



DOHA METROSUNDA TÜNEL HAVALANDIRMA SİSTEMİNİN KABUL TESTLERİ

Acceptance Tests of Tunnel Ventilation System in Doha Metro

Mahir İlter BİLGE
Orhan ÇELEBİ
Mustafa BİLGE
Eren MUSLUOĞLU

ÖZET

Son yıllarda meydana gelen, can ve mal kaybına yol açan kazalar, metrolardaki tünel yangınının ne kadar tehlikeli olduğunu göstermektedir. Tünel yangınlarında oluşabilecek can ve mal kaybını önlemek için “Acil Durum Tünel Havalandırma Sistemi”nin uygun bir şekilde tasarlanmış, kurulmuş ve testlerinin yapılmış olması çok önemlidir.

Bu çalışmada 13 istasyondan oluşan “Doha Metro Kırmızı Hattı”nda 103 farklı yangın senaryosu için uygulanan tünel havalandırma sistemi kabul testleri anlatılmaktadır. Yapılan saha testleri sonucu tünel havalandırma sisteminin tasarıma uygun olarak çalışıp çalışmadığı görülebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Metro Tünel Havalandırma Sistemi

ABSTRACT

During the testing and commissioning stage of tunnel ventilation systems, it is crucial to make sure that the system is performing as designed. The fan flow rates can be verified by measurement of flow rate of each fan; however, an integrated system test has to be carried out to ensure that in case of a fire in the tunnel, the air velocity at the tunnel is larger than the critical velocity for all tunnel sections.

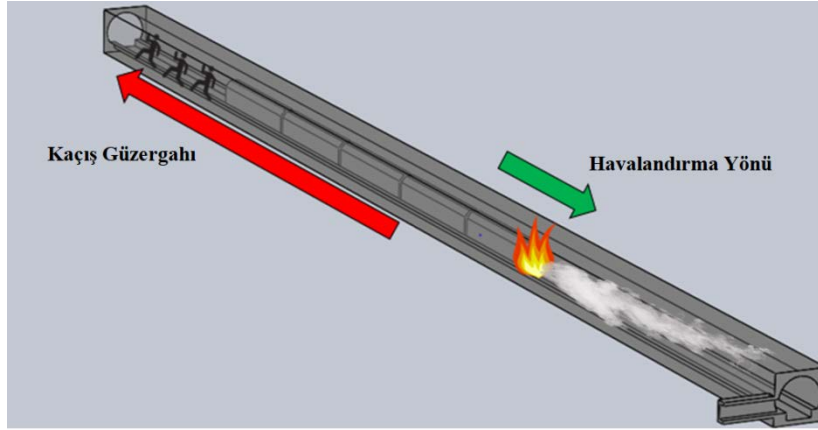
Over the past few months, 103 different fire scenarios were tested and verified by measurement of air velocity inside the tunnel at different tunnel sections.

Key Words: Metro Tunnel Ventilation

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artması ve şehirlerin daha büyük hale gelmesi ile beraber yeraltı metro hatları genişlemekte ve yaygınlaşmaktadır. Bu yaygınlaşma kaçınılmaz olarak da yaşanan kaza miktarlarında artışı beraberinde getirmektedir. Bu sebeple tünel havalandırma sistemleri her geçen gün önem kazanmaktadır.

Metro tünellerinde yaygın olarak emme-basma havalandırma yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde bir istasyondan taze hava tünele verilmekte ve diğer istasyonun duman egzoz şaftı aracılığı ile tahliye edilmektedir. Bu tip havalandırma sistemlerinde sağlanması gereken temel ölçüt, yangın anında tünel içerisindeki hava hızının dumanı tahliye etmek için gerekli olan kritik hız değerinden yüksek olmasıdır. Bu sayede dumanın tek tarafa doğru akması sağlanmış olur ve yolcular için güvenli bir kaçış güzergahı elde edilir. Tünel havalandırma sisteminin çalışma prensibi Şekil 1’de açıklanmıştır.

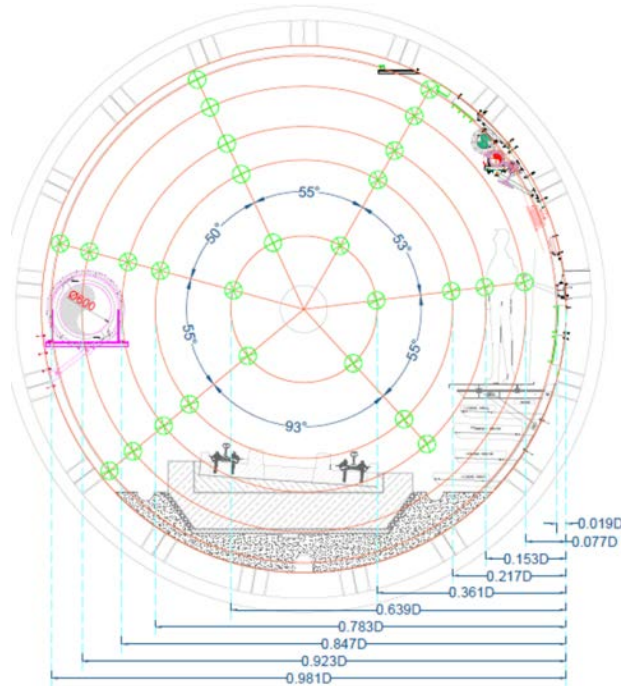


Şekil 1 Tünel Havalandırma Sisteminin Çalışma Şekli

Doha Metrosunun Tünel Havalandırma sisteminin tasarımı Parsons-Brickerhoff tarafından yapılmış, havalandırma fanlarının ve sisteminin montajı ve uygulaması ise Zitron tarafından yapılmıştır. Çalışmanın konusu olan Tünel Havalandırma Sisteminin kabul testleri ise Mecon firması tarafından yapılmıştır.

2. SİSTEM KABUL TESTLERİ

Yapılan çalışmanın temel amacı, tünel havalandırma sisteminin tasarlandığı şekilde çalıştığını doğrulamaktır. Bu doğrulamanın yapılabilmesi için tünel içerisindeki ortalama hava hızının doğru bir şekilde ölçülmesi ve minimum gerekli olan hava hızı değeri ile karşılaştırılması gerekmektedir.



Şekil 2 Basınç Ölçüm Noktalarının Kesit Üzerindeki Dağılımı

Tünelin içerisindeki hava hızının ölçülmesi için, *ASHRAE Fundamentals* [1] tarafından önerildiği gibi akışın olduğu tünel içerisinde 30 adet basınç ölçüm noktası yerleştirilmiştir. Ölçüm hassasiyetinin artırılması için, noktalar Log- Tchebycheff kuralı ile uyumlu olarak dağıtılmıştır.

Diferansiyel basınç değerleri saniyede bir veri olacak şekilde 10 dakika boyunca kaydedilmiş, daha sonra basınç değerlerinin ortalaması alınmış ve "Bernouli Denklemi" kullanılarak ortalama hava hızı hesaplanmıştır.

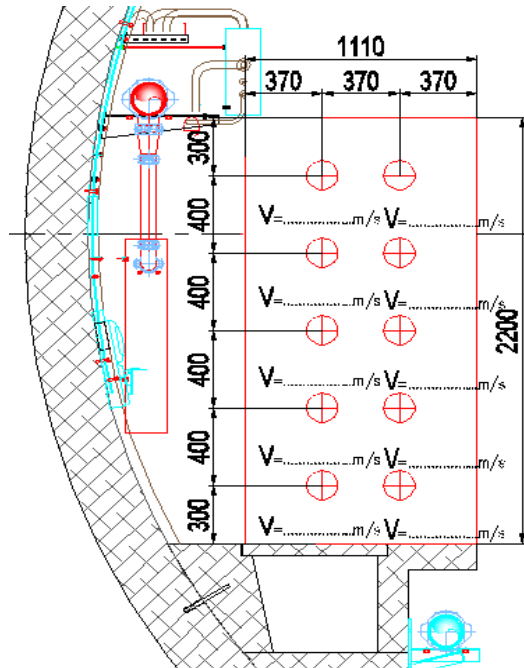
$$\frac{\rho \cdot v^2}{2} = \Delta P$$

Burada ρ (kg/m^3) havanın yoğunluğunu, v (m/s) havanın hızını, ΔP (Pa) ise ölçülen diferansiyel basıncı sembolize etmektedir.



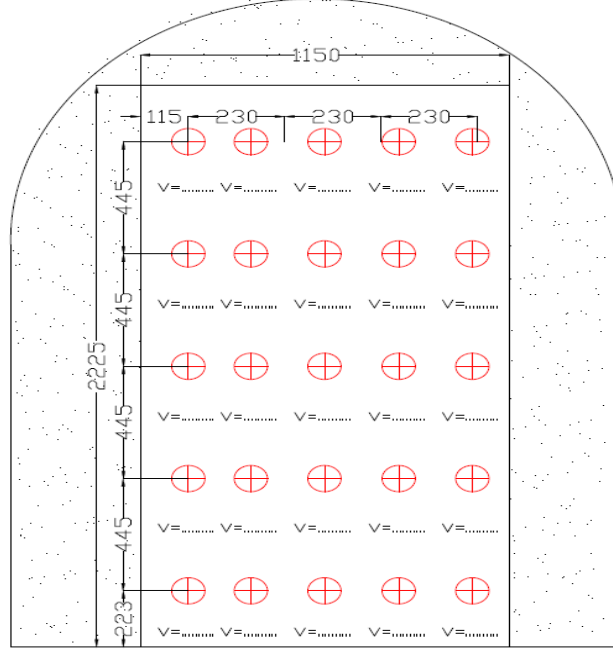
Şekil 3 Hava Hızı Ölçüm Sistemi

Tüneldeki hava hızının haricinde yolcuların tüneli güvenli tahliyesi için gerekli olan kriteri sağlamak adına yürüyüş yolunda da dijital anemometre ile ölçüm alınmaktadır. Tüneldeki maksimum hava hızının, kesit alanının daralmasından dolayı trenin yanındaki yürüyüş yolunda olduğu göz önüne alınarak burada 10 farklı noktada dijital anemometre ile hava hızı ölçülerek maksimum değer okunur.



Şekil 4 Yürüyüş Yolu Ölçüm Noktalarının Dağılımı

Aynı ölçüm aleti kullanılarak iki tüneli birbirine bağlayan geçiş noktalarında (Cross-Passage) da hava hızı ölçülmektedir. Bu ölçümlerdeki temel amaç ise yangının olduğu tünelden yangının olmadığı tünele duman kaçışının olmadığını teyit etmektir. Geçiş pasajlarındaki kapılarda toplam 25 noktada hava hızı ölçülerek kapılardaki ortalama hava hızı hesaplanır.



Şekil 5 Tünel Arası Geçiş Kapısında Ölçüm Noktalarının Dağılımı

3. SİSTEM KABUL TESTLERİ

Tünel içerisinde oluşan bir yangında dumanın tek yöne doğru hareketlenmesi ve yolcuların diğer yönden tahliye edilmesi hedeflenmektedir. Duman yayılımının engellenmesi için tünel içerisindeki hava hızının kritik hız değerinin üzerinde olması gerekmektedir. Tünel havalandırma sistemleri bu prensibe göre tasarlanır ve çalışması beklenir. Kritik hız değeri, tünel geometrisi, yangının ısı yükü, yüzeyin eğimi vb. gibi değerler dikkate alınarak hesaplanmaktadır.

Tünel havalandırma ekipmanları, metro tünel sistemi içerisindeki her kesitte bu hızı sağlayacak şekilde seçilmektedir. Bu süreçte yaygın olarak "Subway Environmental Simulation" yazılımı kullanılmaktadır. Seçilen ekipmanların doğrulama testlerinin yapılabilmesi için soğuk akış analizleri sonucunda yangın olmadığı durumda tünelde olması gereken hava hızı belirlenir. Tünel havalandırma sistemi testleri sırasında her bir senaryoda ilgili SES Simulasyonu'nda belirtilen hava hızından yüksek değerlerin ölçülmesi gerekmektedir. Tüneldeki dumanı tahliye etmenin yanı sıra yolcuların da tüneli güvenli bir şekilde tahliye edebilmeleri için tüneldeki yürüyüş yolu ve bir tünelden diğerine geçişi sağlayan geçiş noktalarında (Cross-Passage) da belli kriterleri sağlamak gerekmektedir. Yolcuların yangın anında tüneli güvenli bir şekilde tahliye edebilmeleri için yürüyüş yolundaki hızın 11 m/s'yi aşmaması gerekmektedir. Bu hız değeri NFPA 130 [2] (National Fire Protection Association) tarafından yayınlanan standartların B.2.1.4.2 maddesinde yer almaktadır. Öte yandan iki tüneli birbirine bağlayan geçiş noktalarında yangının çıktığı tünelden yangın olmayan tünele duman geçişinin olmaması adına belirlenmiş olan kriter ise yangın olmayan tünelden yangın olan tünele doğru 0.5 m/s'nin üzerinde pozitif bir hava hızının olmasıdır.

SONUÇ

Doha metrosundaki tünel havalandırma testlerinin kabulü için 103 farklı senaryo test edilmiş ve ölçülen hava hızı değerleri SES Simulasyon sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Senaryoların 95'i başarılı şekilde geçerken, yalnızca 8 senaryonun tasarım değerlerinin altında kaldığı görülmüştür. Yapılan incelemeler sonucu bu durumun tüneller arasındaki inşaat problemleri ile ilgili olduğu, test edilen tünelden diğer tünelde hava sızıntısı olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 6. Tünel İçerisindeki Açıklıklar

İnşaat işleri tamamlandıktan sonra aynı noktada tekrar yapılan ölçümlerin tamamında %10-20 oranında debi artışı görülmüş ve bütün senaryolar minimum gerekli hava hızının üzerinde sonuç vermiştir.

Metro Sistemlerinin işletmeye açılmasından önce tünel havalandırması kabul testlerinin her bir tünel kesitinde yapılması çok büyük önem taşımaktadır. Hava debisinin yeterli olmadığı noktalarda dumanın tahliye edilememesi riski olduğu için yolcuların hayatı ciddi anlamda tehlikede altında olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] F. ASHRAE. Fundamentals Handbook. IP Edition, 2013.
- [2] N. F. P. Association et al. NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems. NFPA, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa BİLGE

1979 yılında Sakarya Üniversitesi'nden makine mühendisi olarak mezun oldu. 1981 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nde yüksek mühendis, 1988 yılında da doktor unvanını almıştır. Halen kurucusu olduğu Mecon firmasında Şirket Müdürü olarak çalışmakta ve YTÜ'de lisansüstü düzeyinde ders vermektedir.

Mahir İlter BİLGE

2013 yılında ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümü'nden lisans, 2018 yılında yüksek lisans derecesini almıştır. 2013 ile 2015 yılları arasında TAI bünyesinde "Özgün Helikopter Projesi"nin Aviyonik Ekipman Soğutma ve Pitot-Statik Sistemleri'nin tasarımı üzerine çalışmış, 2015 yılından beri Mecon firmasında Türkiye içinde ve Katar'da Mekanik Tesisat ve Tünel Havalandırması konulu projelerde görev almıştır.

**Orhan ÇELEBİ**

1989 yılında Kayseri’de doğmuş ve lise eğitimini Kayseri’de tamamladıktan sonra 2008 yılında ODTÜ Makine Mühendisliği’nde eğitimine başlamıştır. Eğitim hayatı boyunca Aselsan ve Siemens’te staj yaparak sektörün farklı alanlarını gözlemlene şansı yakalamıştır. 2013’te mezun olduktan sonra İstanbul’a yerleşmiş ve yönetici yetiştirme programıyla 8 aylık yarı zamanlı çalışmasının ardından tam zamanlı olarak Pfizer Türkiye’ye katılmış ve 4.5 yıl boyunca birimler arası rotasyonlarla üretimden finansa çeşitli görevler üstlenmiştir. 2018 Şubat itibariyle Katar’da devam eden metro projesinde tünel havalandırma ve yangın tahliye sistemlerinin kurulumu aşamasında kalite süreçlerinin takibi ve sistem testlerinin yapılıp devreye alınması sürecinde aktif olarak rol almıştır.

Eren MUSLUOĞLU

2000 yılında ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümü’nden lisans, 2003 yılında yüksek lisans ve 2009 yılında yine aynı bölümden doktora derecelerini almıştır. 2000 ve 2005 yılları arasında ODTÜ Makina Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmıştır.

2002 ile 2005 yılları arasında ODTÜ Teknokent bünyesinde, Raylı Sistemler – Konfor ve Yangın Havalandırması konularına odaklanmış, bu sürede Ankara Metrosu ve Krakow Metrosu projelerine tünel havalandırması tasarımı konusunda müşavirlik hizmeti vermiştir.

Çalışma hayatına 2005 ile 2014 yılları arasında İngiltere’de, dünyaca tanınmış olan Mott MacDonald ve Arup müşavirlik firmalarında devam etmiştir. Bu sürede Avrupa, Amerika ve Orta Doğu’da bulunan birçok Metro projesinde, havalandırma ve yangın güvenliği konularında çalışma fırsatı yakalamıştır.

2014 yılından bu yana Katar devletine bağlı Qatar Rail firmasında Tünel Havalandırması Disiplin Lideri görevinde bulunmaktadır. Görevde bulunduğu sürede Doha Metrosu Kırmızı, Yeşil ve Altın hatların havalandırma sistemi tasarımı, imalatı, montajı ve işleme alınması konularında işveren adına kontrol ve denetleme konularında sorumluluk almaktadır.