

Y-7 TÜNEL İŞLERİ

7.1 Kapsam

Bu bölüm; tünel yapımında yer altı kazı, iksa, kaplama, koruma hücreleri ve havalandırma işlerine ilişkin esasları kapsar.

7.2 Tanım

Tünel: Ulaşım veya iletim amacıyla, projesinde öngörülmüş güzergahı, profili ve kesiti belirlenmiş, yer altı geçişini sağlayan yapıdır.

7.3 Uygulama Esasları

7.3.1 Projesinde gösterilen tünel güzergahı, eksenleri zeminde uygun kazıklarla çakılmış olarak, poligon açıları ve nivelman röperleriyle birlikte, idarece bir tutanakla müteahhide teslim edilir. Müteahhitlikçe tünel projesinin yeterliliğinin inşaatla başlamadan önce gözden geçirilerek; yarma veya açık tünel ile geçilebilir yerlerin kesinleştirilmesi, tünel ile gereken baca ve galerilerinde kazılacak zeminin jeolojik, jeofizik, mekanik ve kimyasal özelliklerinin yeterince tespiti sonucunda uygulanacak kazı ve iksa sistemleri, kısmi veya tam gabaride kazı seçenekleri, zeminin seçilmiş bir malzeme enjeksiyonuyla takviyesi ve drenajı gereken yerlerde uygulanabilecek enjeksiyon ve drenaj metotları, tünel kaplama cinsleri ve hesaplanmış kalınlıkları ile zeminin çimentoya etkisi dikkate alınarak uygulanacak imalat metotları, inşaat ve işletme dönemlerinin aydınlatma ve havalandırmalarının nasıl sağlanacağı, hususlarının belirlenmesiyle gereken proje ve detayların bir rapora bağlı olarak yapılıp idarenin onayının alınması, kullanılacak tüm makina, ekipman, malzeme, patlayıcı madde hazırlıkları tamamlanarak tünel inşaatına başlanması esastır. Tünel kazısı ve iksası sırasında veya kaplama işleri sırasında ve sonrasında tünelin kaplamasına daha fazla basınç gelmesi, tünel tabanında basınç etkisiyle kabarma oluşması, tünelin üstündeki zemin yüzeyinde ve bu zemine oturan yapılarda çatlama ve çökmelerin meydana gelmesi gibi beklenmedik olumsuz durumlarla karşılaşılması için, zemin özelliklerinin tespitinde ve projelendirmede eksiklik olmamasına özen gösterilecektir. Zemin durumuna göre zorunlu olmadıkça tünel tabanına radye yapılmamalıdır.

Tünel inşaatında, teslim edilmiş güzergah istikametinde olabilecek hata ve düzeltmelerden, ani su boşalması ve grizu olmasından meydana gelecek zarar ve ziyan, tünel inşaatında herhangi bir başarısızlık, hasar, neticenin istenilen kaliteden düşük olmasının sorumluluğu müteahhide aittir. Lüzumlu bütün malzemeyi müteahhit hazır ederek tünel inşaatının gecikmemesini sağlayacaktır.

Müteahhit, tünel inşaatında çalıştıracağı işe göre erbab işçi ve teknik personelin yeterliliğinden, zehirli gaz ve iş kazalarına karşı gerekli güvenlik tedbirlerinin alınmasından, inşaatın güvenli şekilde yapılmasından sorumludur. Tünelin yapılması ve tüm güvenlik tedbirlerinin alınması için yapılacak tüm harcamalar müteahhide aittir.

7.3.2 Tünel başlangıcına kadar gerekli yarma kazıları ve güvenlik tedbirleri tamamlanarak tünel kazı ve iksa işlerine başlanılacaktır. Tünel kazı ve iksa işleri ilerledikçe, tünel ekseninin taban zeminine tatbiki ve nivelman işleri ile inşaat işlerinin doğruluğunun kontrolü için, alıyman kısımlarda 20 metre, kurlblarda 10 metre ara ile gerekli kazık çakılarak röperlere bağlanacaktır.

İçine tünel açılacak zeminin tespit olunmuş durumuna göre uygun inşaat sistemi uygulanacak, seçilen sisteme uygun en iyi el ve mekanik aletler ile araçları kullanılacaktır. Buna göre; sağlam ve aktif itki vermeyen kaya zeminde Belçika sistemi, içine tünel açılacak zeminin genel stabilitesinden şüphe edilen ve aktif itki veren yerlerde yeni Avusturya sistemi, taşıma gücü

çok düşük ve akıcı zeminlerde İtalyan sistemi veya idarenin uygun göreceği özel sistemlere gidilebilir. Uygulama devam ederken, gerek zeminin cinsi ve özellikleri bakımından ve gerekse inşaatın hızlandırılması için, idare lüzum görerek sistemin değiştirilmesini, tünele diğer uçtan ve ortadan baca veya yan galeriden girilerek tünel inşaatına devam edilmesini isterse, müteahhit buna uymaya mecburdur.

Tünel kaplamasına lüzum görülmeyen sağlam zemini olan kısımlarda kazı 35-50 cm kaplama olacağı kabulü ile yapılacaktır. Müteahhit, tünel kazısı ile oluşan iç kesitin mümkün olduğu kadar düzgün bir şekil alması için kazıya özen gösterecek ve patlatmalı kazıda bunun gerçekleşmesini temin bakımından lağım deliği sayısının fazla ve derinliğinin az olması kuralına dikkat edecek ve uygun teknolojiler kullanılacaktır. Tünel kazısıyla oluşan iç kesit yüzeyinin, tünelde tatbik olunacak iksa ve kaplama kalınlıkları ve varsa birim fiyat tariflerindeki kazı ve ödeme hattı ölçü şartları dikkate alınarak, eksenden uzaklıkları önceden belirlendiği gibi sağlanacaktır. Kazı sırasında rastlanılacak erime boşlukları, mağara ve önemli aralıkları bulunan çatlaklarda rolöveye dayalı olarak ve idarenin onayı ile gereken güvenlik imalatları yaptırılacaktır.

Tünel ve yarma kazı malzemesinin inşaatın dolgularında kullanılması esas olup, artan kazı malzemesi tesise zarar vermeyecek yerlerde depolanacaktır. Tünel ve yarma kazı malzemelerinin taşıma işleri temel dışında varsa Brükner eğrisine, bu mümkün olmuyorsa idarenin talimatına göre düzenlenecektir.

Tünel kazısı sırasında rastlanılacak maden cevheri ve sair kıymetli eserler idareye, göstereceği yerde depo edilerek, tutanakla teslim olunacaktır.

7.3.3 Zemin özelliklerine uygun olarak projesinde belirlenmiş kazı ve iksa sistemleri gereği; iksa tatbiki gereken kısımlarda kazı aynasının mevcut iksa kaburgasından itibaren güvenli kabul edilen uzaklığa erişince araya bir iksa kaburgası yerleştirilecek şekilde tedbirli olunacak, gecikmeden gerekli bağlantı ve ankrajlar yapılacak, kazı iç yüzeyi ile iksa tam olarak temas ettirilip yük alabilmesi sağlanacaktır. İksa elemanlarının tünel kaplama kalınlığını azaltıcı şekilde olmaması, yerleştirme, birleştirme ve ankraj sırasında sağlanacaktır. İksa arkasında boşluk kalan yerler, üniform yüklenmeyi sağlamak için, uygun beton veya kargir imalatla doldurulacaktır. Boyuna bağlantı kuşakları da kaburga tatbik olundukça devam ettirilecektir. İksa tatbik olunacak kısımlarda zorunluluk halinde, donatılı ve donatısız, ankrajlı veya ankrajsız püskürtme beton tatbik olarak sabitleştirmeler de yapılacaktır. İksanın çelik malzemedan yapılması tercih olunacaktır.

Önce kazı yapıp arkasından iksa tatbikine zeminin taşıma gücü yeterli olamıyorsa, önce zeminin uygun malzeme enjeksiyonuyla takviyesi uygun teknoloji ve yöntem seçilerek yapılacak, bu enjeksiyonlu zemin içerisinde tünel kazısı ve iksa işlerine yukarıdaki gibi devam olunacaktır.

İksa gerektirmeyecek derecede sağlam kaya kesimlerinde idarenin izni ile iksa tatbik edilmeyebilir. Bu gibi yerlerde, gerekmesi halinde, püskürtme betonlu sabitleştirmeler yer yer yapılabilir. Ayrıca, içine tünel açılan kayaçların jeolojik ve mekanik özellikleri, hava ile temas sonucu veya sızıntı suların etkisiyle, bozulup dökülme ve çökmeler yapabileceği hallerde, tünel kaplamasının hemen tatbiki mümkün olamıyorsa, iksa veya püskürtme beton yapımı seçenekleri uygulanabilir.

İksa tatbik olunurken, tünelde eksene dik yönlerde, uygulanacak enjeksiyon veya drenajlar için projesine göre, barbakan yereri bırakılacaktır.

7.3.4 Tünel ve galerilerin kaplama yapılacak bölümü ile tünel kazısının devam ettiği bölüm arasındaki uzaklık; kazının enkesit üst yarısı ile alt yarısında yapılması hallerinde 200 metreden,

tam kesitte yapılması halinde 400 metreden, veyahut idarenin zemin özelliklerine bağlı olarak vereceği ölçüden fazla olmayacak şekilde düzenleme yapılacaktır.

Tünel ve galerilerin en az 25 metrelik bir kısmı kontrol mühendisince incelenip uygun görülmedikçe, kaplama inşaatına başlanamaz. Bu inceleme sırasında açılmış tünel kısmı, proje eksen kazıklarına ve röperlerine göre kontrolü yapılarak rolöve edilecek, kazı yüzlerinde kaplama içinde kalabilecek fazlalıklar ile zararlı ve yerinden oynamış parçalardan temizlenmesi sağlanarak, durum tutanakla tesbit olunacaktır.

Tünel kaplama anoları kemer imalatının; birbirine takip ederek ve hiçbir suretle ara vermeden yapılması şarttır. Birbirini takip eden anoların uzunlukları zemin cinsine göre 3-10 metre olacaktır. Anolar arasında 2-4 cm derz bırakılacak ve tünelin kullanım amacına göre gerekli olması halinde uygun derz bağlantıları yapılacaktır. Kaplamanın kenar ayak imalatı da, kemerlerde olduğu gibi, tünelin açılmış yüzlerinde şişkinlik, kayma, çökme ve dağılmasına meydan vermemek için hızla yapılacaktır. Tünelin kemer ve ayak imalatının zeminle arada boşluk bırakılmadan tamamıyla sıkıştırılmış şekilde teması sağlanacaktır. Boşluk kalan yerler, sağlam ve dengeli zeminlerde sıkıştırılmış harçlı veya kuru kargirle, taşıma gücü düşük ve dengesiz zeminlerde ise, özel ekipmanlarıyla üç atmosfer basınçlı, uygun kıvamda beton enjekte edilerek doldurulacaktır.

Projesinde belirlenmiş tünel kaplama kalınlığının yeterliliği, kaplama imalatı yapılırken karşılaşılmış zemin özelliklerine göre kontrollükçe tahkik olunacak, gerekirse idarenin onayı sağlanacak ve bundan sonra kaplama yapılacaktır. İksanın, kaplama kalınlığını azaltacak konumda olmaması için tedbir alınacaktır. Tünel ve galerilerinin enkesit büyüklüklerine bağlı olarak zeminden gelecek yüklerin standartlarına göre taşıma gücü yeterli bulunacak beton, betonarme, doğal taş ve betontaş kargir cinsi kaplamalarla taşınması sağlanacaktır. Kaplama imalatlarının zemin ve zemin suyunun Zararlı etkilerine karşı gerekli tesbitler yapılarak zarar önleyici tedbirler alınacaktır.

Kaplama imalatları idarenin ayrıntılı teknik şartnamelerine göre yapılacaktır. Tünel kemer kısmının betonu her iki tarafa eşit yük gelecek şekilde ve ara vermeden sürekli olarak dökülecektir. Demir imalatların korozyona karşı korunmasına uygun kalitelere beton imal olunacaktır. Kaplama yapılırken, projesine göre gereken enjeksiyon ve drenaj delikleri detayına uygun olarak bırakılacaktır. Zorunluluk halinde, tünel kaplamasına gelen zemin basıncının azaltılması ve uygun kemerlenmeyi temin için, projesine göre enjeksiyonla zemin takviyesi yapılacaktır.

Sızıntı suların kaplama imalatına girişini ve zararlı olmasını veya basınç yaparak yüklemesini önlemek için, tünel kaplamasının dış yüzeyine (zeminle temasta olan yüz) uygun malzeme kullanılarak su yalıtımı, sızıntıları toplayarak tünel tabanında tertiplenecek kanala indirebilecek toplama drenajları, projesine uygun olarak ve uygun malzeme ile yaptırılacaktır. Ayrıca, olabilecek su basıncının düşürülmesi için tünel eksenine dik yönde kaplamadan dışa doğru yatay ve eğik drenler de yapılabilir. Ancak, bu tür drenler de gelen suların tünel içine girdiği noktadan tabandaki su kanalına yönlendirilmesi gerekir. Tünel tabanında toplanan sular uygun kesitte ve beton kaplamalı bir kanal ile tünel dışına akıtılacaktır. Bu kanal üzerinde uygun aralıklarla çökeltme çukurları yapılacaktır.

Tünelin aydınlatma ve havalandırma tesisatları elektrik, mekanik ve metal aksamaları ıslanmaya ve rutubetlenmeye karşı korunmuş olacaktır.

Kaplama yapıldıktan sonra tünelin normal iç gabarisinde daralma veya şekil değiştirme olmaması için müteahhit gerekli önlemleri alacaktır. Kaplaması yapılmış bölümlerde tünel gabarisi geçirilerek, tünel boşluğunun projesine uygunluğu kontrol edilecektir. Tünel iç yüz eğrisinde hiçbir

değişiklik, tünel boşluğunda tünel eksenine göre eninde ve yüksekliğinde 5 cm.'den fazla daralma kabul edilmez.

7.3.5 Korunma Hücreleri

İşletme amacına uygun olarak; bakım-onarım, kurtarma ve diğer ihtiyaçlara cevap verecek ünitelerin tünel projesinde yerleri, boyutları, kullanım ve güvenlik ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde dışa çıkış galerileri, baca ve merdivenleri tünelin kazı, iksa, kaplama inşaatı sırasında birlikte yapılacaktır. Zemin durumunun elverişsizliği halinde, proje değişikliği sağlanarak koruma hücre yerleri idarece değiştirilebilir.

7.3.6 Havalandırma

Uzunluğu 300 metreyi geçen tünellerde havalandırma tesisatı yapılması zorunludur. Vardiyalı olarak sürekli çalışılan uzunluğu daha az tünellerde de havalandırma düşünülebilir. Havalandırma tesisatının tünelde kazı aynası önünde çalışan personelin sağlığına yetecek havayı, kazı ve patlatmalarda oluşan tozlar ile akaryakıtlı makinelerin kirletici zararlı gazlarını uzaklaştıracak kapasitede ve sağlayacak güçte olması şarttır. Ayrıca, ilgili işçi sağlığı ve güvenliği tüzük ve yönetmeliklerine uyulacaktır.

Havalandırma tesisatı projesine göre yapılacaktır. Arıza, zehirli gaz, beklenmedik aşırı sıcaklıklarla karşılaşılması hallerine göre havalandırma kapasitesinin artırılması tedbirleri alınmış olacak, yedek ekipman bulundurulacaktır.

Havalandırma yapılan tünellerde aydınlatma elektrikle yapılacaktır. Galeri kısımlarında diğer aydınlatma araçları kullanılabilir.

7.3.7 Uygunluk Kriteri

Tünel işlerinin uygunluğu; projesine göre tünelin kazı, enjeksiyon, iksa ve kaplaması, güzergahın zemine tatbiki, deformasyon ve hareketlerin, yanıcı ve zehirleyici gazlar ile tozların ve gürültünün ölçümü ve havalandırma işlerinde deneyimli ve bilgi birikimi olan mühendislerin sorumluluğu ve denetimi tedbirleri; yer altı inşaatıyla ilgili iş güvenliği ve işçi sağlığı tüzük ve yönetmelik tedbirleri, makina kullanımında özel güvenlik tedbirleri, ilgili standart ve şartnamelerle belirlenmiş projelendirme ve uygulama tedbirleri, ilgili Türk ve/veya Avrupa Birliği standartları ile getirilecek tedbirler çerçevesinde değerlendirilecektir.

7.3.8 İlgili Standartlar

TS EN 206-1 (Nisan 2002)	Beton-Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk
TS EN 815 (Nisan 1999)	Kalkansız Tünel Açma Makinaları ve Kayaçlar İçin Rotsuz Kuyu Açma Makinalarının Emniyeti.
TS 6571 (Şubat 1989)	Yeraltısularının Drenaj Metodu-Tünel ve Galeri Kazılarında
TS 11747 (Nisan 1995)	Püskürtme Beton (Shocrek) Yapım Uygulama ve Bakım Kuralları
TS EN 12110 (Mart 2005)	Tünel Açma Makinaları-Hava Geçirmez Kabinler-Güvenlik Kuralları
TS EN 12111 (Nisan 2004)	Tünel Açma Makinaları-Döner Kafalı Kazıcı Makinalar, Döner Tamburlu Sürekli Kazıcı Makinalar ve Darbeli Kazıcı Makinalar-Güvenlik Kuralları
TS EN 13256 (Nisan 2003)	Jeotekstiller ve Jeotekstillerle İlgili Mamuller-Tüneller ve Yer altı Yapılarının Yapımında Kullanım İçin Gerekli Özellikler