlanmıştır. Toplam 644818 m<sup>3</sup> kaya kazısı yapılmıştır. Kazı yöntemi olarak Sınıf 3, Sınıf 4 ve Sınıf 5 kaya kütlelerinde delme-patlatma yöntemi, Sınıf 6 ve göçük bölgesinde mekanik kazı yöntemi uygulanmıştır. Tahkimat elemanı olarak püskürtme beton, çelik hasır, tavan bağı, kaya saplamaları, kavisli çelik bağ, enjeksiyon ve önsürenler kullanılmıştır.

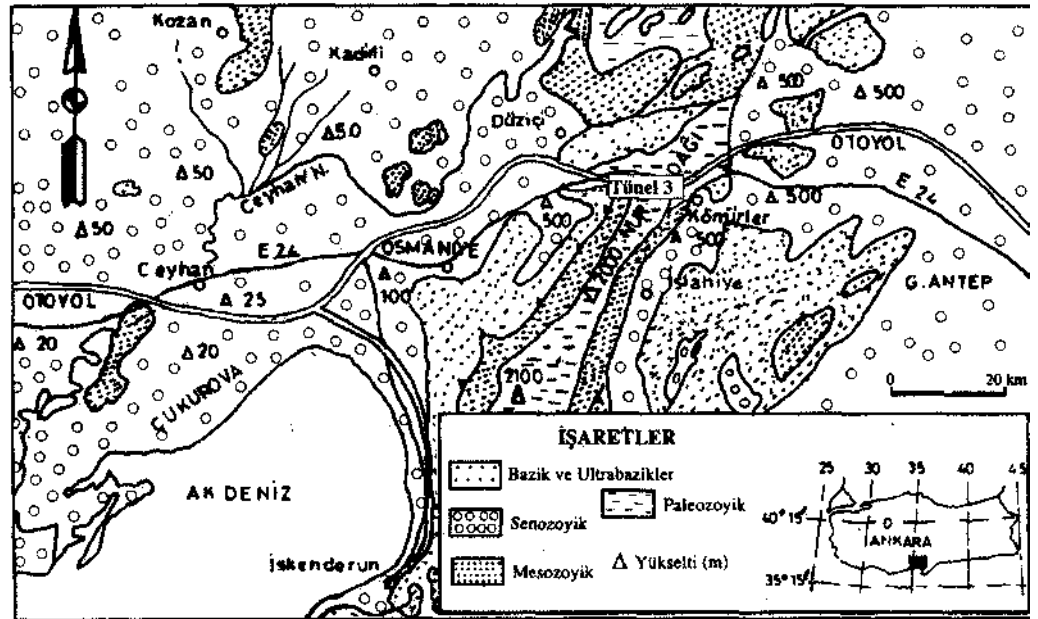
İki kez göçük olayının meydana gelmesi ve 2700 m kadar zemin malzemesinin tünel içerisine dolması çalışmaların bir yıl süre ile durdurulmasına neden olmuştur. Yaklaşık 4 yıl kadar süren çalışmalar sonunda inşası tamamlanmış olan tünel 1999 yılından beri ulaşım hizmeti vermektedir.

## 2 TÜNELLERİN JEOLojİSİ

### 2.1 Genel Jeoloji

Adana - Gaziantep otoyolu Kızlaç tünellerinin geçtiği güzergâhı içerisinde bulunduran Orta Amanoslar (Nur Dağı), metamorfik, tortul, ofiyolitik ve volkanik kayalar içermektedir (Şek. 1).

Bölgedeki temel litolojiye Paleozoyik yaşlı ve meta kırıntılı kayalar, dolomitik kireçtaşları ve silisleşmiş dolomitik kireçtaşları hakimdir. Çalışma alanının batısında ofiyolitik birimler yer alırken, ofiyolitik birimlerin üzerinde Üst Miyosen yaşlı, fi İliş karakterli tortul birimler uyumsuz olarak bulunmaktadır. Bu birimin esas bileşenleri ise; serpantin, splitik bazalt, radyolerit, rekristalize kireçtaşı ve tortul seviyelerdir.



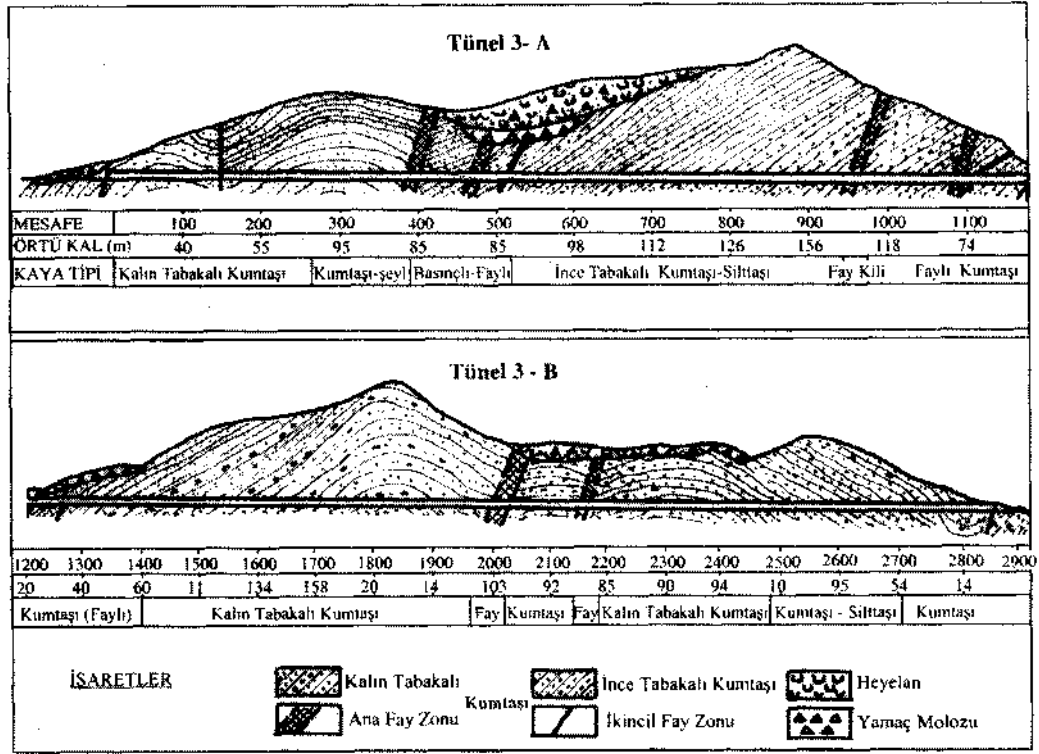
Şekil 1. Bölgenin genel jeoloji haritası (M.T.A.,1989).

### 2.2 Mühendislik Jeolojisi

Jeolojik olarak oldukça karmaşık ve problemleri bir bölge olan tünel güzergahında mühendislik açısından çok farklı özelliklere sahip kaya ortamlarına rastlanmaktadır. Tek eksenli basınç dayanımı 120 MPa olan yüksek dayanımlı, orta derecede sık-bloklı, kalın tabakalı (Deere & Miller 1966), katı-elastik (Judd & Huber 1962) kumtaşları, tek eksenli basınç dayanımı 90 MPa olan orta dayanımlı, sık eklemlili-çatlaklı, orta elastik ince tabakalı kumtaşları, tek eksenli basınç dayanımı 40 MPa olan düşük dayanımlı, sık eklemlili-çatlaklı,

Yapısal açıdan; Amanos dağları dünya çapında bilinen tektonik zonların kesişim yerlerinde veya etki alanlarında bulunmaktadır. Nur dağında kıvrımlanma ve faylanmaların karakteristik özellikleri gözlenebilmektedir. Değişik ölçekte devrik, sürüklenme ve yatık kıvrımlanma mevcuttur. (Duman 1993). Kaynak ve sızıntı suları batı tarafında yoğunlaşmakta ve yapısal jeolojiye bağlı olarak süreksizlik zonlarında gözlenmektedir (Yılmaz 1995). Bu kaynak ve sızıntılar ana kayada önemli ölçüde ayrışmaya yol açmıştır. Jeolojik birimlerin mühendislik özellikleri yapısal ve hidrojeolojiye ve kaya türlerine bağlı olarak bir bölgeden diğerine çok büyük farklılıklar göstermektedir (Yılmaz vd. 1992).

elastik olmayan kahve rengi silttaşları ile tamamen ayrışmış ve zemin görünümü şeyller tüneli çevreleyen kaya külesini oluşturan kaya türleridir (Şek. 2). Kalın tabakalı kumtaşlarında eklemler; sık - dalgalı veya dolguludur. İnce tabakalı kumtaşları ve silttaşlarında eklemler; dolgulu, açık (1-2 cm) veya yer yer dolgusuz ve çok açık (4-5 cm) olup, bloklar tamamen serbest haldedir. Şeyi malzemesi ise; standart karot alınmayacak kadar parçalanmış ve ufalanmış durumdadır.



Şekil 2. Kızlaç tünellerinin kesit görüntüleri.

### 3 KAZI VE TAHKİMAT

#### 3.1 Kazı

Tünellerin kazısı sırasında Sınıf 3, Sınıf 4 ve Sınıf 5 kaya kütlelerinde delme - patlatma yöntemi, Sınıf 6 ve göçük bölgelerinde mekanik kazı yöntemi uygulanmaktadır. Tünel 3-A ve Tünel 3-B ye ait kaya sınıfları ve kazı miktarı Çizelge 1'de topluca verilmektedir.

Sınıf 3 kaya kütlelerinde, tünel, üst yarı ve alt yarı kazısı olarak ayrı ayrı ilerletilmektedir. Have boyu; üst yarı kazısında 2,0 - 3,0 m arasında, alt yarı için üst yarı have uzunluğunun en çok 2 katı kadardır. Kazı yumuşak patlatma ile yapılmaktadır. Patlatma sonucu tahkimat elemanlarının hasar görmemesi ve düzgün bir tünel kesitinin sağlanabilmesi için kazı çevresinde sık aralıklarla delinen deliklere daha küçük çaplı patlayıcı madde kartuşları konularak patlatma yapılmaktadır. Bir metre küp kayacın yerinden sökülebilmesi için kullanılan patlayıcı madde miktarı 650 - 700 gr kadardır. Patlatma sonucu, genellikle, taze ve düzgün yüzeyler ortaya çıkmaktadır.

Sınıf 4 kaya kütlelerinde tünel kazısı üst yarı ve alt yarı olarak ayrı ayrı yapılmaktadır. İlerleme boyu;

üst yarı için 1,5 - 2,5 m arasında, alt yarı için bu değer en çok 2 katı kadardır. Kazı yumuşak patlatma yöntemi ile yapılmakta, patlatma sonucu, genellikle, taze yüzeyler ortaya çıkmaktadır. Bir metreküp kayacın kazısı için kullanılan patlayıcı madde miktarı 500 - 550 gr kadardır. Kazı çevresinde ortaya çıkan çıkıntılar kazı makineleri yardımı ile düzeltilmektedir.

Sınıf 5 kaya kütlelerinde tünel kazısı üst yarı ve alt yarı kazısı olarak ayrı ayrı yapılmaktadır. Kazı yumuşak patlatma yöntemi ile yapılırken, kazı aynasının ortasında ve kazı çevresinde bulunan deliklere patlayıcı madde konulmamaktadır. Bu grup kaya kütlelerinde bir metreküp kayacın kazısı için 150 - 200 gr patlayıcı madde kullanılmaktadır. Patlatma, nakliyat ve tahkimat arasında geçen süre içerisinde oluşabilecek aşırı deformasyonların önlenmesi ve tünel tavanında bulunan serbest blokların düşerek kazı çevresinde girintiler oluşturmasının önlenmesi amacı ile önsürenler kullanılır. Tavan kısmı boyunca, tünel eksenine paralel olarak yerleştirilen önsürenlerin boylan 6 m, çapları 32 mm ve aralıkları da ortalama 60 cm dir. Üst yarı kazısı için ilerleme boyu 1,0 - 1,7 m ve alt yarı kazısı için bu değer en çok 2 katı kadardır.

Patlatma sonucu, kayaç, süreksizlik düzlemleri boyunca kırıldığından taze olmayan ve girintili - çıkıntılı yüzeyler ortaya çıkmaktadır. Bu çıkıntılar kazı makineleri yardımıyla düzeltilirken, girintiler de püskürtmebeton ile doldurulmaktadır.

Sınıf 6 kaya kütesinde tünel kesiti önce alt yarı ve üst yarı olarak iki kısma ayrılmakta, yine üst yarı da kendi içinde; üst kazı bölgesi, sağ ve sol galeriler ve çekirdek bölgesi olmak üzere 4 farklı kazı kısmına ayrılmaktadır, ilerleme boyu üst yarı kazısı için 1,0 - 1,2 m kadardır. Kazının büyük bir kısmı kazı makineleri ile gerçekleştirilirken, sağ ve sol galerilerin alt kısımlarında gevşetme amaçlı olarak patlatma yapılmaktadır. Bu grup kaya kütesinde

kazıyı müteakip kazı aynası dahil olmak üzere tüm açık yüzeyler tahkim edilmektedir. Ayrıca deformasyonların önlenmesi amacı ile üst yarının orta kısmında 4 - 5 m uzunluğunda bir destek çekirdeği bırakılmaktadır. Bu grup kaya kütesinde kazı ve tahkimat işlemleri eş zamanlı olarak yapılmaktadır.

3-A tünelinin batı girişi yönündeki sağ geçidinin 275 - 300'üncü metreleri arasında oluşan ve 1450 m<sup>3</sup> civarında zemin malzemesinin tünel içerisine boşalmasına neden olan göçük ve bu bölgenin yeniden sağlamlaştırılması ve kazısı sırasında kazıdan önce zeminin sağlamlaştırılması amacı ile enjeksiyon ve önsürenler kullanılmıştır.

Çizelge 1 Kızlaç tünellerinde kaya sınıflarına bağlı kazı miktarı.

Kaya sınıfı	Kazı miktarı (m <sup>3</sup> )		Toplam kazı miktarı (m <sup>3</sup> )	Toplam kazı miktarı (%)
	Tünel 3-A	Tünel 3-B		
Sınıf3	7345	299146	306491	47,5
Sınıf 4	191672	54136	245808	38,1
Sınıf5	44126	-	44126	6,8
Sınıf 6	338097	7601	45698	7,1
Göçük bölgesi	2695	-	2695	0,4
Toplam. kazı miktarı (m <sup>3</sup> )	283935	360883	644818	100

### 3.2 Tahkimat

Sınıf 3 kaya kütesinde kazıyı müteakip üst yarı ve yan duvarlarda düzenli olarak tahkimat elemanları kullanılmaktadır. Tahkimat elemanı olarak; 100 mm kalınlığında püskürtme beton, bir kat çelik hasır ve tavan bağlan kazı aynasından 1 have geriden olacak şekilde yerleştirilmektedir. 2.5 m aralıklı (have boyu kadar), 4 m boyunda, 28 mm çapında, nervürlü kaya saplamaları kullanılmaktadır. Kullanılan tavan bağları saplamalarla aynı hizadadır. Sınıf 3'te kullanılan tahkimat elemanları ve düzeni Şekil 3'te verilmektedir.

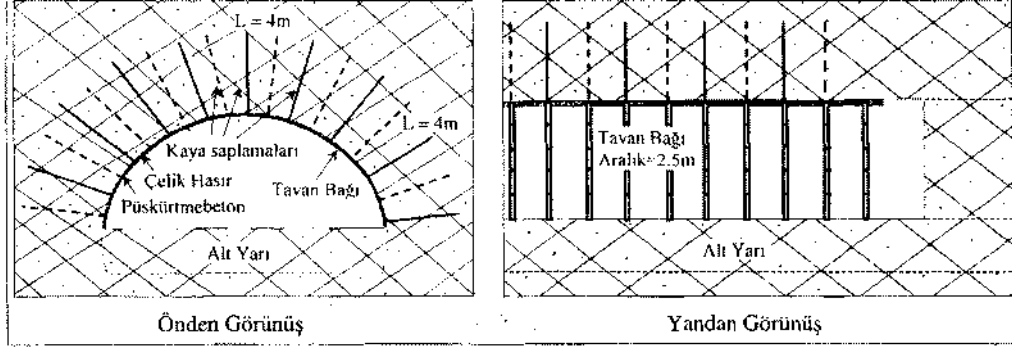
Sınıf 4 kaya grubunda, üst ve alt yarıdaki tahkimat elemanları kazı aynasının ilerletilmesinden önce ve düzenli olarak yerleştirilmektedir. Tünelin yan duvarlarında 100 mm ve tavan kısmında 150 mm kalınlığındaki püskürtme beton, bir kat çelik hasır, 2 m aralıklı (have boyu kadar) kavisli çelik bağ ve düzenli olarak 2 m aralığında, 28 mm çapında ve 4 m uzunluğunda, ardışık kavisli çelik bağların ortasında olacak şekilde ve bir sonraki havede şaş beş düzeninde yerleştirilen kaya saplamaları bu sınıfta kullanılan tahkimat sistemini oluşturmaktadır.

Şekil 4'te bu grup kaya kütesinde kullanılan tahkimat düzeni verilmektedir.

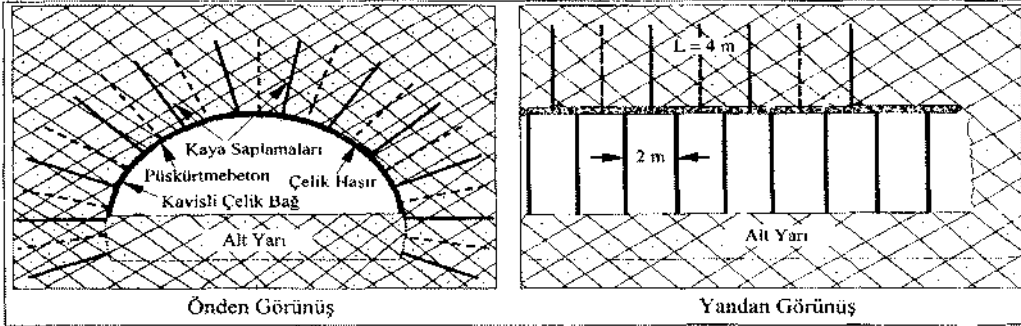
Sınıf 5 kaya kütesinde tünel tahkimatı kazı aynasına kadar ve patlatma yapılmadan önce tamamlanmaktadır. Patlatma sonrası kazı boşluğunun tavan kısmındaki serbest blokların düşmesinin önlenmesi için tavan kemeri boyunca 32 mm çapında, 6 m boyunda ve 60 cm aralıklarla önsürenler yerleştirilir. Her 4 metrelik ilerlemeden sonra yeni bir önsüren kemeri oluşturulur. Jeoteknik şartlar da göz önünde bulundurularak üst yarı kazı aynasının 100 - 150 m gerisinde alt yarı kazısı yapılır ve gerekirse ters kemer betonu ile tünel kaplama halkası tamamlanır. Tahkimat elemanı olarak; kavisli çelik bağ, iki kat püskürtmebeton (yanlarda 150 mm ve üst yarıda 200 mm kalınlığında), iki kat çelik hasır ve omuzlarda 6 m, diğer kısımlarda 4 m boyunda 1,5 m aralıklarla düzenli kaya saplamaları kullanılmaktadır. Kaya saplamaları ardışık kavisli bağların ortasına ve bir sonraki sıra ile şaş beş düzeni oluşturacak şekilde tesis edilmektedir. Bu grup kaya kütesi için kullanılan tahkimat düzeni Şekil 5'te verilmektedir.

Sınıf 6 kaya kütlesinde tünel kazısı yapılırken kazı aynası dahil tüm açık yüzeyler kazıdan önce ve düzenli olarak tahkim edilmektedir. Şekil 6'da da görüldüğü gibi; tünel çevresine 0 - 5° eğimli olarak birinci sıra, 25° eğimli olarak ikinci sıra ve 50° eğimli olarak üçüncü sıra önsüren boruları yerleştirilmektedir. Bu borular; 51 mm çapında, 6 m boyunda ve çevresi delikli şeklindedir. Çevre delikleri tünel çevresine bu borular yardımı ile uygulanan enjeksiyon sıvısının homojen bir şekilde

dağılmasını ve kazı çevresinde bir önsüren ve enjeksiyon kemerinin oluşmasını sağlamaktadır. Kazıdan önce aynaya yerleştirilen drenaj boruları yer altı sularının drenajını sağlarken, yine aynaya yerleştirilen 25 mm çapında ve 8 m boyundaki Ibo saplamalar da kazı aynasından tünel boşluğuna doğru gelişebilecek defonnasyonları önlemektedir. Nihai tahkimat elemanları olarak; kavisli çelik bağ, iki kat püskürtme beton (yanlarda 250 mm, omuz ve tavan kemerinde 250 - 300 mm kalınlıkta), iki kat



Şekil 3. Sınıf 3 kaya kütlesinde kullanılan tahkimat düzeni.



Şekil 4. Sınıf 4 kaya kütlesinde uygulanan tahkimat düzeni.

çelik hasır ve düzenli olarak kaya saplamaları (tavanda 4 m, omuzlarda 6 m ve yanlarda 9 m boyunda) kullanılmaktadır. Yapılan ölçümler sonucunda deformasyonların emniyetli değerlerin üzerine çıktığı yerlerde ilave saplamalar kullanılmaktadır. Bu sınıf kaya kütlesinde, jeoteknik şartlar da göz önünde bulundurularak, üst yarı kazı aynasının 20 - 25 m gerisinden alt yarı kazısı ve ters kemer betonu yapılmaktadır.

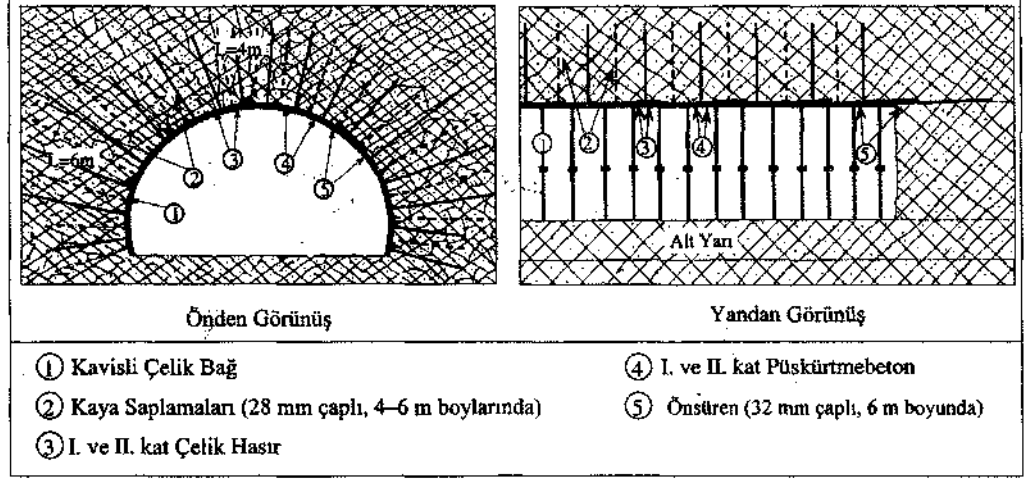
Kızlaç tünellerinde kullanılan önsüğüleştirme ve tahkimat elemanları ve miktarları Çizelge 2'de verilmektedir.

Önsüğüleştirme elemanlarından olan enjeksiyon ve çelik boru şeklindeki önsüğürenler, yalnızca, Tünel 3-A da ve sınıf 6 kaya ortamı ile göçük bölgesinde kullanılmıştır.

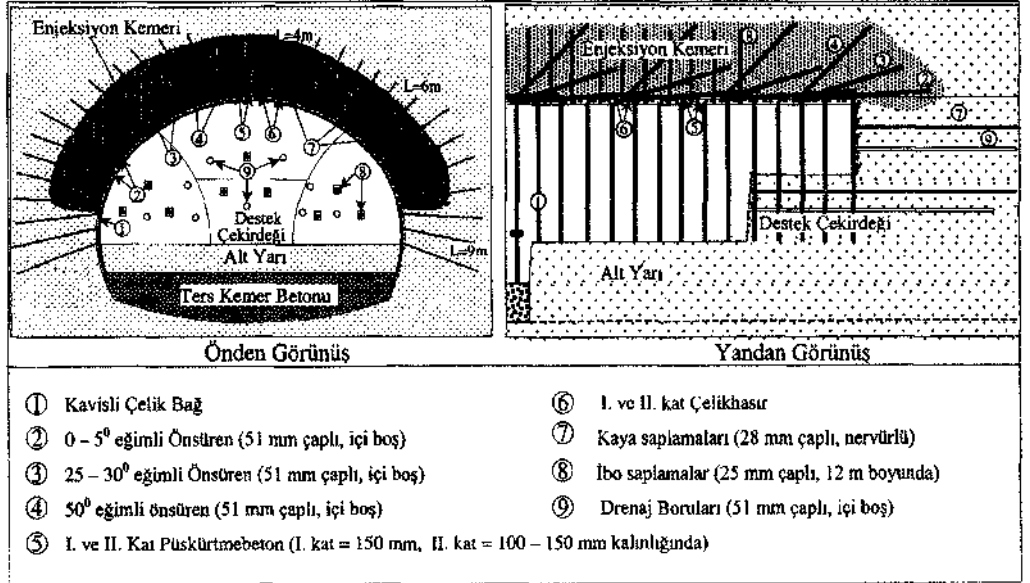
Tünellerin kazısı ve tahkimatı sırasında gelişen deformasyonların ölçülmesi için WILD marka ölçme seti ve üç boyutlu ölçme sistemi (optik ve elektronik) kullanılmıştır. Bu sistem yardımı ile tünel güzergahı boyunca belli noktalara yerleştirilen sabit reflektörlerin kot ve koordinatları 0,01 mm hassasiyetle ölçülerek deformasyonların hızları belirlenebilmektedir. Aynı nokta için deformasyon ölçme aralıkları; kazıyı müteakip ilk hafta için

günde bir, ikinci hafta için 2 günde bir, daha sonraki iki hafta için yalnızca bir ve müteakip zamanlar için 4 haftada bir ölçüm yapılmakla birlikte defomasyonlarda âni ve düzensiz artışların belirlenmesi halinde ölçme süreleri

sıklaştırılmaktadır. Tünel iç kaplaması olan nihai beton kaplamanın yerleştirilebilmesi için defomasyon hızlarının 15 gün için 1 mm nin altına inmesi beklenmektedir.



Şekil 5. Sınıf 5 kaya kütlesinde uygulanan tahkimat düzeni.



Şekil 6. Sınıf 6 kaya kütlesinde uygulanan tahkimat düzeni.

Çizelge 2. Kızıaç tünellerinde kullanılan tahkimat elemanları ve miktarları.

Kullanılan tahkimat elemanının adı	Kullanılan tahkimat elemanının miktarı		Toplam miktar
	Tünel 3-A	Tünel 3-B	
İskürtmebeton (Tön?)	11592	9418	21010
Çelik Hasır (kg)	252000	234000	486000
Tavan Bağı (kg)	4000	128000	132000
Kavisli Çelik Bağ (kg)	700000	140000	840000
Kaya Saplama (m)	70000	60000	130000
Ibo Saplama (m)	25000	-	25000
Enjeksiyon (kg)	816890	-	816890
Önsüren (m)	40C4	-	4004

#### 4 SONUÇLAR

Adana - Gaziantep otoyolu Kızıaç tünellerinde yapılan incelemelerden şu sonuçlar elde edilmiştir:

1 - Tünel kazı çalışmalarında have boyları, kazı hızı, delik düzeni ve patlayıcı madde miktarı ile kazıyı müteakip tahkimat elemanlarının yerleştirilme zamanı kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri dikkate alınarak ve her bir kaya sınıfı için değişik şekil ve miktarlarda olmalıdır,

2 - Aynı kaya sınıfı için dahi, jeoteknik şartlara bağlı olarak, kazı hızı ve birim tünel uzunluğu için kullanılan tahkimat elemanlarının cins ve miktarında bazı değişiklikler olabilir.

3 - Tünelcilik çalışmalarında yer altı sularının çok büyük önemi olup, bu sular kazı çalışmalarının zorlaşmasına, kullanılan tahkimat elemanları miktarlarının ve dolayısı ile maliyetlerin artmasına neden olur. Bu tür yer altı sularının kazıdan önce veya kazı sırasında ortamdaki uzaklaştırılarak zeminin drenajı sağlanmalıdır.

4 - Tünel kazısı ve tahkimatı sırasında kazı çevresinde bir önsüren ve enjeksiyon kemeri oluşturulması deformasyonların kontrol edilmesinde oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Enjeksiyon işlemi sonucunda kaya kütlesi içerisinde bulunan boşluklar kapandığı için kazı çevresindeki gerilmeler daha düzenli bir dağılım göstermekte, yer altı suları uzaklaştırıldığı için kaya kütlelerinin mukavemeti artmaktadır.

Ayrıca, enjeksiyonlu ortamda kaya saplama daha etkin bir şekilde çalışmaktadır.

5 - Deformasyon ölçme işlemleri düzenli olarak yapılmalı ve sonuçlar en kısa süre içerisinde değerlendirilerek ilave tahkimat elemanlarının gerekli olup olmadığı belirlenmeli eğer gerekli ise bu tahkimat elemanlarının zaman kaybedilmeden yerleştirilmesi sağlanmalıdır.

#### KAYNAKLAR

- Deere, D. U. & 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 Ayrımı-Adana-Gaziantep Otoyolu (TAG) Tünel 2 Timet 4 Arasının Mühendislik Jeolojisi*. Yüksek Lisans Tezi. Ç.Ü. Fen. Bil. Ens. Adana.
- Judd, W. R. & H über C, 1962; Correlation of rock properties by statistical methods, Int., Symp. On Mining Res. (Ed. G, Clarke), Pergamon, Oxford, Vol. 2, pp. 621-648.
- M.T.A., 1989, *Türkiye jeoloji haritası, ölçek 1/500.000. Hatay paftası*. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.
- Yılmazcı I.; Ertunç A. & Erhan, F., 1992, *Engineering geology of the Dıaıçi - Kömürler Region*. L' Int. Sym. Eastern Mediterranean Geology. Çukurova University, Turkey, pp. 77-89.
- Yılmazcı I. , 1995, *Significance of discontinuity surveying in motorway alignment selection, southern Turkey*. Engineering Geology. Vol. 40, pp. 41-48.

