



Şekil 7: 120 dakika



Şekil 8: İlk yerli yangın testi, yangın testi, Maastunnel, Rotterdam, Hollanda, 2012

2.5 Beton Tünel Yapılarının Yangından Korunması

Beton yapıların spalling, yarılmama, dökülme ve çatlama nedeniyle hasar görmesini önlemek için, harici yangın koruma malzemelerinin uygulanması, beton karışımının optimizasyonu ve karışıma polipropilen liflerin eklenmesi gibi çeşitli ve etkili önlemler uygulanabilir.

- Yangın yalıtımı uygulanması

Beton yüzeye yangından koruyucu bir yalıtım tabakası uygulandığında, ısıtma oranları ve sıcaklık farklılıkları önemli ölçüde azaltılabilir. Bu yöntem, yangından oluşan beton hasarını sınırlandırmaya yardımcı olarak yangın sonrası onarım maliyetlerinin ve onarım süresinin kısalmasına yol açar.

Levha malzemesi veya püskürtme harcı gibi koruyucu malzemeler kullanırken, malzemenin beton yüzeye sabitlenmesi yöntemine dikkat edilmelidir. Yangın koruma sisteminin etkili bir şekilde çalışması için uygun ankrajların ve bağlantı malzemelerinin türü, çapı ve uygulama aralığı dahil olmak üzere seçim detayları çok önemlidir. Ayrıca, RWS yangın eğrisinin ulaştığı (1350°C'ye kadar) yüksek sıcaklıklara dayanabilen bir yangın koruma malzemesi seçmek de kritik olacaktır [6].

- Beton karışımı tasarımı

Spalling davranışı, beton karışım tasarımından büyük ölçüde etkilenir. Spalling olasılığını doğrudan betonun basınç dayanımı ile ilişkilendirmek mümkün olmasa da, beton içeriğinin spalling davranışı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Özellikle dikkat edilmesi gereken parametreler arasında; agrega tipi, maksimum agrega tane çapı, bileşenlerin nispi ısı genleşmesi, geçirgenlik, ince dolgu maddelerinin eklenmesi ve nem içeriği sayılabilir.

Nispeten düşük termal genleşmeye sahip bir agrega tipi seçilerek iç gerilmeler sınırlandırılabilir. Bu etki, büyük tane çaplarından (örneğin 32 mm) kaçınılarak daha da geliştirilebilir. Betonun geçirgenliği büyük ölçüde su çimento oranına bağlıdır. Düşük su çimento oranları, ısıtma sırasında (daha düşük su içeriğine rağmen) yüksek boşluk basıncının oluşabileceği nispeten geçirimsiz betona yol açar. Ayrıca, geçirgenliği büyük ölçüde azalttıkları için silika dumanı gibi ince dolgu maddelerinden de kaçınılmalıdır.

- Polipropilen lifler (fiberler)

Spalling mekanizmasını önlemek için uygun seçeneklerden biri de, beton karışımına polipropilen (PP) liflerin eklenmesidir. Bu lifler çok küçük boyutlardadır. Bu nedenle, beton karışımına metreküp başına birkaç kilogram eklendiğinde ve düzgün bir şekilde dağıldığında, beton hacmi içinde bir ağ oluştururlar. Yangın esnasında beton yüksek ısıya maruz kaldığında, lifler erir ve ayrışır, betonun gözenekliliğini ve geçirgenliğini artırır. Yangın testleri, PP liflerinin boşluk basıncını azalttığını, ancak betonun ısı genleşmesi nedeniyle oluşan gerilmeleri değiştirmede göstermektedir. Su buharı, belirli bir yapıda spalling için ana itici güç ise, PP liflerinin uygulanması, aşınmayı çok düşük derinliklerle sınırlayabilir. Etkili PP lif uygulama dozajı, spalling hassasiyeti çok sayıda faktöre bağlı olduğundan vakadan vakaya değişir. Yangın testleri genellikle, aşınmayı önlemek için 1 ila 3 kg/m³lük dozajların gerekli olduğunu göstermektedir.

PP liflerinin eklenmesi, betonun işlenebilirliğini ve dayanıklılığını azaltması gibi bir dezavantaja sahiptir. Spalling etkisini azaltmak için gereken lif çapı çok küçüktür (tipik olarak 18 veya 32 mikron). Bu nedenle, lifler suyun bir kısmını absorbe ederek karışımın işlenebilirliğini azaltır. Daha küçük çaplı lifler, bir kg lif içinde daha fazla sayıda lif adeti avantajına sahiptir, ancak diğer yandan işlenebilirliği daha da fazla azaltırlar. Hangi lif çapının beton içinde en iyi ağ yapısını sağladığı ve dolayısıyla aşınmayı en çok azalttığı, liflerin beton karışımına eklenmesindeki işçiliğe de büyük ölçüde bağlı olacaktır. Her şey uygun şekilde yapılırsa, PP lifleri, spalling oluşumuna karşı etkili bir önlem olabilir. Önerilen lif tipi (çap, uzunluk), karıştırma prosedürü ve dozaj kombinasyonunun beton aşınmasında yeterli azalma sağladığını kanıtlamak için yangın dayanım testleri yapılmalıdır.

SONUÇ

Beton tünel yapılarının doğru şekilde tasarımı, tünelin yangına karşı mukavemetini artırmak ve yangın hasarını, onarım süresini ve maliyetlerini sınırlandırmak için çok önemlidir. Betonda spalling, çok sayıda faktörün rol oynadığı ve dolayısıyla çok karmaşık bir olgudur. Bu nedenle, gerçeğe olabildiğince yakın yangın testleri, beton yapının spalling davranışını belirlemenin yegâne yöntemidir. Duruma bağlı olarak (örneğin mevcut, çalışmakta olan bir tünel veya yeni bir tünel tasarımı için), spalling davranışının RWS/Efectis test prosedürüne göre veya Mobifire® yerinde yangın testlerini kullanarak doğrulanması önerilir.

KAYNAKLAR

- [1] Transportation Research Board of National Academies, "NCHRP Synthesis 415 Design Fires In Road Tunnels", Washington D.C., USA, 2011.
- [2] İbik, İlker, "Developments in Fire Protection Design For Concrete Tunnels", 2nd International Conference on Tunnel Boring Machines in Difficult Grounds, İstanbul, Türkiye, 2016.
- [3] Breunese, A.J., "Master's Thesis On Tensile Properties of Concrete during Fire", Faculty of Civil Engineering and Geoscience, Delft University of Technology, Delft, Netherlands, 2001.
- [4] Breunese, A.J., Both, C., Wolsink, G.M., "2008-Efectis-R0695 – Fire Testing Procedure for Concrete Tunnel Linings", Rijkswaterstaat and Efectis Nederland, Rijswijk, Netherlands, 2008.
- [5] Vermeer, M. , Breunese, A.J. , Noordijk, L.M. "Mobile Furnace for Determining Spalling Sensitivity of Existing Concrete Tunnel Linings", ISTSS Conference, New York, USA.
- [6] Breunese, Arnoud, Van Der Waart Van Gulik, Tim, "Developments in Fire Protection Design for Concrete Tunnels in The Netherlands," Proc. of National Fire Safety Conference 2015, Editör S. Bakhtiyari, Tehran, Iran, 2015.

