

Kop Tüneli Yapım Çalışmaları ve Metodolojisi

Emine ÇORUH^{1*} , Ahmet Orhan KÖKSAL² , Coşkun KAPLAN² , Murat DEMİRCİ² 

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane
²KGM 12.Bölge Müdürlüğü, Yol Yapım Şubesi, Erzurum

(Geliş Tarihi/Recived Date: 07.08.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 20.11.2017)

Öz

Erzurum-Bayburt-Gümüşhane güzergâhında bulunan Kop dağı geçitinde, mevcut yolun bulunduğu alanın zorlu topoğrafik şartları, uzun süren kış aylarında yoğun kar ve buzlanma ile birleştiğinde aşılması oldukça zor bir güzergâh oluşturmaktadır. Kop Tüneli üzerinde ki örtü kalınlığı ortalama 400 metredir ve tünel Yeni Avusturya Tünel Açma (NATM) metoduna göre açılmaktadır. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) bünyesinde inşaatı devam eden tünel, Türkiye'nin dördüncü en uzun tüneli olacaktır. Kop dağı tünelli geçişi ile birlikte güzergâh bitümlü sıcak karışım kaplamalı, 2x2 şeritli bölünmüş yol standardında olacaktır. Bölge halkı tarafından hizmete açılması dört gözle beklenen tünel inşaatı tamamlandıktan sonra ulaşımın; yaz kış devam etmesi, işletme-bakım onarım maliyetlerinin azaltılması ve özellikle kış aylarında tehlikeli olan kesimlerin yol güvenliğine kavuşması ülke için son derece önemli birer gelişme olarak elde edilecektir. Tünel inşaatının bitirilmesi ile aynı zamanda bölgede ekonomik canlanma ve gelişmenin de sağlanacağı beklenmektedir. Bu çalışma ile Kop Tüneli yapım çalışmaları, bu esnada ortaya çıkan sorunlar ve çözümleri ortaya konularak, projenin hizmete girmesi ile beklenen faydası sunulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Türkiye; NATM; Tünel inşaatı; Erzurum; KGM

Construction Works and Methodology of Kop Tunnel

Abstract

The Kop mountain pass on the Erzurum-Bayburt-Gumushane route, which is a very difficult to overcome when it is combined with heavy snow and icing in the long winter months. The average soil cover thickness above the Kop Tunnel is 400 meters and the tunnel opens according to the New Austrian Tunneling Method (NATM). Tunnel will be Turkey's fourth longest tunnel. The way together with the Kop mountain tunnel passage will have the 2x2 lane divided road standard with bituminous hot mixture coating. After the completion of the expected tunnel construction by the people of the region transportation to go on uninterrupted for summer and winter months reduction of operating maintenance and repair costs and especially on the road sections which are dangerous in the winter months will be ensured road safety. All these will be achieved as an important development for the country. As the construction of the tunnel is completed, at the same time it is expected that economic revival and development will be provided in the region. In this study, construction works of the Kop Tunnel, the problems and solutions emerged at this stage are put forward and besides with this study to present that expected benefit with the opening of the tunnel.

Keywords: Türkiye; Tunnel construction; NATM; Erzurum; GDH

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: coruhemine@gmail.com

1. Giriş

Ulaşım; en genel hali ile “insanların, malların ve hizmetlerin iki nokta arasında bir yerden başka bir yere taşınmasında yer ve zaman faydası sağlayan bir unsur” olarak tanımlanabilir (Erdoğan 2016). Ulaştırma; her toplumun iç yapısına göre şekillenen, kendine has geliştirilen araçlarla ve oluşturduğu faaliyet alanı ile toplumların yapısını etkileyen bir hizmet sektörü birimdir. Ekonomide önemli parametrelerden biri olan ulaşım sektörü, kalkınmada da etkin bir araç olarak kullanılmaktadır (Erdoğan 2016). Karayolu yatırımlarının, kamu hizmetleri arasında sosyal, kültürel, ticari, ekonomik ve diğer pek çok boyutta inkâr edilemez derecede önemli bir etkisi vardır. Dolayısı ile bu alanda yapılan yatırımlar lokomotif görevi üstlenerek diğer sektörlerin daha etkin ve verimli olmasını sağlamaktadır (Erdoğan 2016; UDHB 2013). Karayollarının sosyal ve ekonomik olarak sağladığı faydaları; üretim ve istihdamın artırılması, üretim maliyetinin düşürülmesi, tüm sektörlerde verimliliğin artırılması, yol yapımının ekonomiye olan doğrudan veya dolaylı etkileri, arazi planlaması, kullanımı ve bölgesel gelişime olan etkileri, iş ve sosyal amaçlı taşımacılık talebinin karşılanması ki insanların ve malların istenildiği zamanda istenildiği yerde bulundurulması, ulaşımın sağladığı en önemli zaman faydasıdır (Erdoğan 2016), eğitim, sağlık ve turizm amaçlı seyahat talebinin karşılanması, milli gelirin tüm ülke sınırları içerisinde dengeli bir şekilde dağılımı ve alınan vergiler yoluyla ulusal bütçeye olan mali katkılar olarak sayabiliriz (UDHB 2013).

Kamulaştırma maliyetinin bazı yerlerde özellikle çok yüksek olması ve hızlı toplu taşıma araçlarının ihtiyaç duyduğu ilave veya yeni yolların yapılması genellikle tünel uygulamaları gibi yatırımlarla çözülmeye çalışılmıştır (Tunçdemir 2010). Tünel ve benzeri yapılara günden güne artan ihtiyaç, nüfus oranlarının artmasına paralel olarak yerleşim yerlerinde kontrolsüz büyümeyi ve teknik gelişmeleri de beraberinde getirmektedir (Derleme 2016). Doğal mağaraların taklidi ile başlayan tünelcilik son yıllardaki teknolojik gelişmeler ışığında ivme kazanmış ve giderek birçok yeni metodu da bünyesinde barındırmıştır (Arioğlu 2011).

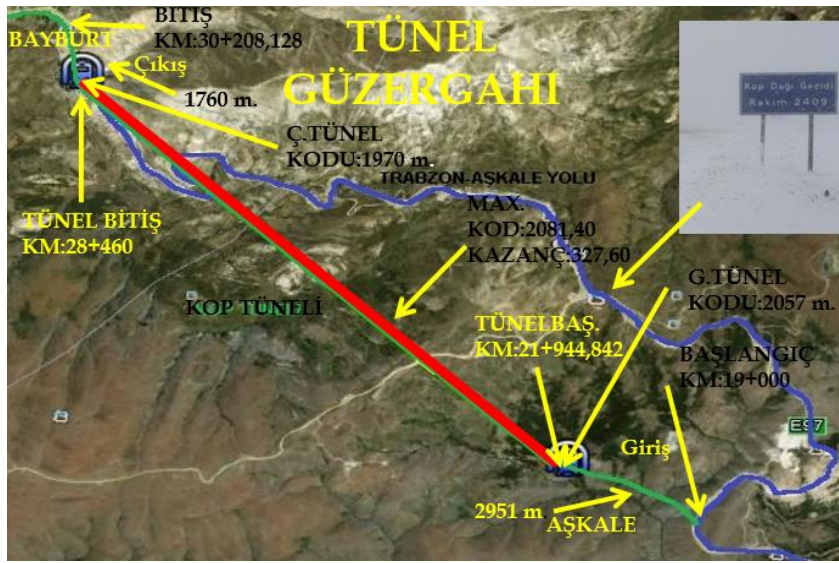
Ülkemiz düne kadar doğu-batı aksında “koridor ülkesi” olarak tanımlanırken, bugün kuzey-güney akslarının da yer aldığı “üç kıtanın birleştiği dünyanın en kritik kavşağı” konumuna gelmiştir. Türkiye’nin ulaşım alt yapısını doğu batı akslarının yanı sıra kuzey-güney akslarını da kapsayacak şekilde yeniden ele alma gereği zaruri olmuştur (UDHB 2011). Türkiye coğrafyası yüksek dağlık alanlara sahip olup ortalama yükselti 1131 m’ den fazladır (Şirin 2016). Arazi yapıları nedeniyle düşük standartlarda zorlu bir topografyaya sahip kesimlerde önemli tünel projelerinin hayata geçirilmesi ile hem yol kilometresi kısaltılmakta hem de bölgenin coğrafi ve mevsimsel zorluklarına karşın yılın her günü hizmete açık yollar amaçlanmaktadır. Türkiye’nin gerek plan/proje ve politikalarında gerekse yatırımlarda ivme kazandığı 2003-2013 yılları arasında tünel yapım çalışmaları kapsamında devlet ve il yollarında 37,1 km uzunluğunda 75 adet tek tüp tünel ve 58,1 km uzunluğunda 34 adet çift tüp tünel, otoyollarda ise 21 km uzunluğunda 12 adet çift tüp tünel ve 1 km uzunluğunda 1 adet tek tüp tünel yapılmıştır (UDHB 2013).

Bu çalışmalardan biri olan ve inşası devam eden kop Tüneli ile Karadeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin ekonomik ve sosyal yapılarında, gerek ülke içi gerekse komşu ülkelerle gidiş gelişlerinde büyük gelişmeler ve canlılık yaşanacağı tahmin edilmektedir. Mevcut yolun bulunduğu alanın zorlu topoğrafik şartları, uzun süren kış aylarında yoğun kar ve buzlanma ile birleştiğinde aşılması oldukça zor bir güzergâh oluşturmaktadır. Kış aylarında bu yolda ulaşım; yolun kar yağışı nedeni ile kapanması, kar ve buzlanma sonrası yolun açılması için yapılan çalışmalar, zaman zaman ihtiyaç duyulan bakım ve onarım çalışmaları, yolda kayan araçlar ve dolayısı ile meydana gelen kazalardan dolayı oldukça zor olmaktadır. Kop Dağı

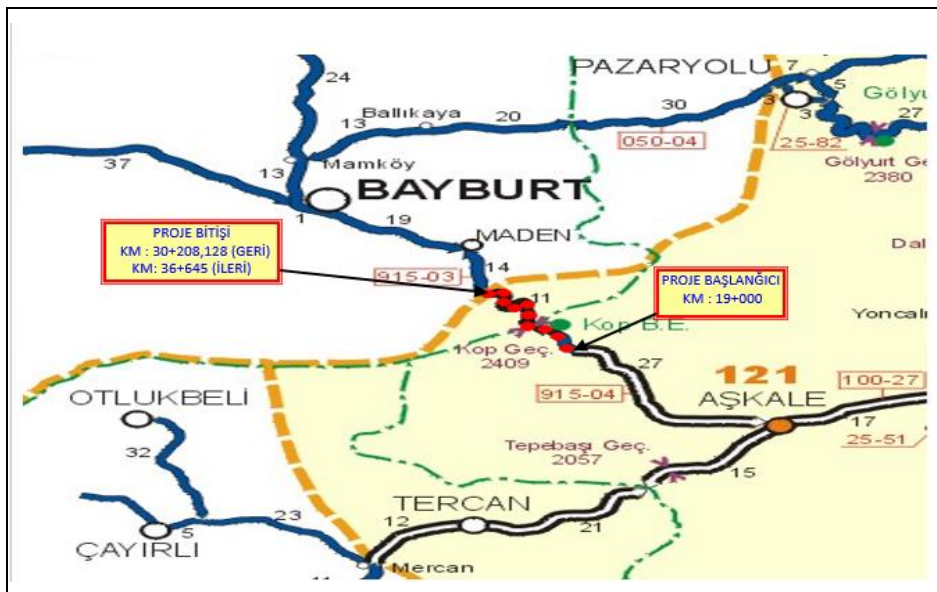
Tüneli geçiş projesi ve Gümüşhane-Bayburt-Kop Dağı-Erzurum arasında kalan yolda devam eden çalışmalar sonucu, ağır geçen kış aylarında kar ve buzlanma nedeniyle sürücülere zor anlar yaşatan bu güzergâhın 12 ay boyunca trafiğe açık tutulması, güvenli ve yüksek standartlı bir ulaşım ağının oluşturulması hedeflenmektedir.

2. Kop Tüneli

Kop Tüneli; Erzurum-Bayburt karayolunda yol uzunluğu toplamda 11.208 km olup, giriş yaklaşım yolu 2.951,6 m, çıkış yaklaşım yolu 1.759,128 m dir. Sağ Tünel uzunluğu 6.504,15 m, Sol Tünel uzunluğu 6.490,97 m ve toplam tünel uzunluğu 12.995,12 m dir. Güzergâhta meydana gelecek kısalma 6.436,87 m olacaktır. Tünel gabarisi 2*(8,0*5,0) ve çapı 10,60 m dir. Harita üzerinde bu bilgiler Şekil 1’te verilmiştir.



Şekil 1. Harita Üzerinde Kop Tüneli Km ve Giriş-Çıkış Güzergâh Bilgileri

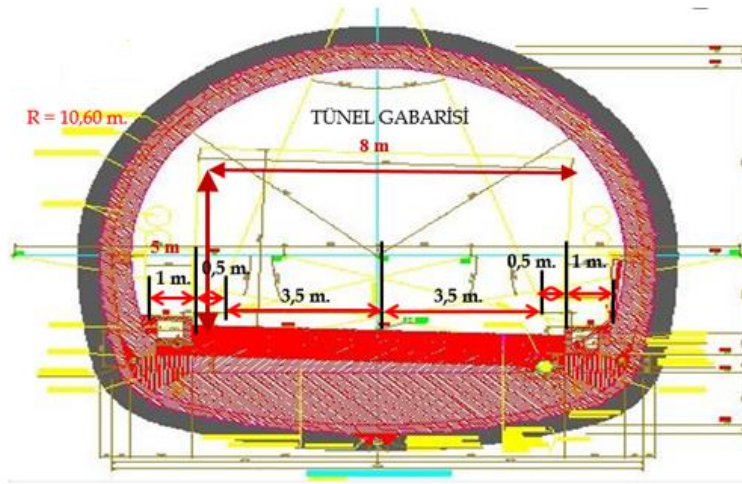


Şekil 2. Kop Dağı Geçit Haritası

Şekil 2’ de sunulan haritadan da görüleceği üzere kop dağı geçidi, Doğu Anadolu Bölgesi ile Karadeniz Bölgesini ayıran önemli bir geçittir ve 2.409 metre yüksekliktedir. Aynı zamanda Erzurum ile Bayburt arasında da bir sınır da teşkil etmektedir. Geçit zirvesi, D 915 karayolunun Bayburt’tan Erzurum yönüne doğru 44. km’sinde, Aşkale’den Bayburt’a doğru ise 27. Km sindedir. Kış aylarında bu yolda ulaşım; yolun kar yağışı nedeni ile kapanması, kar ve buzlanma sonrası açılması için yapılan çalışmalar, zaman zaman ihtiyaç duyulan bakım ve onarım çalışmaları, kayan araçlar ve dolayısı ile meydana gelen kazalardan dolayı oldukça zor olmaktadır.

3. Kop Tüneli Yapım Çalışmaları

Kop dağı tünelli geçişi, bölünmüş yol standardında inşaatı devam eden Türkiye’nin dördüncü en uzun tüneldir. T.C. Karayolları Genel Müdürlüğü 12.Bölge Müdürlüğü (Erzurum) sorumluluğunda bulunup Trabzon-Aşkale yolu Km’si: 111+600-119+845,31-Aşkale/Erzurum-Bayburt Km’si 19+000–Km: 30+208,128(Geri)/ Km:36+645 (İleri) dir tünel kesiti şekil 3’de verilmiştir. Tünel açma tekniklerinden NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi) kullanılarak proje ilerlemektedir. Son yıllarda oldukça sık tercih edilen bu teknik klasik metotla tünel açma tekniklerinin en deneysel ve esnek olanı olup en optimum destek ve kazı yöntemlerinin uygulanabildiği bir tünencilik yöntemi olmuştur. NATM tekniği ile kollu kazıcı makinelerinin kullanılması ile açılmış Kop tüneli galeri inşaatı Şekil 4’de verilmiştir. Bu teknik koşulların değişken olduğu ve iyi bilinmediği büyük çaplı uzun tünellerde iyi sonuç veren bir yöntem olarak ta bilinmektedir. Kop tüneli inşaatının Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu fay hattının kesiştiği, makaslama denilen çatlak zonunda bulunması inşaatın zorluklarla mücadele ederek devam etmesine sebep olmaktadır.



Şekil 3. Kop Tünel Kesiti

Karayolları Genel Müdürlüğü’nün (KGM) 1997-2006 ve 2013 Karayolları Teknik Şartnamesi (KTS) kapsamında yer alan NATM yöntemi ile; kayalarda delme-patlatma ile üstyarı-altıyarı şeklinde (A1-A2-B1-B2-B3), zayıf çok zayıf kayalarda delme-patlatma+makinalı kazı; üstyarı-altıyarı ve taban invertli kazı, başlıklı kaya/zemin ortamlarında; bölünmüş veya tam kesit üstyarı bölünmüş veya tam kesit altıyarı ve bölünmüş veya tam kesit invert kazı metotları ile C2-C3 ve C4 sınıfları desteklemeler uygulanmaktadır (Şirin 2016).



Şekil 4. NATM Tekniği İle Açılmış Kop Tüneli Galeri İnşaatı.

Kop Dağı Tüneli Geçiş Proje Bilgileri aşağıda Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Kop Dağı Tüneli Geçiş Proje Bilgileri

Proje hızı	90 km/sa
Platform Genişliği	23 m.
Kısalma (Uzunluk)	6.436,872 m.
Tünel Uzunluğu	Sağ Tünel: 6.504,15 m Sol Tünel: 6.490,97 m Toplam Tünel: 12.995,12 m
Tünel Gabarisi	2*(8,0*5,00)
Yak. Yolu Mak. Eğim	Giriş : +%6,885, Çıkış : -%5,94
Tünel Eğimi	+%2,05 , -%2,80 Giriş: 2.057,39 m.
Kot	Çıkış: 1.970,64 m. Çatı: 2.081,40 m Kazanç: 327,6 m.
Tünel Çapı	10,60 m.
Mak. Örtü Kalınlığı	406 m.
Mak. Dever (Anayol)	5,40%
Mak. Dever(Tünel)	3,60%

3.1 Tünel Kazı ve Destekleme İşleri

Kop Tüneli kazısı zemin klasına göre aşamalı olarak yapılmaktadır. Bu aşamalar genel olarak üstyarı, altyarı ve taban kazısı olarak isimlendirilir. Kazı kesit alanının büyüklüğüne göre de kazılar aşamalı olarak yapılabilir. Örneğin üstyarı kazısının tek aşamalı yapılması, iki aşamalı yapılması ve üç aşamalı kazı yapılması gibi. Uygulanan kazı metotları; Kırıcı Ekskavatör ile Kazı, Delici Ekskavatör ile Kazı, Düzgün-Kesme Patlatma Tekniği ile Yapılan Kazı ve TBM (Tünel Boring Machine) dir. Uygulamada kazı destekleme klasına, kayacın RMR ve Q değerlerine göre kazı aynasında karar verilmektedir. Proje aşamasında belirlenen kazı-destekleme sınıflarından ve jeolojik şartlardan farklı durumlarda karşılaşılmaları halinde değişik düzenleme ve uygulamalar yapılabilmektedir. Tünel projesi ve tünel aynasından elde edilen bilgiler ışığında destekleme sistemi aşağıdaki gibi uygulanmaktadır.

B1	Q221/221 çelik hasır, PG Bulon (4m), 10 cm Püskürtme Beton (C20/25)
B2	Q221/221 çelik hasır, SN Bulon (4m), 15cm Püskürtme Beton (C20/25)
B3 (tabanda)	Q221/221 çelik hasır, PG Bulon (4m), 20 cm Püskürtme Beton (C20/25)
B3 Özel	çift kat 2xQ589/443 çelik hasır, Q32 PG Bulon (4-6m), 25 cm Püskürtme Beton (C20)
C2	çift kat 2xQ221/221 çelik hasır,, Q28 PG Bulon (6m),25 cm Püskürtme Beton (C20/25)
C2 ÖZEL	çift kat 2xQ589/221 çelik hasır, PG Bulon (6m), 30 cm Püskürtme Beton (C20/25)
C2 ÖZEL (TİP 1)	çift kat 2xQ589/443 çelik hasır (+ umbrella arch), Q32 PG Bulon (6m), 25 cm Püskürtme Beton (C20/25)
C2 ÖZEL TİP 2	çift kat 2xQ589/443 çelik hasır, Q32 IBO Bulon (6m), 25 cm Püskürtme Beton (C20/25)
C3	çift kat 2xQ221/221 çelik hasır, Q32 PG Bulon (6m), 25 cm Püskürtme Beton (C20/25)
C3 ÖZEL TİP 1	çift kat 2xQ589/443 çelik hasır, Q32 PG Bulon (6m), 1,5" Enjeksiyonlu Boru Süren, 30 cm Püskürtme Beton (C20/25)

Kop tüneline yukarıda verilen sınıflandırma birimlerine göre öngörülen tahkimat elamanlarının kullanılması ile güvenli ve sağlam bir tasarım yapılmaya çalışılmaktadır. Kazı işlemleri bitirildiğinde çelik-hasır ve iksalar yerleştirilmektedir. Çelik-hasırlar, enine ve boyuna yönde dik olmak üzere demir çubuklardan hasır şeklinde fabrikada imal edilmektedir. Çelik-hasır ve iksalar yerleştirildikten sonra püskürtme beton uygulamasına geçilmektedir.

Tünelde yapım aşamasında tünel geometrisinden kaynaklı daha önceden öngörülemeyen birçok sorun ortaya çıkabilir. Kop Tüneli inşaatı esnasında da tünel hattı boyunca aşırı sökülme, su ve gaz gibi belli başlı sorunların varlığı hem kazı çalışmalarına hem de işin bitirilme süresine olumsuz etki yapmıştır. Tünelde özellikle suyun yarattığı sorun; tünel, açılma aşamasından sonra drenaj kanalı gibi çalışacağından çoğu zaman büyük zararlara (can ve mal kaybı gibi), tünel maliyetinin artmasına ve tünel açılış süresinin uzamasına sebep olur (Demirbaş vd., 2016). Kop Tüneli inşaatı bu anlamda da gecikmeye uğramıştır. Tünelde çalışma koşulları ve jeolojik koşullardan ötürü, atmosferik gazlar dışında bazı yabancı gazlarla karşılaşılabilir. Çalışma koşullarının zorlaşmaması ve tehlike durumuna karşı tünel içi gaz ölçümlerinin sürekli kontrol altında tutulması gereklidir. Kop Tünelinde iş güvenliği ve erken uyarı sistemi ile gaz ölçümü yapılmaktadır. Tünel içerisinde projesinde verilen ölçülerde detektörler ile ölçüm yapılarak ölçümler kayıt altına alınmaktadır. Tünel içi gaz ölçümleri de yapılmalıdır bunun için Kop Tüneli havalandırma projesine uygun havalandırma çalışmaları da devam etmektedir.

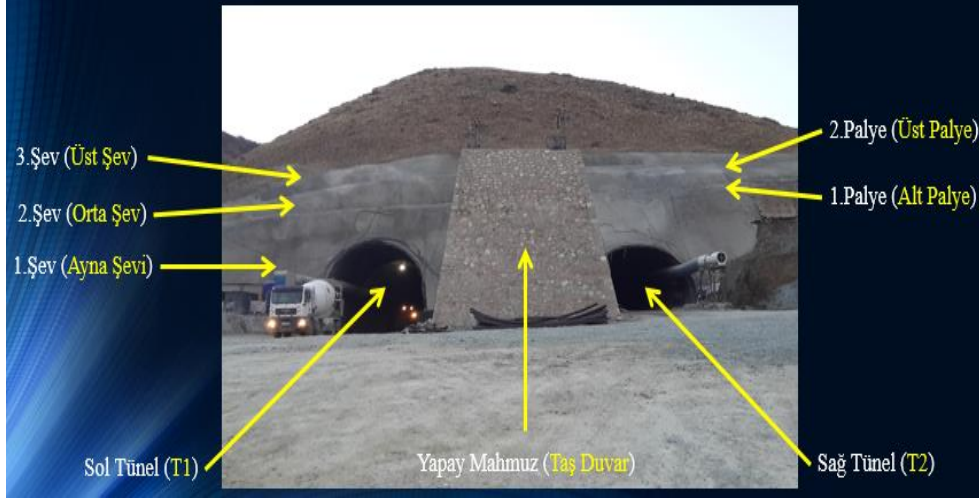
3.2 Kop Tüneli Portal ve Diğer İmalatlar

Portal, tünel ağızlarında inşa edilen sanat yapılarıdır. Tünel kazısının başlatılacağı bölgede kaya koşullarının durumu, kalınlığı, giriş koşulları (şasırtmalı vb) ve alınması zorunlu tedbirler değerlendirilerek portal şevlerinin tasarımına karar verilir (Arıoğlu 2011). Portallar tünele giriş ve çıkış ağızlarında inşa edildiklerinden dolayı imalatının da uygun olarak yapılması gerekir. Aksi hallerde bu yapılarda (tünel giriş ve çıkışında) oluşabilecek hasarlar tünel içerisinde de imalatların durmasına neden olabilir hatta iş ve işçi güvenliğini de tehlikeye sokabilir. Şekil 5’de Kop Dağı Tüneli Giriş Portalı kazısı ve Şekil 6’ da Kop Tünel Giriş Portalı görülmektedir.



Şekil 5. Kop Dağı Tüneli Giriş Portalı Kazısı

Kop Dağı Tüneli Portal inşasında çift kat çelik hasır ve 15 cm kalınlığında Şekil 6’ da görülen püskürtme beton uygulanmıştır. Püskürtme beton; tasarımına göre belirlenen miktarlarda hazırlanan çimento, hafifçe (%2 ile 6 oranında) nemlendirilmiş kum ve çakıl ile susuz ortamda karıştırılarak elde edilen kuru karışımın püskürtme beton makinesine beslenmesi ile uygulanır. Karışım, buradan basınçlı hava yardımı ile özel iletim hortumuna aktarılır, iletim hortumu ucundaki püskürtme beton tabancasında (nozül) püskürtme suyu ile karıştırılarak, uygulanacak yüzeye yüksek hızla püskürtülür. Tünel ayna şevinde 12 m boyunda Ø32 mm çapında zemin çivisi, 2.ve 3. şevde 6 m boyunda Ø32 mm çapında PG kaya bulonu kullanılmıştır (Şekil 7).



Şekil 6. Kop Dağı Tüneli Giriş Portalı



Şekil 7. Tünel Portal Bulon Deliklerinin Açılması

Kop Dağı Tüneli zemini duraylılığı düşük, zayıf kaya ortamı şeklindedir. Kazı adımı 0,50-1,50 m arasındadır. Kazı sonrası işlem sırası çelik hasır ve çelik iksa montajı peşine püskürtme beton (shotcrete) atılması şeklindedir. Çelik hasırlar çekme gerilmelerini artırarak ilerde oluşabilecek deformasyonları azaltacaktır. Tünelde kazı, tarama pasa alımı sonrası ilk olarak kafes kiriş sistemindeki ilk çelik hasır montajı yapılır. Nervürlü çelik ile bunları bağlayan bağlantı elemanlarından oluşan iksa, çelik hasır, kaya bulonu, şemsiye sürenleri (umbrella arch) ve püskürtme beton desteklemenin ana elemanlarıdır. Kaya bulonları ana iksanın bir parçası olup, püskürtme betonu ile kaya arasındaki müşterek davranışı harekete geçirmeyi amaçlayan, tünel ana kaplamasının yük taşıma kapasitesine katkıda bulunan destekleme elemanlarıdır. Tünel kazısı sırasında aynanın stabilitesi için gerekli durumlarda da kaya bulonları uygulanır. Ortam kayasının kesme dayanımı artırmak ve kemerlenme çizgisini tünel kazı hattı dışına

ötelemek maksadıyla projede belirtilen sayıda ve tasarımda bulon desteklemesi tüm tünel hattı boyunca yapılır (Apaydın vd., 2016). Uygulanan bulon türleri aşağıdaki gibidir;

1) SN bulon: Projede belirtilen çap ve eğimde bulon delikleri açılır. Hazırlanmış harç enjeksiyonu, kuyu dibinden başlamak suretiyle enjekte edilerek kuyuya doldurulur. Bir ucuna ankraj plakası ve tespit somunu bağlantısı yapmaya uygun dış açılmış, proje ve şartnameye (KGM 2013) uygun çap ve uzunlukta ki nervürlü donatı çubuğu deliğe yerleştirilir. Kaya bulonu yerleştirilip, enjeksiyon piriz aldıktan sonra (yaklaşık 12 saat sonra) plaka takılır. 2 tonluk kuvvet oluşturabilecek tork anahtarı veya havalı tork ile plaka ve somun sıkılır. Bulon plakasının püskürtme beton yüzeyine noktasal değil alansal olarak temas etmesi gerekir.

2) PG bulon: Delik açıldıktan sonra hazırlanmış nervürlü donatı çubuğu (dış açılmış ve merkezleyicisi, enjeksiyon ve hava borusu nervürlü çelik üzerine sabitlenmiş) kuyuya yerleştirilir ve kuyu ağzı tıkanır. Enjeksiyon borusundan enjeksiyon verilir ve hava borusundan enjeksiyon harcının bir müddet çıkması beklenir. Harcın çıkması ve çıkmasının devam etmesi gözlemlendikten sonra hava borusu kapatılır. Enjeksiyon verme işlemine devam edilir, basınç yükseldiği gözlemlendiğinde kuyuya enjeksiyon basma işi durdurulur ve borusu kapatılır. Diğer uygulamalar SN bulon ile aynıdır.

3) IBO bulon: İçi boş en az 6 mm et kalınlığına sahip, dış çapı en az Ø28 olan dışı nervürlü çelik çubuktur. Delici makinenin üzerine tij gibi takılarak kullanılır ve delgi sonrası dışarı alınmadan, delik içerisinde bırakılır. Bulon çubuk içinden enjeksiyon şerbeti verilir, delik ağzından enjeksiyon gelmesi ve süreklilik gösterdiği gözlenmesi halinde işlem durdurulur. Kuyu ağzı ve bulon ucu kapatılır. Plaka ve somun işlemleri SN ile aynıdır.



Şekil 5. Kop Dağı Tünelinde Uygulanan IBO Bulon Delgi ve Montajı

Genellikle aşırı su gelişlerinin yaşandığı ve açılan deliklerde yıkıntılarla karşılaşılan durumlarda IBO uygulaması yapılmaktadır. Kop Tüneli inşaatında da delik stabilitesinin sağlanamadığı durumlarda IBO bulon uygulanmaktadır.

Tünel inşaatında kademeli olarak ilerlerken tekrar kazı yapılır. Bir sonraki adımın çelik hasır ve iksa montajıyla birlikte bu iksanın ikinci kat çelik hasır montajı yapılır. Süren, kazı işleri için gerekli destek elemanlarıdır. Kazı aşamasında çökme, aşırı sökülme veya malzeme akma riski olan her türlü kaya ve zemin şartlarında uygulanırlar. Özellikle zayıf ve bloklu kaya koşullarında kazı öncesi bir ön destekleme metodu olarak tercih edilirler. İşlerin emniyetini sağlamak ve aşırı sökülme önlemek üzere çelik iksa montajı ile her zaman bağlantılı olan

süren, şartların gerektirdiği tarzda farklı şekillerde çelik bağ tahkimatı ile ve çevresel koşullara bağlı olarak yerel veya sistematik olarak uygulanabilmektedir (Geniş vd., 2005). Kazı sonrası aşırı sökülme meyilli zemin ortamlarında, özellikle suyla etkileşimli bölgelerde, kazıya girmeden önce süren uygulaması yapılır. Sürenler çelik iksa üzerinden yatayla 5-10 derece açı yapacak şekilde çakılırlar ve adetleri kazı destek türüne göre değişir (Çeçen 2007). Uygulanan süren çeşitleri:

- 1) Çelik levha süren (Palplans) : Düşük kohezyonlu zayıf zeminlerde, malzemenin kazı sırasında veya kazıyı müteakiben çökmesini önlemek amacı ile kullanılır (Kalınlık: 4-6 mm).
- 2) Çelik boru süren: İç çapı 30-35 mm, et kalınlığı 3 mm'den az olmayan çelik borular kullanılır. Zemine projesinde belirtilen aralık ve çaplara uygun olarak delgi yapılır. Daha sonra süren borusu deliğe yerleştirilir. Boru içerisinden harç enjeksiyonu verilir ve boşlukların enjeksiyon ile dolduğu anlaşıldığında boru ağzı tıkanarak imalat bitirilmiş olur. Harç enjeksiyonuna kuyu dibinden başlanılır.
- 3) Güçlendirilmiş çelik boru süren (umbrella/şemsiye süren) : Tünel üzerindeki zeminin et kalınlığının az olduğu yerlerde ve düşük kohezyonlu zayıf zeminlerde (kumlu, çakıllı) bu tarz süren uygulanır. Genellikle 3" ve daha büyük çapta çelik borular kullanılır. Projede belirtilen aralık, boy ve eğimde delgi yapılır. Zemin koşullarına göre delgiler, kuyuların birbirleri ile etkileşip delik stabilitesinin bozulmaması için atlanılarak yapılırsa daha uygun olur. Sürenler yerlerine yerleştirilip enjeksiyon ve hava borusu yerleştirilerek kuyu ve boru ağzı tıkaçla kapatılır. Enjeksiyon borusundan harç enjeksiyonu verilerek hava borusundan enjeksiyon geldikten sonra hava borusu tıkanarak kapatılır. Bir müddet daha enjeksiyona devam edilir. Basıncın yükseldiği görüldüğünde enjeksiyon durdurulur ve boru kapatılır. Kop dağı tünel inşaatında yer yer umbrella süren uygulanmaktadır.
- 4) Nervürlü çelik çubuktan süren: Çelik boru süren imalatı gibidir sadece kuyu delindikten sonra kuyu enjeksiyon ile doldurulur daha sonra nervürlü çelik çubuk süren kuyuya yerleştirilir.



Şekil 6. Kop Dağı Tüneli Süren Enjeksiyonu ve Şekil 7. Şemsiye Tipi Sürenin Deliğinin Açılması

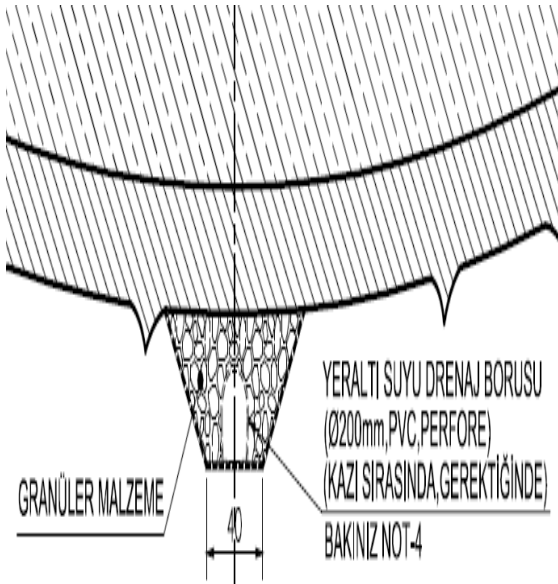
Çelik İksalar yine destek sistemi elemanlarıdır ve kazıdan hemen sonra ön destek elamanı, püskürtme beton kaplamasının donatısı ve yük dağıtan elamanı olarak çalışırlar.



Şekil 8. Kop Tüneli Çelik İksa Çalışmaları.

3.3. Yeraltı Suyu Drenajı

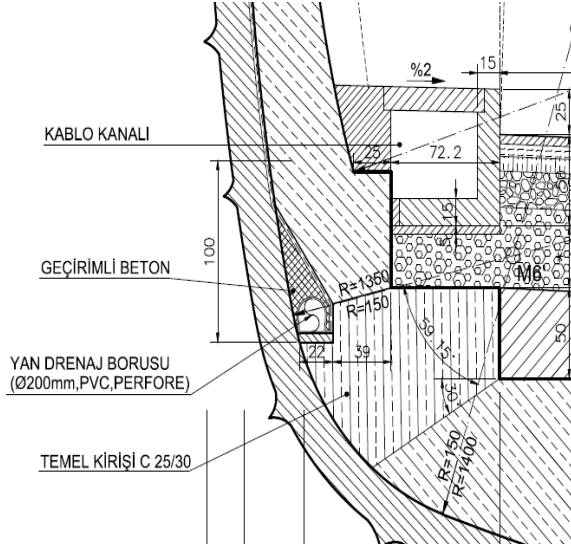
Yeraltı suyu drenajı; destekleme sistemi dışına gelen (bu alan püskürtme betonun zemin ile birleştiği yüzeyin dışıdır) yeraltı suyunun yerçekimi nedeni ile süzülmesi ve bu suyun tahliyesi için en alt kısma yapılan drenaj sistemidir. Genellikle perfore boru ve granüler malzeme kullanılarak projesinde verilen ölçülere uygun olarak yapılır. Şekil 9'da Kop Tünelinde uygulanan drenaj sistemi uygulama detayı ve Şekil 10'da detay uygulama resmi verilmiştir.



Şekil 9. Drenaj Sistemi Proje Uygulama Detayı ve Şekil 10. Drenaj Sistemi Uygulaması

3.4. Temel Kirişi, Yan Drenajlar, Geçirimli Beton ve Ana Drenaj İmalatları

Taban kazısı ve destekleme imalatının üstüne veya taban kazı desteklemesi olmayan yerlerde doğrudan altyarı kesitinin en alt yüzeyinde tünel sağında ve solunda yapılan beton imalatına temel kirişi denir. Kop Tünelinde projesinde verilen kalınlıkta ve C25/30 beton olarak uygulanmaktadır.



Şekil 11. Kop Tüneli Temel Kiriş Proje Detayı

Temel kirişi üzerine Kop Tünelinin, sağına ve soluna tünel hattı boyunca membran arkasında toplanabilecek yeraltı suyunu tahliye etmek maksadı ile yan drenaj yapılır. Bunun için Q200 mm'lik-PVC veya perfore yan drenaj borusu Şekil 11'de ki temel kiriş detayında verilen proje ölçülerine uygun olarak yerleştirilir. Geçirimli beton ise drenaj borusunu yerleştirmek için genellikle 37,5 mm'lik agrega ve çimentonun karıştırılması ile elde edilen bir beton olarak kullanılır. Karışım hesabında agreganın çimentoya oranı; 8/1 ve ağırlık olarak 10/1 olmalıdır. Bu uygulamalardan sonra membran ve keçe imalatından önce betonun sivri yüzeylerini tolere etmek amacıyla agregası ince malzemeden oluşan (0-5 mm) püskürtme beton (düzeltilme betonu) uygulanır. Uygulanan bu düzeltilme püskürtme beton üzerine önce keçe ve onun üstüne de membran serilir. Böylece su yalıtımı, projesine uygun olarak tamamlanmış olur. Bu işlemlerin ardından; püskürtme beton ile zemin arasında bazen oluşan boşlukların doldurulması için veya nihai beton ile membran arasında var olan boşlukların giderilmesi amacıyla yine enjeksiyon şeklinde beton uygulaması yapılır. Bu imalata tünelde kontak enjeksiyonu imalatı denilir. Nihai beton ise Kop Tüneli inşaatında uygulanan bir iç beton kaplamasıdır. Projesine göre donatılı veya donatısız olarak uygulanabilir. Uygulamada taban kirişi üzerine raylar yerleştirilir ve bu raylar üzerinde hareket eden nihai beton kalıp düzeneği kurulur. Kalıp düzeneği sayesinde beton uygulaması anolar yardımı ile nihai beton imalatı olarak gerçekleştirilir.

Sonuçlar

Türkiye'nin önemli projelerinden biri olan ve kuzey güney aksında yer alan Kop Tüneli; Karadeniz Bölgesi ile Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesini 12 ay kesintisiz olarak

birleştirecektir. Tünel üzerindeki örtü tabakası ortalama 400 m dir. Yeni Avusturya Tünel Açma (NATM) metoduna göre açılan Kop Tüneli inşaatında zorlu çalışma şartlarına rağmen (düşey kaya-zemin geçişlerinin değişkenlik göstermesi, Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu fay hattının kesiştiği, makaslama denilen çatlak zonunda yer alması) alınan ek tahkimat ve güvenlik önlemleri ile derinlerde başarılı kazı çalışmaları yürütülmektedir. Gerekli yerlerde iyileştirme ve ilave sağlamlaştırma işlemlerinin yapılması ayrıca önem arz etmektedir. Tüm bu çalışmalar sonucu elde edilen bilgi ve tecrübe gerek KGM gerek özel sektör için mühendislik ve ülke adına önemli kazanımlar sağlamaktadır.

2035 yılında 90 milyon nüfusa ulaşması beklenen ülkemizde yük ve yolcu taşımacılığının da 5 trilyon ton-km yük, 500 milyar yolcu-km hacmine ulaşma öngörüsü ulaştırma altyapı yatırımlarının ne kadar hayati bir öneme sahip olduğunu tekrar göz önüne sermektedir. "Demir İpek Yolu" olarak da adlandırılan Bakü-Tiflis-Kars Demiryolu Projesi'nin 2017 Ekim ayı sonunda hizmete açılmasının hedeflenmekte olduğu bildirilmiştir. Söz konusu demiryolu projesi ile Londra'dan Pekin'e demiryolu hattının kesintisiz hale getirilerek orta koridor anlamında Türkiye üzerinden yapılan taşımaların daha cazip hale geleceği beklenmektedir. Güzergâhta bulunan; Türkmenistan, Kazakistan, Özbekistan'dan Pakistan, Afganistan ve Hindistan'a kadar bütün ülkelerin yararlanacağına işaret edilerek hizmete açılacak hat üzerinden pek çok ülkeye yük taşımalarının kolaylıkla yapılabilme şansı doğacaktır. Projenin sürekliliği adına Erzurum'da inşa edilen lojistik merkezinin bitmek üzere olduğu, Kars'taki lojistik merkezi inşaatının ise devam ettiği bildirilmiştir. Bu merkezler aracılığı ile Çin'den ve Orta Asya'dan gelen yük hareketlerinin her iki il üzerinden Karadeniz'e ve buradaki limanlar sayesinde de Ortadoğu'ya ve Afrika'ya dağılacağı planlanmaktadır. Dolayısı ile Erzurum ve Kars'ın Kop Tüneli ile Karadeniz'e rahat erişimi bu proje içinde hayati bir önem taşımaktadır (Anonim). Başlatılan, devam eden ve tamamlanan tüm bu ulaşım ve altyapı çalışmaları aynı zamanda diğer sektörlerle dinamizm ve ülke ekonomisine de canlılık kazandıracaktır (UDHB 2013, Çoruh vd., 2016).

Kaynakça

1. Anonim, <http://www.trthaber.com/haber/ekonomi/baku-tiflis-kars-demiryolu-hizmete-aciliyor-336815.html>
2. Apaydın, N., Arslan, F., Topal, A.M., 2016. Ovit Tüneli Yapım Metodolojisi, Ulusal Tünelcilik ve Yer Altı Yapıları Kongresi, 26-27 Mayıs, Ankara.
3. Arıoğlu, E., 2011. Tüneller Ders Notu, Yıldız Teknik Üniversitesi.
4. Çeçen, Ö., 2007, İstanbul Metrosu Koska Tünelleri Yüzey Deformasyon Analizi, Y.Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
5. Çoruh, E., Köksal, A.O., Demirci, M., ve Pirim, B., 2016. Kop Tüneli Ve Bölgesel Önemi, Ulusal Tünelcilik ve Yer Altı Yapıları Kongresi, 26-27 Mayıs, Ankara.
6. Demirbaş, N., Sayın, A., Konak, M., Çelik, B., Tütüncü, K., 2016. Ovit Tünelinde Deformasyon Ölçümleri, Ulusal Tünelcilik ve Yer Altı Yapıları Kongresi, 26-27 Mayıs, Ankara.
7. Derleme, 10.10.2016, <http://www.tunelteknolojisi.com/pdfler/mak-1433418388.pdf>
8. Erdoğan, H.T., 2016. Ulaşım Hizmetlerinin Ekonomik Kalkınma Üzerine Etkisi, *İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, 3 (1), 187-215.
9. Geniş, A.Ö., Alkılıç, Ç., Acun, D., 2005. Çatalağzı Termik Santrali Kül İletim Tünelinde Tahkimat Uygulamalarının Değerlendirilmesi, Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET, İzmir.
10. Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ), 2013. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.

- 11.** Şirin, A., 2016. Karayolu Ulaşım Modunda Tünelciliğin Yeri, Gelişimi Ve Hedefleri, Türkiye Jeolojik Koşullarının Tünel Proje ve Yapım Çalışmalarına Olan Etkileri, Ulusal Tünelcilik ve Yer Altı Yapıları Kongresi, 26-27 Mayıs, Ankara.
- 12.** UDHB 2011, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanı, Karayolu Sektörü.
- 13.** UDHB 2013, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanı, Ulaşan ve Erişen Türkiye.
- 14.** Tunçdemir, H., 2010. <http://hdl.handle.net/11527/978096>.