

Sınırları zorlamak

Türkiye’de hızlı tren yolu inşaatı yapan müteahhitler, Ankara yakınlarındaki viyadükleri daha hafif inşa etmek üzere Hareketli İskele Sistemi (HİS) kullanıyor. Yaptığı yerli imalatlarla tanınan ÇEKA, Grup şirketi olan KAPPA Kalıp ile viyadük projelerine özel çözümler sunuyor



Toplam uzunluğu 6 km üstünde olan 4 viyadük Ankara yakınlarındaki vadilerde Ankara’yı Sivas’a bağlayacak hızlı tren yolunun bir bölümü olarak yer alıyor. Hareketli İskele Sistemi (HİS) kullanılarak Doğu İnşaat tarafından inşa edilen viyadükler, 7 kısım halinde inşa edilen hattın Ankara Kırıkkale arasındaki 74 km’lik kısmında yer alıyor. Ankara Sivas hattı Türkiye’de inşaatı devam eden 3 hızlı tren hattından biri. Bütün hatlar tamamlandığı zaman Türkiye toplam 5 hızlı tren hattına sahip olacak. Ankara İstanbul arasındaki ilk hızlı tren hattı 2014 yılında faaliyete geçti. Şu anda Pendik’e kadar uzanan hattın İstanbul şehir merkezine son bağlantısının 2018 yılında tamamlanması bekleniyor. Ankara’dan Konya’ya giden hat, 2011 yılında faaliyete geçerek, iki şehir arasındaki seyahat süresini 10 saatten 90 dakikaya indirdi. Halen yapım aşamasında olan üç hat, Türkiye’nin başkentini Sivas, İzmir

ve Bursa şehirlerine bağlayacak. Bu genişleme programı, Türkiye demiryolu idaresi TCDD’nin sorumluluğunda yapılıyor.

Hareketli İskele Sistemi

Ankara ile Sivas arasındaki hızlı tren hattı, toplamda 460 km’lik yeni hattın inşasını içeren önemli bir girişim. Sadece Ankara - Kırıkkale kesiminde 13 adet viyadük bulunuyor. Bunlardan HİS ile inşa edilen dördü ise en yüksek ve en uzunları olarak dikkat çekiyor. Viyadükler 300 km/saat maksimum hıza göre ve çift hatlı olarak tasarlanmış ve 250 km/s hızla seyahat eden trenleri taşıyacaklar. Dört beton viyadük inşaatı için ihale aşamasında dengeli konsol sistemi öngörülmekle birlikte İdare diğer inşaat metotları ile de hazırlanacak tekliflere açık olduğunu ihale şartnamesinde belirtmiş. Ana köprü yüklenicisi Doğu İnşaat ve tabliye alt yüklenicisi KAPPA, BERD’in organik öngerme sistemi ile HİS kullanarak

alternatif bir inşaat yöntemi önerdi. Bu yöntem, beton ve betonarme demirinde neredeyse yarı yarıya tasarrufu mümkün kılmaktaydı. Sadece tabliye kesitinde değil, viyadük ayak, temel ve kazıklarında da önemli ölçüde tasarrufa imkân sağlayan bu yapım metodu BERD’in patentli organik öngerme sistemine sahipti. Hareketli iskele sistemine monte edilen bu öngerme sistemi sayesinde HİS daha hafif çelik yapıya kavuşmuş ve çok düşük esneme değerleri elde edilmiş. Böylelikle köprü tasarımında önemli ölçüde tasarruf yapılmasına olanak sağlamış. Ayrıca viyadüklerin bulunduğu depremlere eğilimli bir bölgede, daha hafif açıklıklara sahip bir yapı ile sismik yüklemeye daha az tepki veren bir yapı oluşturulmuş.

Güvenli çalışma ortamı

Emniyetli bir çalışma ortamı sunan HİS, özellikle 80 metrelik yükseklikte sağladığı rahat çalışma ortamı sayesinde in-



saat kalitesi ve iş güvenliği konusunda çok önemli avantajlara sahip. Sağladığı tasarruf ve çalışma ortamının getirdiği avantajlar sayesinde İdare önerilen proje değişikliğini kabul ederek projeyi onaylamış. Bazı açılardan benzer olsa da dört yapı açıklık boyları, yükseklik ve uzunluk bakımından farklılıklar gösteriyor. Bu viyadüklerin üçü birbirine çok yakın konumdayken, dördüncü viyadük daha uzak bir konumda yer alıyor. Diğer viyadükler ile bağlantısı 4 km uzunluğundaki bir tünel ile sağlanıyor. Bu dört viyadükte en uzun açıklık 90 metre – toplam 35 adet açıklık 90 metreyken geri kalan açıklıklar 37 m ile 50 m arasında yer alıyor. BERD'nin bu iş için özel olarak tasarladığı ve imal ettiği makineler, M55-S ve M1-90-S, ikisi de üstten çalışan tipte (Over Head) ve çalışma kolaylığı sağlayan köprü vinçlere sahip. BERD'in beton dökümü esnasında devreye giren patentli öngerme sistemi OPS her iki makinede de kullanılmış. Beton dökümü sırasında devreye giren organik öngerme sistemi, diğer inşaat yöntemleri kullanılarak inşa edilen tabliyelerden hem daha ince ve hafif bir kesite olanak sağlarken, hem de daha hassas ve kaliteli inşaatı mümkün kılıyor. 49,5m ve daha uzun olan açıklıklar, daha kısa açıklıkta kullanılan 2.6m derinliğindeki kutu kirişlerden farklı olarak 5m'lik daha derin bir kutu kiriş kesitine sahip. M55-S için tipik açıklık yapısı 45 metre. Ancak M1-90-S, BERD sistemini bugüne kadar yapılanların ötesine taşıyan bir tasarıma sahip ve bu sistem ile 50m ile 90m arasında değişen tüm açıklıkları yapılabiliyor.

Sağlanan avantajlar

Bu projede çalışmaya başlamadan önce, BERD'nin MSS'sini kullanarak inşa edilen en uzun açıklık 70m'di. Bu sisteme kıyasla oldukça kısıydı ve İspanya ve Slovakya'daki projelerde kullanıldı. BERD her zaman sistemin daha uzun bir açıklığa uyarlanabileceğinden emindi ve bunu bu projede göstermeye kararlıydı. Doğru koşullarda M1-90-S, özellikle bunu başarmak için en uygun hale getirilmiş bazı prosedürler ve işlemler ile 90m açıklık başına 14 günlük bir inşaat döngüsünü elde etmek üzere tasarlanmış. Örneğin dış kalıplar elektrik tahrikli bir sistem kullanılarak çekmece gibi açılır ve kapanır. Hidrolik sistemlere göre de daha hızlıdır. Şu anda, V7'deki mevcut lokasyonda, makinenin döngü süresi ni-

hayet optimumuna ulaşmış. KAPPA firmasının ortaklarından İnşaat Y. Mühendisi Murat Kutay 14 günlük döngünün sağlandığını teyit etti. M1-90-S ekipmanı, tabliyeyi tamamen kapatacak şekilde tasarlanmış, bu yöntemle tabliye demiri 12m boyunda kafesler şeklinde demir sahasında hazırlanıp, ard germe boruları içine yerleştirilmiş olarak getiriliyor. HİS 5m yükseklik ve 30 ton ağırlığa sahip kafeslerin tabliyeye yerleştirilmesine olanak tanıyan bir tasarıma ve köprü vinçlere sahip. M1-90-S içindeki iki adet köprü vinç hem demir montajını hızlandırıyor hem de makineyi bir sonraki açıklığa taşıyacak 30 ton ağırlığındaki mesnetlerin taşınmasına olanak sağlıyor. M1-90-S 'in tamamladığı ilk viyadük, geçen yılın sonunda 15 numaralı viyadüktü. Viyadük V15, burada doğal olarak bulunan kilin renginden dolayı adlandırılan Kızılırmak nehrinin üstünden geçiyor. Doğuş İnşaat'ın temellerin altına çaktığı 1,5m çapındaki kazıkların boyu, 20m'den 40m'ye kadar değişmekle beraber, zemin koşulları da yumuşak kil ve sert kaya arasında değişiyor. 3 metrelik yükseklikte tırmanır kalıp kullanılarak inşa edilen viyadük ayaklarının imalatına 2015 yılında bu viyadükte başlanmış. M1-90-S'in montajına aynı yılın Temmuz ayında başlanması planlanmıştı ancak mesnet seçiminde yaşanan talihsiz gecikmeler nedeni ile M1-90-S ilk açıklığa 7 ay gecikerek 2016 yılının Temmuz ayında gelebildi.

Çalışmada hızlanma

İhale dokümanlarında yer alan Dengeli Konsol inşaat metodu gibi HİS de köprü ayakları ile





birlikte başlangıç segmentleri dökülüyor. Başlangıç segmentlerini köprü ayakları ile birlikte inşa eden ana yüklenici Doğu İnşaat'ın Proje Yöneticisi Erkan Hanefi Hakan'ın da söylediği gibi "Segmentlerin inşaatı yavaş ve karmaşıktır ve her birinin tamamlanması yaklaşık bir ay sürmektedir. Buna rağmen bu köprü tabliyesinin imalatını hızlandırarak genel bir avantaj sağlamaktadır." M1-90-S, 1440 m uzunluğundaki V15'in inşasını tamamladı ve bir sonraki viyadük (Viaduct V7)'de kullanılmak üzere sökülüp, nakledildi. Yapılan tasarım gereği, kutu kesitli ana kirişin betonlanması tek bir açıklık olarak, ancak iki aşamada yapılıyor. Önce U şeklindeki alt bölüm dökülüyor, iç iskele ve tavan kalıplarının yerleştirilmesinden sonra üst tabliye 2. aşama olarak dökülüyor. Yapının en büyük dökümü, 700m³ C60 betona ihtiyaç duyan 90m açıklıktaki U kesiti olarak dikkat çekiyor. Aynı açıklıktaki üst tabliye ilave 500m³ beton gerektiriyor. 90m açıklıklı kutu kesitli kirişin toplam beton hacmi 1,200m³ civarında. Betonlama prosedürü için üç adet yer pompası ve üç beton dağıtıcı sistem kullanılıyor. 90m açıklıkta en büyük beton dökümünün tamamlanması yaklaşık 14 saate kadar düşürülmüş durumda.

Zorluklar

Murat Kutay, beton teminin şantiyenin uzak

olmasının sorun olabileceğini belirterek, "Ana şantiye ve beton santrali arası yaklaşık 40km uzaklıktadır, bu nedenle müteahhit, yerel tedarikçilerin ve ana yerleşkeden teslimatlarının bir kombinasyonu ile planlamak zorundadır" diyor. Beton sahaya ulaştığında bile, betonun yer pompasına ulaştırılması oldukça sıkıntılı olabiliyor. 13,20m olan köprü tabliyesinde yaya kaldırımları nedeniyle daralan platform trans mikserlerin giriş çıkışını ve manevrasını zorlaştırıyor. Kutay, "Çok dar ve zaten üzerinde çok fazla şey var," diye itiraf ediyor, "Bu yüzden manevra ve hareket alanı ideal değil. Saatte 50 m³'lük bir beton hızına ulaşmak kolay olmadı. Çok dikkatli ve özenli bir planlama ile artık en büyük beton dökümü 14 saate kadar düşürüldü." Saha ayrıca, kış aylarında -25 ° C'ye kadar, yaz aylarında ise 40 ° C'ye kadar çıkabilen geniş bir sıcaklık değişimi yelpazesine sahip. Tüm hava koşullarında betonlama devam etmekte olup, kürlenmenin tamamen kontrol edilmesini sağlamak için bir buhar küru sistemi kullanılıyor. En uzun açıklıklarda 14 adet 31'li tendon grubu kullanılan viyadüklerde arderme işleminin tamamlanması yaklaşık 12 saat sürüyor, daha sonra makine bir sonraki döküme geçmek üzere yeniden yürütülüyor. Beton dökümünden sonra 72 saat gibi çok kısa bir zaman içinde beton küru, arderme,

yürüyüş ve dış kalıp hazırlıkları tamamlanarak demirci ekiplerine teslim ediliyor. Sahada kullanılan her iki makine de hareketli iskele sisteminin üstten çalışan versiyonu. Teçhizatın üstten çalışması, yapı tipine ve yapım aşamasında olan köprünün yerel arazisine bağlı olarak yükleniciler için özel avantajlar sunuyor. İnşa edilecek viyadük plan üzerinde sıkı bir eğriye sahip olduğunda, ekipmanın üstten çalışması dönüş noktalarında köprü ayakları ile çatışmasını engelliyor. Benzer şekilde, montaj yeri ve ilk açıklıklarda sistemin zemine yakına olduğu yerlerde, alttan çalışan sistem ekipmanının köprüye yerleştirilmesi için yeterli bir alan sağlanamayabiliyor. Maliyet yönünden, alttan çalışan sistemler biraz daha ucuz, ancak seçim sadece maliyete bağlı olmayıp bunu dışındaki birçok değişkene de bağlı: M1-90-S dört viyadükte kullanılıyor olsa da, daha küçük olan M55-S sadece ikisinde gerekiyordu. M55-S, yaklaşık dokuz gün süren çevrim süreleri içinde 45m uzunluğundaki açıklıklar yaptı. Bu ekipman ile en büyük beton dökümü 45m açıklık için 450m³ olmuş.

Bu makale, Helena Russell'in Bridge Design and Engineering Magazine'den yayınladığı raporlarla makalenin gözden geçirilmiş bir versiyonudur. ■